

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA

TARTALOM

<i>Hunkár Márta—Koppány György</i> : Meteorológiai adatsorok varianciája	121
<i>Császár Margit</i> : A légköri gázok és aeroszol elnyelés vertikális profiljának meghatározása	128
<i>Takács Olga</i> : Vertikális felületre jutó napsugárzási energia	137
<i>Dragutin, M. T.</i> : Adalékok a geopotenciál- és a hőmérsékleti adatok kritikai vizsgálatához, objektív analízis céljára (angol nyelven)	145
<i>Paál Anikó</i> : A felszín sugárzásegyenlegének meghatározása műholdas mérések alapján	149
<i>Róth Renáta</i> : Empirikus ortogonális függvények alkalmazása az időjárás számszerű előrejelzésében	156
<i>Sipos Viktor</i> : Statisztikai „törvényszerűségek” Debrecen hőmérsékleti adataiban	167
<i>Béll Béla</i> : Aujezsky László 1903—1978	174
Kronika	180

CONTENTS

<i>Hunkár, M. — Koppány, G.</i> : Investigation of the Variance of Meteorological Data	121
<i>Császár, M.</i> : Determination of the Vertical Profile of the Absorption of Solar Radiation by Atmospheric Gases and Aerosol	128
<i>Takács, O.</i> : Energy of Solar Radiation Received by Vertical Surfaces	137
<i>Dragutin, M. T.</i> : A Contribution to the Critical Control of the Geopotential and Temperature Data for the Objective Analysis (English Text).....	145
<i>Paál, A.</i> : Determination of the Radiation Balance of the Surface on the Basis of Satellite Data	149
<i>Róth, R.</i> : Use of Empirical Orthogonal Functions for Numerical Weather Prediction	156
<i>Sipos V.</i> : Statistical Regularities in the Temperature Data of Debrecen	167
<i>Béll, B.</i> : Aujezsky László 1903—1978	174
Chronicle	180

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA
JOURNAL OF THE METEOROLOGICAL SERVICE
OF THE HUNGARIAN PEOPLE'S REPUBLIC

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG - EDITORIAL BOARD:

AMBRÓZY P. (Budapest)	NGUYEN-XIEN (Hanoi)
ANTAL E. (Budapest)	OKOLOWICZ, W. (Warszawa)
BESSEMOULIN, M. J. (Paris)	PASZINSKY, J. (Warszawa)
BÖHME, W. (Potsdam)	PÉCZELY GY. (Szeged)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)	RADINOVIĆ, D. (Beograd)
ČADEŽ, M. (Beograd)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
DAVITAJA, F. F. (Tbiliszi)	ŠAMAJ, F. (Bratislava)
GÖTZ G. (Budapest)	STEINHAUSER, F. (Wien)
GULYÁS O. (Budapest)	STELCZER K. (Budapest)
KONČEK, M. (Bratislava)	SZEPESI D. (Budapest)
LOGVINOV, K. (Kijev)	TAKEUCHI, K. (Tokio)
MÄDE, A. (Halle/Saale)	TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator)
MÉSZÁROS E. (Budapest)	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
	VITEK, V. (Prah)

ELNÖK - CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:

BODOLAI I. (Budapest)

SZERKESZTŐ - EDITOR: LŐRINCZ ANNA (Budapest)

Szerkesztőség - Editorial Office:

H-1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1. HUNGARY

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 83. évf. 3. szám. 1979. május—június
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 83 No. 3 May—June 1979 Budapest

Meteorológiai adatsorok varianciája

HUNKÁR MÁRTA—KOPPÁNY GYÖRGY, Központi Előrejelző Intézet, Budapest

Investigation of the Variance of Meteorological Data. The aim of present investigation is to determine the useful information for predictions and the "noises" in the series of meteorological data. The authors used the daily mean values of temperature, pressure and cloudiness observed in Budapest in the years 1975–77. They distinguished between the variations of low frequencies—like annual current, averages and trends within natural periods—and the noises with high frequencies. Functions were created to approach the low frequency variations, then the percentages of the total variance explained by these approaching functions were calculated. It was found that the annual current explained 75–83 per cent of the total variance of temperature, while in the case of pressure and cloudiness that kind of approximation gave much less explained variance. The averages and trends in natural periods provided about 95 per cent of explained variance in case of temperature and 54–84 per cent in case of pressure and cloudiness.

*

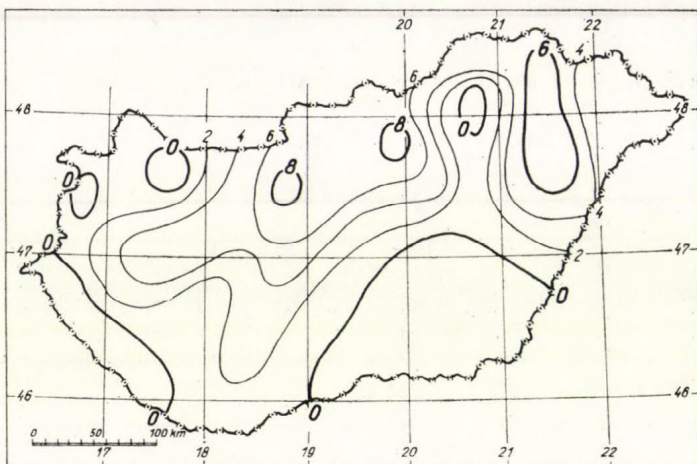
A meteorológiai előrejelzések, térbeli érvényességüket tekintve, két csoportba sorolhatók: 1. a meteorológiai elemek mezejének (nyomás-, geopotenciál-, hőmérsékleti mezők stb.) előrejelzése, 2. az időjárás pontszerű, lokális előrejelzése egy szűkebb földrajzi körzetre. A lokális előrejelzés a gyakorlatban legtöbbször néhány km vagy néhányszor 10 km sugarú körzetre vonatkozik. Néhány speciális esetben az előrejelzés érvényessége néhányszor 100 km-es körzetre is kiterjed (pl. folyók vízgyűjtő területeire).

A lokális előrejelzések várható hibája nagymértékben függ attól, hogy az adott helyen az egyes időjárási elemeknek milyen az időbeli alakulása, változékonysága. Nyilvánvaló, hogy a *lassú, egyirányú* változások vagy a *szabályos időközönként ismétlődő ingadozások* megkönnyítik az előrejelző munkáját. Ezzel szemben a *szabálytalanul bekövetkező, gyors változások* a váraklanóság erejével hatnak, előrejelzésük rendkívül nehéz, hosszabb távon csaknem lehetetlen.

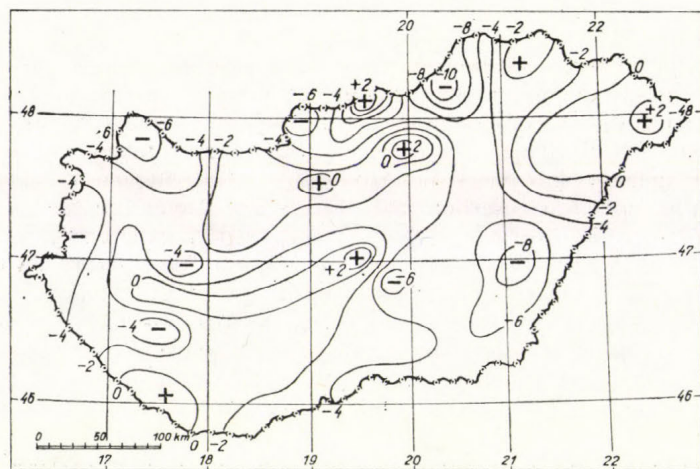
Jelen vizsgálatunk célja a meteorológiai adatsorokban levő, prognosztikailag hasznos információ és a „zajok” mennyiségi meghatározása. Mielőtt azonban a meteorológiai adatsorok varianciájának vizsgálatára térnénk, tekintsünk egy szélsőségesen „zajos” időjárási helyzetet, amikor az időjárási elemek alakulását Magyarországon jórészt helyi tényezők határozták meg. 1977. január 17-től 21-ig hazánk időjárását ún. „magára hagyott helyzet” jellemezte (anticiklon hátoldali helyzet, ill. csekély nyomási gradiens). Ennek eredményeként január 19-én kis távolságokon belül szokatlanul nagy időjárási különbségek alakultak ki (1. és 2. ábra). A helyi tényezőktől függő, egésznapos ködök, vagy ezek hiánya miatt az ország északi felében 50–

60 km-en belül 0, illetve 6–8 óra napfénytartamot mértek. Ennek megfelelően a nappali maximum hőmérséklet ugyancsak 50–60 km távolságon belül +2 és –10 fok között váltakozott. Említésre méltó, hogy az ország déli részét is jórészt egész napos ködök borították.

Az időjárásnak kis területen való szélsőségesen különböző alakulására egy jellemző példát mutatunk be. Eger és Putnok közötti távolság légvo-



1. ábra. Napfénytartam órákban, Magyarországon 1976. január 19-én



2. ábra. A hőmérsékleti maximumok C fokokban 1976. január 19-én

nalban alig több 40 km-nél. A hőmérséklet nappali csúcértékei e két állomáson január 17. és 21. között mégis meglehetősen ellentétes módon alakultak (I. táblázat).

Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy bár a lokális időjárás alakításában a helyi tényezők többé-kevésbé mindig közrejátszanak, az időjárási elemeknek itt bemutatott szélsőségesen „szabálytalan” eloszlása aránylag ritka jelenség. Mint azt a meteorológiai mezők szerkezeti függvényeinek és autokorrelációinak vizsgálata bizonyítja, egy bizonyos pontban és annak környezetében

egyidejűleg mért adatok közötti korreláció a távolsággal csak fokozatosan csökken és általában 1000 és 3000 km között válik zérussá (Czelnai – Gandin – Zaharjev, 1976).

A továbbiakban a pontszerű, lokális időjárás időbeli viselkedését vizsgáljuk egy adott helyen mért, elegendően hosszú megfigyelési adatsor felhasználásával. Tekintsünk egy, csak időtől függő $f(t)$ empirikus függvényt,

I. TÁBLÁZAT

Hőmérsékleti maximumok alakulása 1977. január 17. és 21. között
(Időjárási Napijelentés)

	17.	18.	19.	20.	21.	
Eger	0	+5	+2	-4	-4	°C
Putnok	+2	-5	-10	-5	-4	°C

amely egy tetszőlegesen hosszú T tartományban mindenütt korlátos: $f(t) < K$, ha $0 < t < T$. Legyen $f(t)$ alakja olyan, hogy diszkrét időpontokban előállítsa valamely időjárási elemnek egy adott helyen megfigyelt adatsorát. A tapasztalat szerint egy ilyen $f(t)$ függvény többé-kevésbé szabálytalan alakú, így nem írható fel egyetlen analitikus függvény segítségével a teljes megfigyelési tartományra (T) vonatkozóan. Keresünk ezért olyan illeszkedő függvényeket, amelyekkel együttesen előállítható vagy elegendő pontossággal megközelíthető az $f(t)$ empirikus függvény.

Mintogy $f(t)$ a T tartományban mindenütt korlátos, kézenfekvőnek látszik, hogy a keresett illeszkedő függvények vagy véges amplitúdójú sinus-hullámok, vagy egyenes szakaszok lesznek. Az 1930-as években kifejlesztett ún. Weickmann-féle iskola nyomán széles körben elterjedt a meteorológiai adatsorok Fourier-analízissel történő felbontása harmonikus komponensekre:

$$f(t) = F [g_j(t)] \quad (1)$$

ahol $g_j(t)$ függvények sinus-hullámok.

Az eljárás a távprognosztika szempontjából rendkívül hasznosnak látszott. Ha ugyanis az analízissel kapott harmonikus komponensek közül néhányat, mint domináns hullámot kiemelünk (ezek amplitúdója eleget tesz a Schuster-féle kritériumnak), és ezek szintézisét a jövőre vonatkozóan extrapoláljuk, akkor kényelmes, jól kezelhető előrejelző módszer birtokába jutunk.

A közben eltelt több évtized tapasztalata azonban bebizonyította, hogy valamely τ_1 tartományból nyert domináns hullámok extrapolációja egy későbbi τ_2 tartományra gyakran jelentős hibákat eredményez. A harmonikus komponensek amplitúdója és fázisa ugyanis egyik idősről egy későbbire való áttéréskor jelentősen megváltozhat, így a domináns hullámok extrapolálhatósága nagyon bizonytalan.

A század első évtizedeiben kialakuló távprognosztikai iskolák már jórészt azon a fölismerésen alapultak, hogy a szinoptikai folyamatokban és a helyi időjárásban különböző tartamú természetes szakaszok léteznek (Baur, 1947, 1972; Girsz, 1960, 1974). Ezeket a több napig, esetleg hetekig tartó szakaszokat bizonyos megmaradó vagy domináns karakterisztikák jellemzik. Ilyen karakterisztikák lehetnek: adott területen a ciklonok, illetve anticiklonok

uralma (vagy túlsúlya), tartós meleg- vagy hideghullám befolyása, hemiszférikus méretekben a zonális cirkuláció erősödése vagy gyengülése stb. (indexciklus; *Namiás*, 1947). Egy-egy természetes szakaszt egy ellentétes karakterisztikával jellemzett másik szakasz vált fel. A szakaszok tartama erősen változhat.

Jelöljük ezeket a természetes időjárási szakaszokat τ_k -val, ekkor felírhatjuk:

$$f(t) = F [g_k(t) \tau_k, g_n(t) \tau_n] \quad (2)$$

Itt $g_k(t) \tau_k$ függvények a τ_k szakaszokban értelmezhető illeszkedő függvények, míg $g_n(t) \tau_n$ τ_n -tartamú nagyfrekvenciás zajok. A (2) jobboldalán álló függvények közül a k index-szel jelölteket kisfrekvenciás kilengéseknek, az n index-szel jelölteket nagyfrekvenciás kilengéseknek, azaz „zajoknak” tekintjük. Ezért $\bar{\tau}_k < \bar{\tau}_n$, vagyis a kisfrekvenciás kilengések átlagos tartama nagyobb, mint a nagyfrekvenciás zajoké.

Legyen egy T hosszúságú megfigyelési adatsorunk, amely diszkrét i időpontokban előállítja $f(t)$ empirikus függvényt. Az $f(t)$ f_i diszkrét értékeiből álló halmaz szórásnégyzete (varianciája) ekkor:

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (f_i - \bar{f})^2, \quad (3)$$

ahol N az i mérési időpontok száma, f az $f(t)$ számtani középértéke T tartományban.

A (2)-ben szereplő g_k függvényeket „hasznos jeleknek” tekintjük és ezekre meghatározzuk a megmagyarázott varianciát, vagy másnéven a variancia redukcióját:

$$EV = \left[1 - \frac{\sum_i \sum_k (f_i - g_{k,i})^2}{\sum_i (f_i - \bar{f})^2} \right] \cdot 100 [\%] \quad (4)$$

Nyilvánvaló, hogy minél jobban megközelítik g_k függvények az eredeti $f(t)$ függvényt, annál nagyobb lesz a megmagyarázott variancia, és viszont: ha a g_k függvények túlságosan eltávolodnak az $f(t)$ függvénytől, EV értéke negatív is lehet.

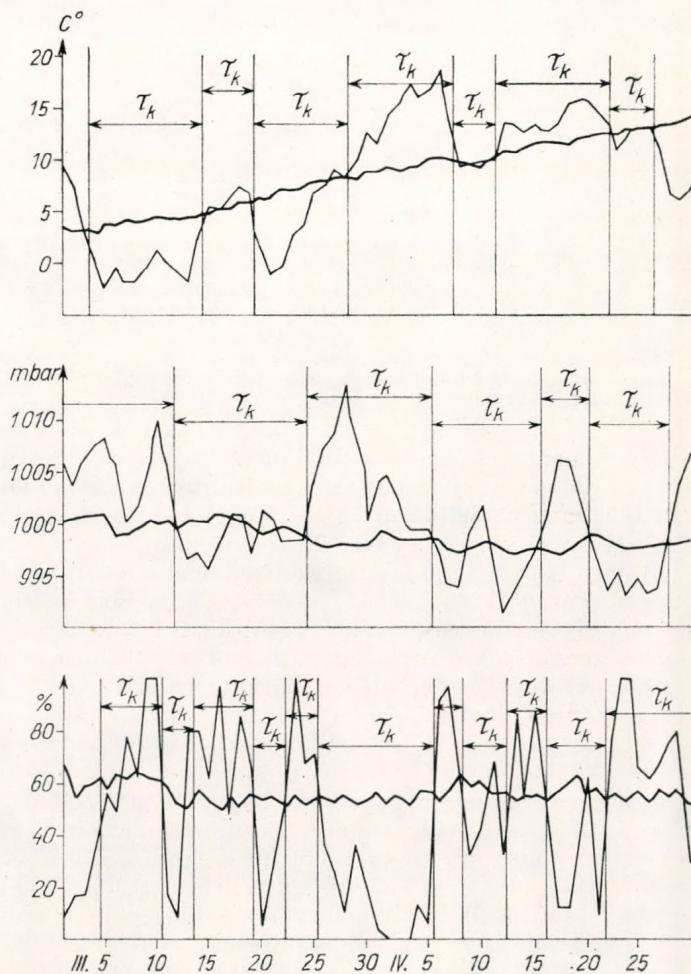
Vizsgálat céljára a Budapesten 1975–1977-ben mért hőmérséklet, légnyomás és felhőzet napi középértékeinek 3 éves adatsorát választottuk. A középértékeket napi háromszori mérésből számították. Az adatsorok időbeli felbontása tehát 1 nap.

A három időjárási elem időbeli menetének pusztá összehasonlítása is nyilvánvalóvá teszi, hogy a hőmérséklet a legkevésbé, a felhőzet a leginkább „zajos” változó. A 3. ábránk egy jellegzetes példát mutat erre.

Az egyes időjárási elemek prognózisainak kiértékelése (rövid-, közép- és hosszú távú előrejelzések) alátámasztja ezt a megállapításunkat, amennyiben a hőmérsékleti prognózisok megbízhatósága általában jobb, mint akár a csapadék, akár a felhőzeti prognózisoké (*Klein*, 1965; *Róth–Koppány*, 1969; *Technical Paper*, 1961; *Wagner*, 1978)

A szórásnégyzetek kiszámítását az egyes évekre külön végeztük el, hogy az egyes évek időjárásának változékonyságát illetően legyen némi összehasonlítási lehetőség. A következő feladat a g_k függvények alkalmas

megválasztása volt. Távprognosztikai szempontból előnyös olyan g_k illeszkedő függvények keresése, amelyek τ_k értelmezési tartománya elegendően hosszú ($\tau_k \geq 3$ nap). Az első g_k függvény, amely megfelel ennek a követelménynek, az időjárás elemek évi menetét leíró (megközelítően sinus-alakú) függvény. Ennek értelmezési tartománya 365 nap. A budapesti adatsorok vizs-



3. ábra. Budapesten mért napi középhőmérsékletek (felül), napi közepes légnyomás (középen) és napi átlagos felhőzet (a teljes borultság %-ában, alul), időbeli menete 1976. márc. 1-től április 30-ig. Vastag vonalak a napi normál értékeket jelölik (évi menet). A τ_k -val jelölt időszakok a természetes időjárás szakaszok, amelyeken belül egy-egy időjárás elem valamilyen domináns karakterisztikával rendelkezik

gálatának egyik előnye éppen az, hogy rendelkezésünkre állnak a sokévi (75–100 év) normálértékek.

A normálértékektől vett eltérések, anomáliák négyzetösszegét képezve, a (4) alapján kiszámítható a megmagyarázott variancia. Minél inkább illeszkedik valamely időjárás elem időbeli alakulása egy-egy konkrét évben a normális évi menethez, annál kisebb lesz az anomáliák négyzetösszege (A^2), és annál nagyobb a megmagyarázott variancia. Ez egyúttal a klimatológiai normálokra alapozott előrejelzések értékmérője is.

A II. táblázat első sorában az évi középértékeket adtuk meg. A má-

sodik sorban a teljes szórásnégyzetet, a harmadikban az anomáliák szórásnégyzetét. Ha az utóbbi kisebb az előzőnél, ez azt jelenti, hogy a napi adatok inkább illeszkednek az évi menethez, mint az évi középértékhez. A negyedik sorban szereplő megmagyarázott variancia százalékban fejezi ki azt, hogy a napi adatok változásai mennyire közelíthetők meg a nor-

II. TÁBLÁZAT

A budapesti napi adatok statisztikai jellemzői

	Hőmérséklet [C°]			Légnyomás [mbar]			Felhőzet [%]		
	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1975	1976	1977
Év	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1975	1976	1977
Évi átlag	12,1	11,5	11,8	1002,0	1000,8	1000,5	54,8	59,8	53,9
S ²	63,9	71,6	64,6	50,9	54,0	75,0	856,5	966,0	971,1
A ²	11,9	12,1	15,7	41,9	57,2	58,5	916,1	964,2	916,2
EV ¹ %	81,4	83,1	75,6	16,9	-5,9	21,9	-7,0	0,2	5,6
EV ² %	96,2	95,9	54,9	77,1	64,5	78,3	58,0	65,7	54,4
EV ³ %	96,1	96,6	54,6	86,38	76,0	82,5	59,8	66,7	49,1

S² = szórásnégyzet, A² = az anomáliák négyzetének átlaga, EV¹ = az évi menet által megmagyarázott variancia, EV² = a természetes periódusok átlagos anomáliái által megmagyarázott variancia, EV³ = a regressziós illesztések által megmagyarázott variancia

mális évi menettel. Szembetűnő, hogy a hőmérsékletre kapott megmagyarázott variancia igen magas, 80% körüli érték. A hőmérséklet időbeli változását tehát nagymértékben az évi menet határozza meg, amennyiben a vizsgálat egy egész évre kiterjed ($T = 365$ nap).

A légnyomás alakulásában az évi menetek jóval kisebb szerepe van, a megmagyarázott variancia -6 és +22% között változik. A felhőzetre kapott rendkívül alacsony értékek (-7, ill. +5,6%) interpretálásában azonban némi óvatosságra van szükség, mivel pl. az 1975-ös év felhőzete a normális évi menettel jórészt ellentétesen alakult: a téli hónapokban kevesebb, a nyári félévben több volt a felhőzet a normálisnál.

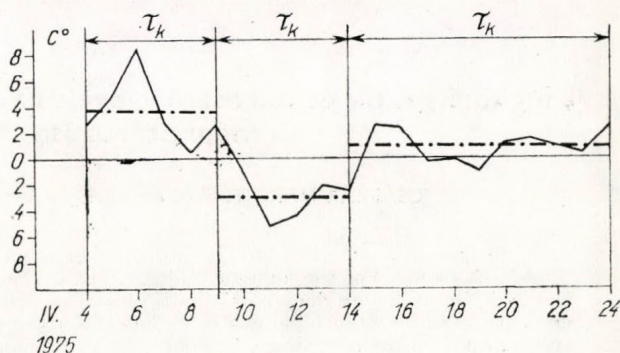
Ezt követően az f_i idősort ún. természetes szakaszokra osztottuk. Itt a felosztás kritériuma az volt, hogy a normál érték feletti és alatti időszakok váltogatják egymást. Egy-egy természetes periódusnak azt a $\tau \geq 3$ nap időtartamot tekintettük, amikor f_i értéke a normáltól zömmel azonos irányban tért el, vagy az időszakon belül a normál érték körül maradt. A $g_k(t)$ függvénynek pedig ezen időszak alatti átlagos anomáliát vettük (lásd 4. ábra). Így szétválaszthatók pl. a melegebb és hidegebb, magasabb és alacsonyabb nyomású, derültebb vagy felhősebb szakaszok.

Ezen közelítéssel számított megmagyarázott variancia a II. táblázat EV₂ vel jelölt oszlopában található. Láthatjuk, hogy ez már nemcsak a hőmérsékletnél, hanem a légnyomásnál és a felhőzetnél is elég magas (65-78%, ill. 54-66%).

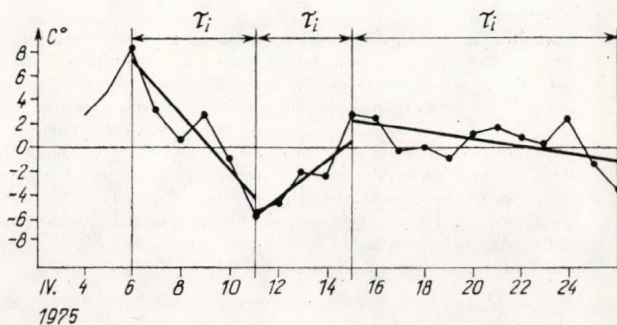
Harmadikként olyan természetes periódusokat választottunk, amelyeket a különböző előjelű anomáliák maximumai határoznak meg, vagyis egy-egy időszakon belül az anomáliáknak határozott menetek, trendjük van. Ezt a trendfüggvényt a legkisebb négyzetek módszerével készített lineáris regressziós egyenlettel határoztuk meg, amelyet mindig a max (min) és min (max) anomáliájú értékek közé eső f_i pontokra illesztettünk. Megfelelő g_k függvénynek pedig épp ezeket a trendfüggvényeket tekintettük, s kiszámítottuk az

ezáltal megmagyarázott varianciát. Ez a II. táblázat EV_3 oszlopában található.

Láthatjuk a II. táblázatban, hogy EV_2 és EV_3 mindenütt nagyobb mint EV_1 . A légnyomásnál és a felhőzetnél a különbség igen jelentős. EV_2 és EV_3 között azonban nincs túl nagy különbség. Ez azt jelenti, hogy a



4. ábra. A hőmérséklet menetének közelítése a természetes szakaszok átlagos anomáliájával.



5. ábra. A hőmérséklet menetének közelítése trend függvényekkel

természetes szakaszokon belül az átlagos anomáliával való közelítés, illetve a változások tendenciájával történő közelítés nagyjából azonos „jószágú”.

Azért választottuk a közelítés két utóbbi fajtáját, mert a hosszabb távú előrejelzések is hasonló karakterisztikát prognosztizálnak, ti., hogy az elkövetkezendő időszakra jellemző értékek mennyiben térnek el a normálistól, ill. milyen irányú és mértékű a várható változás.

Vizsgálatunk eredményei kimutatják, hogy egy ilyen jellegű prognózis, mégha tökéletes is, az időjárás napról napra való változását csak bizonyos mértékben tudja leírni, amely mértéket pontosan a megmagyarázott variancia adja.

IRODALOM

- Baur, F., 1947: Einführung in die Grosswetterkunde. Wiesbaden
 Baur, F., 1972: Langfristige Witterungsvorhersage. Stuttgart
 Czelma R. – Gandin, L. S. – Zaharjev, V. I., 1976: Sztatiszticeszkaja sztruktura meteorologiceszkih polej. Budapest
 Girsz, A. A., 1960: Osznovü dolgoszrocsnüh prognozov pogodü. Leningrad
 Girsz, A. A., 1974: Makrocirkulacionnüh metod dolgoszrocsnüh meteorologiceszkih prognozov. Leningrad
 Időjárás Napijelentés. Országos Meteorológiai Szolgálat. 1977. január
 Klein, W. H., 1965: Application of synoptic climatology and shortrange numerical prediction to five-day forecasting. Research Paper, No. 46. Washington, D. C.
 Koppány Gy. – Róth R., 1969: Középtávú előrejelzések beválásáról. Időjárás, 73 évf. 214–222. o.
 Koppány Gy., 1972: A csapadék és a hőmérséklet középtávú előrejelzése Magyarországon. (Angol nyelven). OMSz Kiseb Kladványai, 39. sz.
 Namias, J., 1947: Extended forecasting by mean circulation methods. Washington, D. C.
 Verification of the Weather Bureau's 30-day outlooks. Technical Paper, No. 39. Washington, D. C., 1961.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 83. évf. 3. szám, 1979. május—június
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 83 No. 3 May—June 1979 Budapest

A légköri gázok és aeroszol elnyelés vertikális profiljának meghatározása

CSÁSZÁR MARGIT, ELTE Meteorológiai tanszéke, Budapest

Determination of the Vertical Profile of the Absorption of Solar Radiation by Atmospheric Gases and Aerosol. For the numerical forecasting of large-scale processes, solar absorption is a basic factor among the non-adiabatic ones. The changes of temperature, geopotential, etc. resulting from absorption can be estimated for given layers only in the knowledge of the partial absorption for those layers. Since at present even the most reliable radiation measurements from satellites provide information on the radiation absorption of the total Earth-atmosphere system, only it has become necessary to develop a procedure that is suitable for the quantitative assessment of the partial absorption of some representative layers, too. The present paper gives an account of our approach to this task. We made use of the so-called GISS model, which suggests a convenient parameterization procedure for the partial absorption of the atmospheric gases (ozone, water vapour, CO₂, O₂) and of the surface. It was assumed that the actual absorption is well represented by the vertical profile of the absorption obtained for the eight-layer model, and the absorption coefficients of the different layers were determined from the statistical evaluation of the data relating to a fairly large area. Finally, the coefficients so determined were applied to *G. Major's* data on absorption by aerosol and atmospheric gases, making thus possible to determine quantitatively the solar absorption of discrete layers on the basis of measurements from the surface and from satellites.



A Föld-légkör rendszer sugárzás-elnyelése a légköri mozgások energiaforrása tekintetében elsődleges indikátornak tekinthető. A nagytérségű folyamatok numerikus előrejelzésére alkalmazott modellekben az elnyelés a nem-adiabatikus tényezők között alapvető faktorként szerepel. A felszíni és a légköri elnyelés becslésére történt kísérletek elsősorban a levegőt alkotó gázok: a vízgőz, a szén-dioxid, az ózon, valamint az aeroszokok általi részfelnyelések becslésére irányultak. Globális számításokhoz e komponensek átlagos értéke kielégítő közelítést nyújt, sőt elegendően hosszú időtartamra az egyes abszorpciós anyagok változásának ismeretében a sugárzási egyensúlyban bekövetkező változás is megfelelő pontossággal jelezhető.

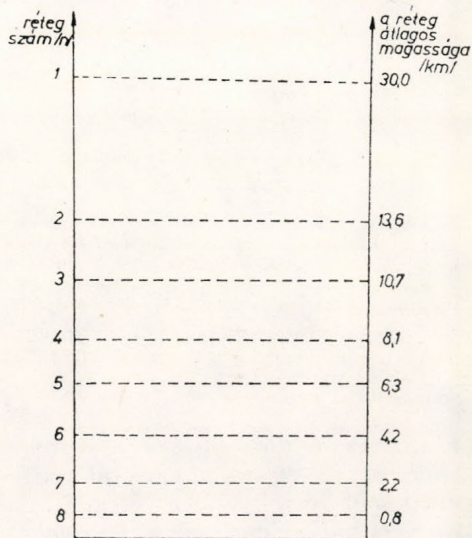
Szinoptikus skálájú folyamatok modellezésében egyre finomabb vertikális felbontást alkalmaznak, így adott rétegben az elnyelésből származó hőmérséklet-, geopotenciál- stb. változás meghatározására a teljes légoszlop elnyelési értékének ismerete nem nyújt kielégítő információt.

Az alig 20 éve megindult műholdas sugárzásmérések eredményeként a hagyományos földi megfigyelésekhez és repülőgépes expedíciós mérésekhez képest sugárzás adataink megbízhatóbbak a kapott adatok azonban a légoszlop teljes vastagságára vonatkoznak, így az oszlopon belüli, ún. parciális elnyelést indirekt úton kell megközelítenünk.

Az elnyelés meghatározására számtalan kísérlet történt már; jelentős ré-

szűk azonban epizodikus, többnyire a troposzféra alsó harmadára, vagy felére irányultak, így az eredményekből leszűrt következtetések és törvényszerűségek nem tekinthetők általános érvényűnek. Bár az idealizált körülmények a valóságot csak közelítik, a sugárzási törvényekre épülő, laboratóriumi kísérletek eredményeit felhasználó fél-empirikus formulák felhő nélküli esetben jó közelítést adnak, de továbbra is gondot okoz a felhőzet jelenléte a többszörös visszaverődés és szóródás miatt.

A szoláris elnyelés a troposzférában a vízgőz és aeroszol, a sztratoszférában pedig az ózon által történik. A vízgőzelnyelés elsődlegesen a $0,7 \leq \lambda \leq 4,0 \mu$ közötti hullámoknál, az ózonelnyelés pedig a $0,35 \mu$ -nál kisebb



1. ábra. A nyolc rétegű modell nyomásértékei és közelítő magasságai az átlagszinten

ultraviola tartományban, továbbá a látható tartományban a $0,5 \leq \lambda \leq 0,7 \mu$ között jelentős. Értékelhető még a szén-dioxid- és oxigénelnyelés, *Sasamori et al.* (1970) számításai szerint a kettő értéke a légköri elnyelés mintegy 8%-a, a Föld-légkör rendszer elnyelésének pedig csak 2,5%-át teszi ki, bár szerzők szerint felhő esetében a szóródás még itt is jelentős lehet.

A legmegbízhatóbb sugárzásadatokat jelenleg a műholdak adják, de ezek az adatok a rendszer teljes elnyelésére vonatkoznak, ezért olyan eljárás kidolgozására van szükség, amelynek segítségével a teljes elnyelésre vonatkozó adatokból a tényleges, parciális elnyelésre is elfogadható értéket kapunk. E feladat első közelítésének tekinthető *Major Gy.* (1976/a, 1976/b) munkássága, aki felszíni és műholdas adatokból kísérte meg a légköri és felszíni elnyelés meghatározását, továbbá eljárást dolgozott ki az aeroszol-elnyelés kiszámítására is. Módszere az adott légoszlop teljes légköri elnyelésének meghatározására alkalmas, a többszintű numerikus modellekben azonban nem közömbös, hogy fenti értékek adott légoszlopon belül miként oszlanak meg, mert csak az egyes rétegekre eső elnyelési értékek alapján becsülhető dinamikailag és energetikailag a szoláris sugárzás szerepe. A feladat a továbbiakban tehát; a légköri elnyelés felbontása tetszőleges számú rétegre olyan reális vastagságot alapul véve, ami a numerikus előrejelzési modellekben elfogadhatónak látszik.

A vízgőz vertikális eloszlása, a felhő típusa, a Nap zenitszöge, a felszíni albedó és az ózon eloszlása függvényében, gyakorlatilag alkalmazható parametrizációs eljárást dolgoztak ki a *Goddard Institute for Space Studies* (a továbbiakban GISS) előrejelző központban. A módszer részletes leírását megtaláljuk a *Journal of the Atmospheric Sciences* 1974/31 kötetében. A primitív egyenleteken alapuló többszintű modell a szoláris sugárzás nemadiabatikus effektusa mellett, más melegedési faktorok meghatározására is kidolgozott eljárást mutat be.

A gázok általi elnyelés vertikális profiljának meghatározása céljából a GISS-modellben leírt parametrizációs eljárást nyolc rétegű modellre dolgoz-



2. ábra. A számításoknál alkalmazott rácshálózat

tuk ki. Az 1. ábrán a számításoknál alkalmazott vertikális felbontást mutatjuk be. Az egyes rétegek átlagos nyomását a szaggatott vonalak jelzik, így a kapott értékek is a rétegek átlagszintjére vonatkoznak. Tekintettel az ózon vertikális eloszlására *McClatchey et al.* (1972) az ózon elnyelést az első rétegben további négy rétegre való felbontással számítottuk ki.

A számításokat a 35° és 70° északi szélességek, valamint a 30° nyugati és 40° keleti hosszúsági körök által határolt, a talajtól a légkör felső határáig terjedő tartományra öt fokenként a szélességi és hosszúsági körök metszéspontjában végeztük el (2. ábra) az 1969. április 20 és 21-én 12 GMT rádiószonda adatok, valamint a Nimbus 3. sugárzásméréseinek és az ESSA 8. műhold TV felvételeinek felhasználásával.

A feladatot a következő szakaszokban hajtottuk végre.

1. Meghatároztuk valamennyi rácspontra a Nap zenitszögét a Nimbus 3. mérésidőpontjának megfelelően.

2. A Nimbus 3. sugárzásméréseiből *Major Gy.* módszerével kiszámítottuk a légköri elnyelést, a felszíni albedót, a felszíni elnyelést és az aeroszol-elnyelést.

3. Az ESSA 8. felhőfelvételei és a 12 órás rádiószonda-adatok felhasználásával egy korábban ismertetett parametrizációs eljárással meghatároztuk a borultság értékét, a felhő fajtáját, a felhőalapot és a felhőzet vastagságát (*Makainé Császár M.* 1977).

4. A GISS-modellben ismertetett eljárással meghatároztuk az ózonelnyelést.

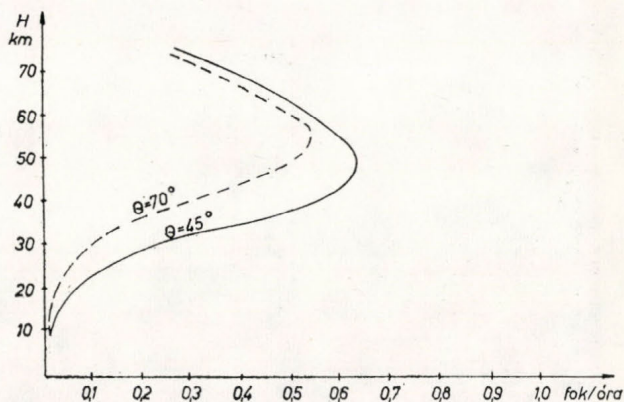
5. Kiszámítottuk az egyes rétegek vízgőztartalmát (a hőmérséklet és nyomás értékekkel korrigált effektív víztartalmat cm-ben)

6. A GISS-modellben alkalmazott abszorpciós függvényt felhasználva kiszámítottuk a vízgőzelnyelést derült égbolt esetén.

7. A GISS-modell szerint a felhő optikai vastagsága, a felhő típusa és az effektív vízgőztartalom felhasználásával az egyes rétegekre kiszámítottuk a visszaverődési és átocsátási függvényeket, majd a lefelé és felfelé irányuló fluxusokat, és a vízgőzelnyelési együtthatók diszkrét valószínűségi eloszlásának felhasználásával megkaptuk az egyes rétegek tényleges elnyelését.

8. A GISS-modell szerint meghatároztuk a felszíni elnyelést.

9. A két napra kapott eredmények felhasználásával derült égbolt esetére kiszámítottuk az egyes rétegekre a gázok és aeroszol-elnyelési együtthatókat.



3. ábra. Az ózonelnyelés okozta hőmérsékletváltozás fok/óra egységekben két különböző zenit szög esetén

Eredmények

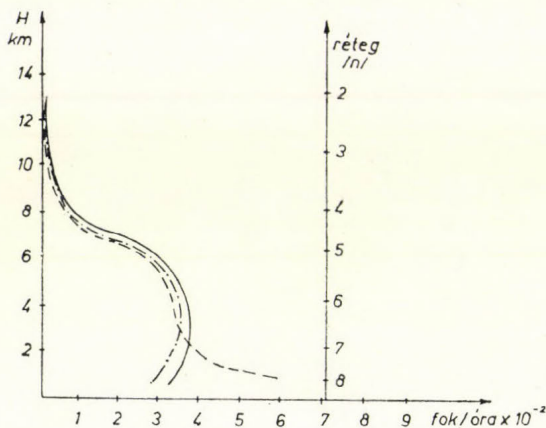
A 3. ábrán az ózon általi elnyelésből származó hőmérséklet-változás vertikális profilját mutatjuk be fok/óra egységekben. Az elnyelési görbe szerint a troposzféra teljes vastagságában elenyésző az ebből származó hőmérséklet-változás, így ebben a tartományban az ózonelnyelés elhanyagolható (megközelítő értéke a troposzférában egy-egy rétegre 10^{-4} cal/cm² min).

Az ábrán látható két görbe a 45° és 70°-os zenitszögek esetén illusztrálja az ózonelnyelést: alacsony zenitszög esetén a maximális melegedés alacsonyabb szintre, magas zenitszög esetén pedig magasabb szintre kerül. Mivel azonban a légoszlop teljes vastagságára vonatkozóan a gázok okozta elnyelés 15–20%-a az ózon javára írható, figyelembe kell venni a gázok részarányára vonatkozó elnyelési koefficiensek meghatározásánál. Érdekes, hogy a maximális ózontartalom a 20–25 km-es rétegben van, a legnagyobb melegedési maximum az átlagos szintnél is magasabbra kerül. *Lacis et al.* (1974) ezt a jelenséget az ultraviola sáv erős elnyelésével magyarázzák.

A 4. ábrán folytonos vonallal a vízgőzelnyelés vertikális profilját mutatjuk be derült égbolt esetén. A vízgőzelnyelés számottevő értékkel a 8 km-es szint alatt jelentkezik, az abszorpciós függvény szerint azonban nem lineáris függvénye a vízgőznek, így nem követi pontosan a vízgőz vertikális profilját. Mivel a vízgőzelnyelés becslése érzékeny számítási és analízisbeli hibákra, az elnyelési valószínűség meghatározására csak nagyszámú adathalmaz feldolgozása révén lehet vállalkozni. A legnagyobb probléma minden-

esetre a felhőzet jelenlétéből adódik, de nehezíti még az a körülmény is, hogy a rövidhullámú elnyelés a napmagasság függvényében is változik, és szignifikáns eltérések adódnak azonos időpontban különböző típusú légtömegek belsejében számított elnyelések között. A 4. ábrán az átlagos profillal való összehasonlítás végett a 60° szélességről választott két karakterisztikusan eltérő elnyelési görbét is bemutatunk.

Az eredményvonal hideg légtömegben ábrázolja derült égbolt esetén az elnyelést. Megállapítható, hogy a görbe hasonlít az átlagprofilhoz. A 4. ábrán szaggatott vonallal ciklon meleg szektorából vett diszkrét pontra mutatjuk be az elnyelésből származó hőmérséklet-változást. A görbe az előbbinek



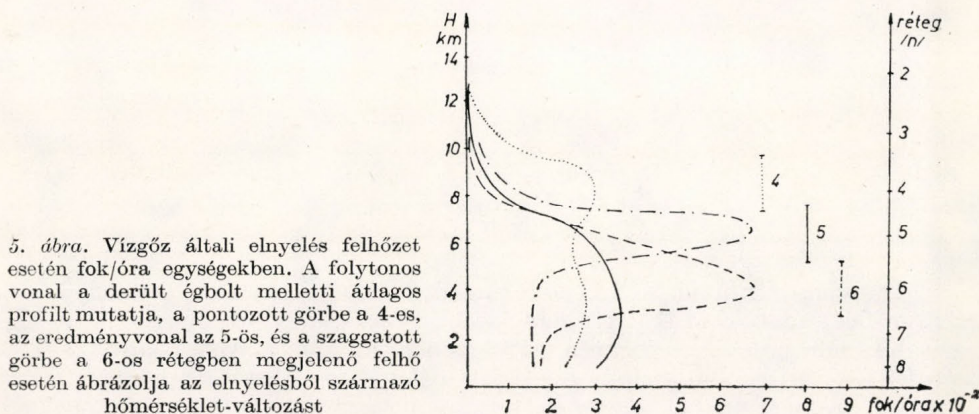
4. ábra. A vízgőzelnyeléssel együttjáró hőmérséklet-változás derült égbolt mellett fok/óra egységekben. Folytonos vonallal az átlagos melegedési profilt, az eredményvonal hideg légtömegben, a szaggatott vonal meleg légtömegben ábrázolja a hőmérséklet-változást

mondhatnánk inverz változata. A melegedés az alsó rétegben a legnagyobb, felette pedig egyenletes eloszlású kb. a 8 km-es szintig. A két szélsőséges példát nem véletlenül ragadtuk ki. Hideg légtömeg belsejében a sugárzáselnyelés okozta hőmérséklet-emelkedés olyan megoszlású, ami a hideg légtömeg stabilizálódását fokozza, ugyanakkor a meleg légtömegben az alsó réteg intenzívebb melegedése a labilitásnak kedvez.

A példákat sorolhatnánk más szempontok figyelembe vételével is, többek között a vízgőztartalom, a vertikális stabilitás, a hőmérséklet és a földrajzi szélesség különböző kombinációjában, egy azonban minden esetben jellemző; a tropopauzától felfelé lényegében már elhanyagolható a vízgőz okozta szoláris elnyelés még felhőzet esetében is. Itt elsősorban arra a tényre utalunk, hogy a nemadiabatikus effektusok közül a vízgőz okozta szoláris elnyelés a nagy térségű folyamatok numerikus modellezésében figyelmen kívül hagyható a tropopauza fölötti rétegek esetében.

A vízgőzelnyelés meghatározásában a legtöbb gondot a felhőzet jelenléte okozta. Itt ugyanis a felhőn belüli többszörös visszaverődés és szóródás, továbbá a felhő felső határán a visszaverődés szignifikáns eltérést eredményez az elnyelésben a derült égbolt melletti esetekhez viszonyítva. Az 5. ábrán látható görbék a vízgőz okozta elnyelést különböző szinten megjelenő felhők esetében mutatják. Folytonos vonallal a derült égboltra vonatkozó átlagos melegedési profilt láthatjuk összehasonlításként a felhőzet okozta elnyelési értékekkel. Az ábra jobb oldalán látható szakaszok és számok, a felhő tartózkodási helyét jelölik.

Mint várható volt, a legkisebb eltérés Cirrus típusú felhők esetében adódott, csupán a troposzféra felső szakaszában mutatkozik elnyelési többlet, az 5 km-es szinttől lefelé pedig — kisebb értékkel ugyan — de követi az átlagos elnyelés menetét. A hiány akkor a legnagyobb, ha az 5-ös rétegben felhő jelenik meg, ez az eset általában a középszintű felhők árnyékoló hatásának köszönhető. A felhő alatti szinten a 6-os rétegben képződött felhők esetén is alacsony az elnyelés, ugyanakkor a felhők felett gyorsabban követi az átlagos elnyelés profilját. Elképzelhető, hogy amikor a szinte három réteget átfogó Cb felhő jelenlétét nem vesszük figyelembe és derült égboltra alkalmazott formulával számolunk, a talaj



5. ábra. Vízgőz általi elnyelés felhőzet esetén fok/óra egységekben. A folytonos vonal a derült égbolt melletti átlagos profilt mutatja, a pontozott görbe a 4-es, az eredményvonal az 5-ös, és a szaggatott görbe a 6-os rétegben megjelenő felhő esetén ábrázolja az elnyelésből származó hőmérséklet-változást

közelében mekkora többletelnyeléssel, a felhő színterében pedig mekkora hiánnyal számolunk. Megemlítjük, hogy míg a Cb felhő optikai vastagsága 32, a Cirrus felhőé csak 2.

A felhőzet sugárzással kapcsolatos effektusa elsősorban az, hogy növeli az elnyelést a felhőzet belsejében és csökkenti a felhőzet alatt. A megnövekedett melegedés a felhőzet belsejében elsősorban a többszörös szóródás és a 100% körüli relatív nedvesség miatt adódik. A felhőn belüli melegedés — mint az ábrából is kitűnik — elsősorban a felhőtető alatt esedékes, ahol a felfelé és lefelé irányuló fluxus maximális értéket ér el. A felhő alsó szakaszában visszaesett elnyelés pedig a felhő alatti csökkentett szoláris fluxus következménye. A felhőtető feletti kis többlet a visszavert sugárzásból származó elnyelés miatt adódik. Itt jegyezzük meg, hogy a felhőzet felső szintje aktív felszínként viselkedik, így a hosszúhullámú kisugárzással együttjáró lehűlés jóval felülmúlja a szoláris elnyelésből származó többletet, és ez a hatás végül is — különösen zivatarfelhők esetében — labilizáló hatású. Ez a tény pedig előrejelzési szempontból dinamikailag és energetikailag alapvető fontosságú.

A számításokból kiderült, hogy adott mennyiségű vízgőz sugárzás elnyelése felhőzet jelenlétében a Nap zenitsszöge függvényében változni fog, ahhoz tehát, hogy különböző típusú felhők esetére is általános következtésre jussunk, jóval nagyobb adathalmazra lenne szükség.

Miután Major Gy. módszerével is meghatároztuk a teljes légköri elnyelést, a kapott adatokat összehasonlítottuk a GISS-moddellel számított értékekkel, kiderült, a különbség nem egyértelmű. Azokra a területekre,

ahol a valóságban derült égbolt volt, a GISS-modell nagyobb értéket adott, mint a *Major*-féle légköri elnyelés, míg a felhős helyeken utóbbi alatt maradt. Noha a különbség mindkét esetben 5% alatt volt, az eltérés adódhatott a felszín albedó pontatlansága miatt is, alapvetően a hiba azonban az 500 mb feletti légoszlop effektív vízgőztartalmának meghatározására alkalmazott exponenciális kifejezésben rejlik (*Matvejev*, 1976). A felső troposzféra és sztratoszféra nedvesség viszonyaira végzett vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a vízgőz a meleg óceáni levegőben lassabban csökken a magassággal, mint a hideg kontinentális levegőben. Így valószínű, hogy a száraz területeken a víztartalmat fel-, a felhős nedves területeken pedig alábecsültük.

I. TÁBLÁZAT

Elnyelési együtthatók az egyes rétegekben: $E[p(n)]$ a gázok, $e[p(n)]$ aeroszolokra vonatkozik

Réteg	1	2	3	4	5	6	7	8
$E[p(n)]$	0,18199	0,03077	0,03035	0,06135	0,11515	0,25952	0,17675	0,14412
$e[p(n)]$	—	—	—	0,00011	0,01283	0,062722	0,33466	0,58968

Összehasonlítottuk a felhős formulával kapott elnyelési értékeket is a *Major*-féle adatokkal, és itt már kisebb eltérés adódott, mégpedig a magasabb földrajzi szélességeken a GISS-modell nagyobb elnyelést adott, mint a *Major*-féle érték. Valószínű, hogy itt a felhőtípusokra alkalmazott négy optikai vastagsáérték kevésnek bizonyult, az átmeneteket nem érzékeli, hiszen a Ci felhőkre 2, az Ac felhőkre 8, az Sc és Cu felhőkre 16, végül a Cb felhőkre adott 32-es érték csak közepes viszonyokat karakterizál, és a magasabb földrajzi szélességeken túlbecsülik a valódi optikai vastagságot.

Számításainkat 240 rácspontra végeztük, így első kísérletként csak a derült égboltra kapott adatokat használtuk fel további következtetések levonására már csak azért is, mert *Major Gy.*-nek az aeroszol-elnyelés meghatározására szolgáló módszere felhő nélküli esetre alkalmas.

A GISS-modell parametrizációs eljárásával a nyolc rétegre kapott elnyelési értékekből az egyes szélességekre (öt fokként) kiszámítottuk az ózon + vízgőz + szén-dioxid + oxigén elnyelési együtthatókat a nyomás függvényében. Elemezve az egyes rétegekre eső értékeket azt láttuk, hogy a szélesség függvényében a vertikális profilok között alig van különbség. Így az elnyelési együtthatók számításainknál alkalmazott területen belül bármelyik rácspontra érvényesek. A gázok elnyelési együtthatóját $E[p(n)]$ az *I. táblázat* első sorában láthatjuk.

Az aeroszol vertikális profilját tekintve (*Yamamoto et al.* 1974) az aeroszol-elnyelési függvényt $e[p(n)]$ -et csak az alsó 4–5–6–7–8 rétegre határoztuk meg. A együtthatók értékét a *II. táblázat* második sora tartalmazza. Az elnyelési együtthatókkal a parciális elnyelés a keresett rétegre meghatározható, ha ismerjük a légoszlop teljes szoláris elnyelését. A együtthatók jelölésében az n arra utal, hogy a kapott értékek a rétegszám függvényében értendők (az *I. ábrán* bemutatott vertikális felbontás szerint jelen esetben $n=8$), így más rétegfelbontásnál a megfelelő együtthatók is más eloszlást mutatnak. Nyolc rétegű modellnél fennáll az alábbi összefüggés:

légköri gázok esetén

$$\sum_{i=1}^8 = E [p(n)]_i = 1$$

és az aeroszol koefficiensekre

$$\sum_{j=4}^8 e [p(n)]_j = 1$$

összefüggés. Jelöljük a *Major Gy.* módszerrel meghatározott légköri elnyelést A_L -el és ebből az aeroszol-elnyelést A_e -vel, az *I. táblázatban* található

II. TÁBLÁZAT

A gázok és aeroszol elnyelés részaránya az egyes rétegekben a teljes légköri elnyelés %-ában

	1	2	3	4	5	6	7	8
Gázok	100	100	100	97,78	88,90	76,62	33,60	17,05
Aeroszol	0	0	0	2,22	11,10	23,38	66,40	82,50

$E[p(n)]_i$ az $A_L - A_e$ mennyiség i -edik rétegre eső részarányát adja meg abban a dimenzióban, amiben A_L és A_e -t meghatároztuk. Jelöljük az i -edik réteg parciális elnyelését $A(n)_i$ -vel, módszerünkkel a keresett rész elnyelés az alábbi eljárással számítható ki:

$$A(n)_i = \Delta (A_{\text{vizgőz}} + A_{\text{ózon}} + A_{\text{CO}_2} + A_{\text{O}_2} + A_{\text{aeroszol}})$$

ahol

$$\Delta (A_{\text{vizgőz}} + A_{\text{ózon}} + A_{\text{CO}_2} + A_{\text{O}_2}) = E [p(n)]_i (A_L - A_e)$$

és

$$\Delta A_{\text{aeroszol}} = e [p(n)]_i \cdot A_e$$

A légköri elnyelést A_L -et és az aeroszol-elnyelést A_e -t *Major* módszerével számítottuk ki, így részletes leírásuktól eltekintünk. Megjegyezzük, hogy eljárásunk pontosságát alapvetően meghatározza A_L és A_e értéke, így *Major Gy.* módszerénél gondosan kell eljárni. Utóbbit, ha szférikus rácshálózatra alkalmazzuk, döntően befolyásolja a műholdas adatok analízise (*Raschke et al.* (1973) a műholdas adatok Európa térségére 250 km körüli derékszögű rácshálózatra adták).

Major Gy. a légköri elnyelés évi átlagára 31,6%-ot kapott, ebből 17,1% a gázok, 14,5% pedig az aeroszol-elnyelésre jutott. Számításaink két nap átlageredményei alapján módot adtak az egyes rétegekre eső százalékos megoszlás becslésére. Eredményeinket *Major Gy.* adataival való összehasonlítás végett a *II. táblázatban* mutatjuk be.

A *II. táblázat* adatai meggyőzően bizonyítják azokat a korábbi megállapításokat, miszerint a troposzféra alsó harmadában az aeroszol-elnyelés alapvető fontosságú. *Kondratyev et al.* (1976) CAENEX programban végzett kísérlete során további fontos sajátosságokat is megfigyeltek az aeroszokok elnyelésében; a napszak, a környezet, a légtömeg tulajdonsága, a hely és a felhőzet függvényében.

A derült égboltra kapott koefficiensek statisztikai jellegeből következik,

hogy az elnyelési koefficiensek meghatározása különböző típusú felhőkre csak elegendően nagyszámú populáció esetén remélhető, ami munkánk további célkitűzése.

IRODALOM

- Kondratyev, K. J. ed.* (1976): Polnűj radiacionnűj experiment Gidrometeoizdat Leningrad.
- Lacis, A. A.—Hansen, J. A.* (1974): A parametrization for the Absorption of solar radiation in the Earth's Atmosphere. *Journal of the Atmospheric Sciences* Vol. 31.
- Major Gy.* (1976/a): A Nap rövidhullámú sugárzásának elnyelődése a légkörben. OMSZ Kisebb Kiadványai, 40. Budapest.
- Major Gy.* (1976/b): A légköri aeroszol szerepe a troposzféra melegedésében. *Időjárás* 80. évfolyam 5. szám. 274—277.
- Makainé Császár M.* (1977): Szignifikáns időjárás térkép készítése parametrizációs eljárással, műholdas megfigyelések és rádiószonda adatok felhasználásával. OMSZ. Beszámolók az 1977-ben végzett tudományos kutatásokról. 82—91. old. Budapest, 1979.
- Matvejev, L. T.* (1976): Kursz meteorologii. Gidrometeoizdat Leningrad.
- McClatchey, R. A. et al.* (1972): Optical properties of the atmosphere (3rd ed.) AFCRL Envirn Res. Paperes No. 411, pp. 108.
- Raschke, E., Vonder Harr, T. H. Bandeen W. R., and Pasternak, M.* (1973): The annual radiation balance of the earth-atmosphere system during 1969—70 from Nimbus 3 measurements. *Journal of the Atmospheric Sci.* Vol. 30. pp. 341—364.
- Sasamori, T. J., London and Hoyt, D. V.* (1970): Radiation budget of the Southern Hemisphere. Meteor. Monogr. 13. No. 35. pp. 9—23.
- Somerville, P. et al* (1974): The GISS model of the Global Atmosphere. *Journal of the Atmospheric Sci.* Vol. 31. pp. 84—117.
- Yamamoto, G., Tanaka, M.* (1972): Increase of global albedo due to air pollution. *Journal of the Atmospheric Sci.* Vol. 29. pp. 1405—1412.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 83. évf. 3. szám. 1979. május–június
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 83 No. 3 May–June 1979 Budapest

Vertikális felületre jutó napsugárzási energia

TAKÁCS OLGA, Központi Légtérfizikai Intézet, Budapest

Energy of Solar Radiation Received by Vertical Surfaces. The measurement of global radiation as coming to vertical surfaces is receiving inadequate attention on a world scale. Requirements for such data have, however, been expressed, and it is to meet these needs that the author made this study, in which the average values of the global radiation for vertical surfaces oriented toward the four main points of the compass are presented on the basis of the observational data for a period of 8 years. The characteristics of the annual course of the daily mean values are also examined. Comparing her results with other data found in the literature, the author points out that the data strongly reflect the special geographical features of the location, and that this fact should be borne in mind when using the data.

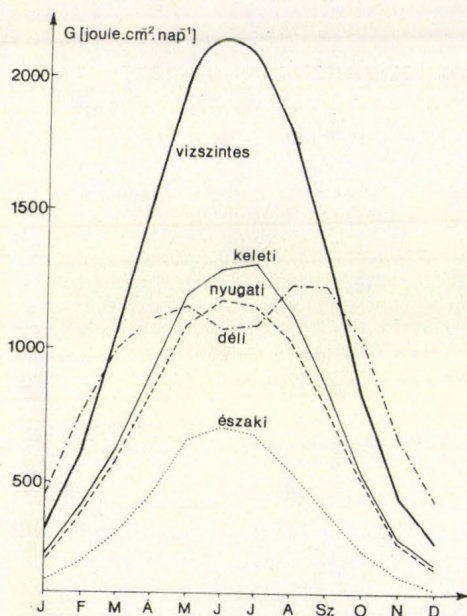
✱

A Föld energia-készletének csökkenése vonzza a figyelmet azon vizsgálatok felé, amelyek új, ki nem meríthető energiaforrások felhasználásának lehetőségeit kutatják. Ilyen energiaforrás többek között a szél és a napsugárzás. Nagy érdeklődés kíséri azokat a tanulmányokat, melyek a napsugárzás energiájának átalakításával foglalkoznak. Ezt az érdeklődést indokolja az a tény, hogy a földfelszínre jutó napenergia felülmúlja azt az energiamentységet, melyre az emberiségnek szüksége van. Az energiataralom felhasználásának közvetlen módja, pl. a napelemek alkalmazása, ma még a kezdeteknél tart. Sokkal nagyobb jelentőségű a felhasználás közvetett módja, az, hogy a Földre jutó napenergia mennyiségének figyelembevételével befolyásolható a meglévő energia felhasználása, vagyis az energiatakarékossági program megvalósítása. Ez a kérdés elsősorban az építészeket, épületgépszeket érinti, és a gyakorlatban a lakóépületek irányítotttságának helyes megválasztásában, az épületek hűtésének-fűtésének célszerű méretezésében nyilvánul meg. A mi feladatunk az, hogy e fontos, a népgazdaság számára komoly problémát jelentő kérdés megoldásához adatokat szolgáltassunk.

A feladatok többségének megoldásához a vízszintes felszínre érkező globálsugárzás vagy összetevőinek ismerete elégséges. Az építészetben, épülettervezésben azonban szükség van még a vertikális, ferde felületekre eső sugárzás ismeretére is. A Föld különböző pontjain elhelyezett állomásokon mérik a vízszintes felszínre jutó teljes napsugárzást, azonban a ferde és függőleges felületre érkező sugárzást kevés állomás méri folyamatosan. Emiatt a vízszintes felületre jutó napsugárzásból próbálják meghatározni a ferde és vertikális felületre jutó napsugárzást. A Központi Légtérfizikai Intézet sugárzási osztályán 1968 decemberétől mértük a négy főégtájrányú vertikális felületre eső globálsugárzást, és egy-egy évig a szórt sugárzást. A mérés-

sorozatot 1977 januárjában fejeztük be. A 8 év anyaga lehetővé teszi, hogy ismereteket nyerjünk a vertikális felületekre eső napsugárzás sajátosságairól.

Tanulmányunk célja – egy komplex feldolgozás első lépéseként – a rendelkezésünkre álló anyagból előállítani a 4 főégtáji irányú vertikális felületre jutó napsugárzás átlagértékeit, s meghatározni az alapvető összefüggéseket a vertikális és horizontális felületre érkező globálsugárzás között.



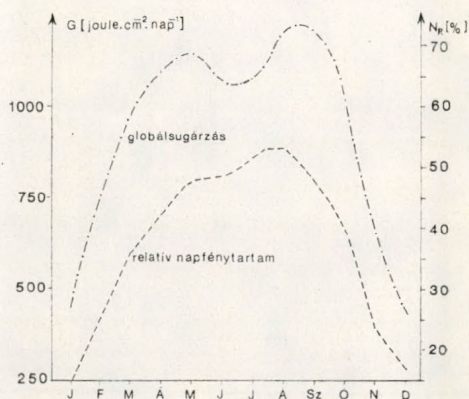
1. ábra. A globálsugárzás évi menete a vízszintes, illetve a különböző égtáji irányítású függőleges felületen

Később a vizsgálatok eredményeit kiegészítjük a napi és óraösszegek tanulmányozásával. Végül ezeket a vizsgálatokat elvégezzük a falakra jutó szórt sugárzás mért adataival is.

A vertikális felületekre jutó összszugárzás évi menete

Egy előző tanulmányban (Takács O. 1972) már foglalkoztunk a falakra érkező globálsugárzással; most egy hosszabb sorozat adataival kiegészítjük, s némileg módosítjuk az első eredményeket. Feldolgozásunkat havi átlagos napi összegekkel végeztük, tehát eredményeink az átlagosan felhős napokat reprezentálják. Az 1. ábrán bemutatjuk a 4 főégtáji irányú vertikális felület globálsugárzásának évi menetét. Szembetűnő a déli irányítású felület sugárzásbevételének évi menete. A legmagasabb értékű szeptember mindössze háromszorosa a decemberi minimumnak. Ezzel szemben az északi, keleti és nyugati felületeket nyáron mintegy 5,5–6-szor több napsugárzás éri, mint télen. A déli felület sugárzásbevételére jellemző másik sajátosság a kettős maximum (2. ábra). A legmagasabb napállásnál az évi menetben egy nem nagy mértékű, de határozott csökkenést tapasztaltunk. E sajátosságok a déli felület helyzetéből adódnak. Mint tudjuk, a globálsugárzás a szórt és direkt napsugárzás összege. Mivel télen a déli felület napkelte után napnyugtáig a „Nap felé néz” és a napállás alacsony, nap-

sütéses napokon a direkt sugárzás megnövekedése olyan nagymértékű, hogy a globálsugárzás átlagos napi összege magasabb lesz, mint a vízszintesre jutó össz-sugárzás. Nyáron e jelenség fordítottját figyelhetjük meg: a vízszintes felületre leérkező direkt sugárzás magas napállásnál megnövekszik, azonban a déli felületen ez a napállás „lapos” beesési szöget képez, amely ellensúlyozza a direkt sugárzás növekedését.



2. ábra. A déli irányítású vertikális felületre jutó globálsugárzás és a relatív napfénytartam évi menete

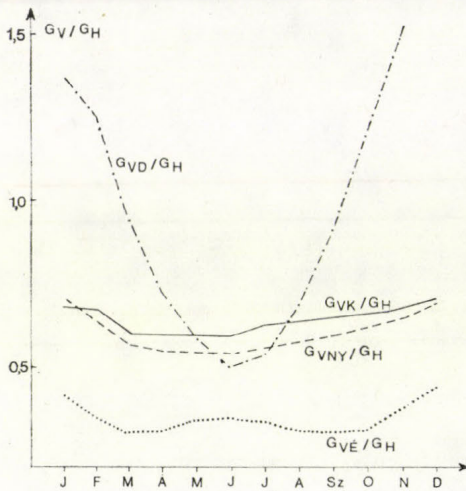
Megvizsgáltuk, mi okozza a déli felületre jutó globálsugárzás évi menetének aszimmetriáját: az időjárásnak mely sajátosságai váltják ki e jelenséget? Péczely (1961) szerint aug., szept., okt. hónapokban az anticiklonális helyzetek (Ae, Aw, An, A) előfordulási valószínűsége megnövekszik (60%), amelyekre jellemző a felhőzet csökkenése, vagyis a derült napok relatív gyakoriságának megnövekedése. Ezt igazolják a napfénytartammal végzett feldolgozásunk eredményei: az adott időszakban mért havi összegekből előállítottuk a relatív napfénytartam évi menetét, a görbét bemutatjuk a 2. ábrán. Láthatjuk, hogy a relatív napfénytartam maximuma nem júniusban, hanem augusztusban van, tehát júniustól a csökkenő napmagassághoz növekvő napfénytartam tartozik. A beesési szög csökkenésével nő a függélyes felületre eső közvetlen sugárzás, amely a magasabb napfénytartam, ill. a felhőzet csökkenése miatt a tavaszinál fokozottabb mértékben érvényesül.

Az 1. ábrán bemutatjuk a keleti és nyugati irányítottságú vertikális felületre eső össz-sugárzás évi menetét is.

Egész év folyamán mindössze januárban magasabb a nyugati fal sugárzásbevétele a keletinél, amely magyarázható azzal, hogy a reggeli ködök csak félfelé oszlanak el, s délután a direkt sugárzás már a nyugati felület sugárzásbevételeit növeli. Februártól nyár felé haladva a két felület bevétele között a különbség egyre növekszik, s augusztustól decemberig csökken. Ez a különbség a felhőzet napi menetét tükrözi: a gomolyfelhők maximuma 14–15 óra körül jelentkezik, tehát a nyugati felület globálsugárzását csökkenti. A keleti fal globálsugárzásának évi menetében feltűnő a júniusnál magasabb értékű július. Folytonos vonal jelöli a vízszintes felszínre érkező globálsugárzás évi menetét, s láthatjuk, hogy a görbén a júniusi maximum után a globálsugárzás fokozatosan csökken. Hasonlóan, a nyugati felület is júniusban kapja a maximális globálsugárzást. A kelet felé néző felület júliusi

maximális értéke csupán kis mértékben tér el a júniustól, azonban az eltérés jellemző, s ezt véleményünk szerint az okozza, hogy a délelőtti derültebb órákhoz alacsonyabb napmagasság tartozik, s a felületre jutó direkt sugárzás magasabb, mint júniusban.

Figyelemre méltó az *északi felületre* érkező globálsugárzás évi menete. Az északi irányítású felület szinte egész év folyamán szórt sugárzást kap, csak az áprilistól – augusztusig terjedő időszak reggeli és esti óráiban növeli



3. ábra. A déli (G_{vD}), keleti (G_{vK}), nyugati (G_{vNY}) és északi (G_{vE}) vertikális, valamint a horizontális (G_H) felületre jutó globálsugárzás arányának évi menete

a falra jutó direkt sugárzás a globálsugárzás értékét. Az északi felület globálsugárzásának évi menete szabályos és szimmetrikus.

A bemutatott évi menetek, mint említettük, havi átlagos napi összegek. A 8 év átlaga körül természetesen az egyes évek havi átlagai szóródnak: A vizsgált időszak alatt észlelt legmagasabb és legalacsonyabb, tehát a szélsőértékek eltérése az átlagtól télen elérte a $\pm 50\%$ -ot is. Nyáron ez az eltérés $\pm 10\%$ alá csökken. Az átlagérték körüli ingadozásra a későbbiekben még visszatérünk.

Ezeket az eredményeket vontuk le a négy főégtájrányban felállított sugárzásérzékelők adatainak 8 év átlagából. Az eredmények bemutatását indokolja, hogy az irodalomban nem talákoztunk olyan „fal”-adatokkal, amelyek hasonló hosszúságú vagy hosszabb sorozat méréseiből születtek: a található adatok vagy rövid sorozat méréseinek eredményei, vagy pedig különböző empirikus formulából számolt adatok.

A vertikális és horizontális felületre jutó napsugárzás aránya

A vertikális felületre eső sugárzás mérésének szórványos volta készítette arra, hogy mérési eredményeink alapján olyan általános következtetéseket próbáljunk levonni, melyek segítségével a szokásos, vízszintes síkra vonatkozó mérésekből meg lehet határozni a függőleges felületre jutó napsugárzást. A feladat megoldásához képeztük a *vertikális és horizontális felületre jutó globálsugárzás arányát*, első lépésként a 8 év átlagából. Az ará-

nyokat a 3. ábrán mutatjuk be. Az arányok évi menete az abszolút-értékek-nél látott sajátosságokat tükrözik. Természetesen felvetődött a kérdés: Meg-egyeznek-e az általunk nyert arányok a szakirodalomban találtakal? Az ötvenes évek elején, Európa két pontján folytak azonos céllal mérések: Hamburgban (Gräfe, 1956) és Svájcban (Ambrosetti—Thams, 1953) mérték a négy főégtájirányú vertikális felületre eső globálsugárzást. A mérések mindkét ponton 3 évig Hamburgban 1952—1954., Locarno-Montin 1950—1953 között

I. TÁBLÁZAT

A vertikális és horizontális felületre jutó globálsugárzás viszonyának évi menete különböző állomásokon mért adatok alapján

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
$G_{V\bar{E}}/G_H$												
Budapest	0,41	0,34	0,30	0,30	0,34	0,34	0,33	0,30	0,30	0,31	0,37	0,44
Hamburg	0,47	0,48	0,39	0,34	0,38	0,41	0,42	0,40	0,39	0,41	0,41	0,43
Locarno	0,33	0,27	0,23	0,21	0,19	0,19	0,19	0,20	0,22	0,25	0,30	0,37
Karadag	.	.	.	.	.	0,22	0,22	0,22	.	.	.	.
G_{VD}/G_H												
Budapest	1,37	1,25	0,95	0,73	0,58	0,50	0,53	0,68	0,92	1,23	1,51	1,57
Hamburg	1,21	1,13	0,95	0,78	0,65	0,61	0,63	0,71	0,98	1,02	1,16	1,08
Locarno	2,25	1,68	1,16	0,75	0,53	0,43	0,48	0,65	0,95	1,44	2,04	2,72
Karadag	.	.	.	.	.	0,43	0,51	0,56	.	.	.	.
G_{VK}/G_H												
Budapest	0,68	0,67	0,60	0,59	0,59	0,59	0,63	0,64	0,65	0,65	0,68	0,70
Hamburg	0,60	0,67	0,54	0,55	0,48	0,51	0,55	0,60	0,63	0,58	0,54	0,52
Locarno	0,76	0,67	0,59	0,54	0,51	0,49	0,50	0,53	0,57	0,64	0,74	0,84
Karadag	.	.	.	.	.	0,51	0,51	0,50	.	.	.	.
G_{VNF}/G_H												
Budapest	0,69	0,65	0,57	0,54	0,54	0,54	0,56	0,57	0,59	0,62	0,64	0,70
Hamburg	0,69	0,76	0,66	0,62	0,60	0,61	0,56	0,60	0,66	0,64	0,65	0,63
Locarno	0,83	0,72	0,63	0,57	0,52	0,50	0,51	0,56	0,60	0,67	0,76	0,87
Karadag	.	.	.	.	.	0,51	0,57	0,60	.	.	.	.

folytak; s a kapott eredmények az átlagosan felhős viszonyokat jellemzik. 1956-ban a Krím-félszigeten, Karadagban is folytak expedíciós mérések: A szovjet kutatók által nyert adatok egy-egy konkrét, derült napra vonatkoznak. Ezeket az adatokat, s az általunk nyert arányokat az I. táblázatban közöljük. Az arányok összehasonlításakor figyelembe kell vennünk az állomások egymástól eltérő földrajzi helyzetét, különös tekintettel arra, hogy a hamburgi a $\varphi = 52^\circ$ -on, az Északi-tenger partján, Locarno-Monti állomása pedig $\varphi = 46^\circ$ -on, a Maggioretóra néző déli lejtőn működik.

Az északi felületre Locarno-Monti állomásán az arány egész év folyamán alacsonyabb (nyáron kb. 60%-a) mint Budapesten, azonban az évi menetben nem mutatkozik meg az a nyári megnövekedés, amit a budapesti és a hamburgi arányoknál tapasztaltunk.

A déli felület mindhárom állomáson eltérő mértékben részesül a globál-

sugárzásból: a hamburgi mérésekből nyert arány télen alacsonyabb, nyáron magasabb, mint a megfelelő budapesti adat. Ezzel szemben, mint a rész-táblázat harmadik sorában látható, Locarno-Monti állomásán a déli felületre jutó globálsugárzásnak a budapestitől erősen eltérő az évi menete: a vízszinteshez képest télen lényegesen több globálsugárzást kap, viszont nyáron az arány csökken.

A keleti és nyugati felületek globálsugárzásának viszonya jól megközelíti a budapesti arányokat. Karadagban a derült napok adataiból nyert arányok mind a négy irányban leginkább a svájci adatokkal egyeznek meg.

Az I. táblázat adataiból azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az egyes állomásokra nyert arányok erősen tükrözik az állomások földrajzi helyzetét, felhőzeti, homályossági viszonyait, télen a hóval-borítottság mértékét, ezért az irodalomból vett arányok alkalmazásakor figyelembe kell venni az adott időjárási körülményeket.

Kapcsolat G_V/G_H és a relatív napfénytartam között

Említettük már, hogy a felületekre jutó globálsugárzás havi átlagos napi összegei a sokévi átlag körül szóródnak. Az adatok hasonló szórását tapasztaltuk a vertikális és horizontális felületre jutó globálsugárzás viszonyának képzésekor, s megfigyeltük, hogy az arány változása összefüggésben van a napfénytartammal. Az arány és a relatív napfénytartam közötti összefüggés jellegének, mértékének meghatározására havi felbontásban az értékpárokat grafikusán ábrázoltuk. A grafikus ábrázolás alapján a következő összefüggéseket állapítottuk meg:

Az északi felületre jutó globálsugárzás viszonya ($G_{VÉ}/G_H$) fordított arányban függ a relatív napfénytartamtól. E felület adatait nem havonként, hanem két csoportra osztva tárgyalhatjuk (II. táblázat): a borult napok csoportja

II. TÁBLÁZAT

G_V/G_H és a relatív napfénytartam N_R közötti összefüggés $G_V/G_H = a + b \cdot N_R$ konstansai, korrelációs koefficiense (r), szórása (σ) és átlaga (\bar{X})

		$G_{VÉ}/G_H$											
		$N_R < 25\%$						$N_R \geq 25\%$					
		$\bar{X} = 0,314$											
		$\sigma = 0,0467$											
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
a													
b													
r													
		G_{VD}/G_H											
a		1,147	1,010	0,830	0,536	0,505	0,823	0,656	0,610	0,771	0,791	1,002	1,096
b		0,014	0,009	0,003	0,005	0,002	-0,006	-0,002	0,001	0,003	0,010	0,018	0,030
r		0,896	0,890	0,860	0,748	0,519	0,846	0,608	0,417	0,602	0,888	0,908	0,858
		G_{VK}/G_H											
\bar{X}		0,683	0,670	0,600	0,590	0,589	0,592	0,630	0,638	0,649	0,648	0,676	0,705
σ		0,066	0,079	0,021	0,052	0,029	0,048	0,033	0,036	0,015	0,036	0,077	0,090
		G_{VNY}/G_H											
\bar{X}		0,688	0,651	0,567	0,544	0,539	0,537	0,558	0,574	0,588	0,617	0,640	0,696
σ		0,081	0,078	0,031	0,038	0,037	0,034	0,025	0,041	0,043	0,051	0,053	0,064

szerint, amelyeknek relatív napfénytartama (N_R) kisebb mint 25%, valamint a változóan felhős és derült napok csoportja szerint, amikor $N_R > 25\%$. Borult napokon az összefüggés lineáris, leírható a

$$G_{V\bar{E}}/G_H = a + b \cdot N_R$$

egyenlettel. Láthatjuk, hogy a relatív napfénytartam változása jelentős mértékben megváltoztatja $G_{V\bar{E}}/G_H$ értékét: a relatív napfénytartam 10%-os változása az arány 20%-os csökkenését vonja maga után. Az adatpárok r korrelációs koefficiense 0,808. A derült napok csoportjába tartozó értékpárok között az összefüggés nagyon gyenge, $r = 0,179$. Kiszámítottuk a lineáris egyenes konstansait, az iránytangens értéke $b = -0,0003$, ezért az $N_R > 25\%$ -nál mért $G_{V\bar{E}}/G_H$ arányokat összevontuk, átlaguk 0,314 s az adatok szórása $\sigma = 0,0467$. A borult napokon $G_{V\bar{E}}/G_H$ negatív függése – véleményünk szerint – azzal magyarázható, hogy a borult égboltról az északi felületre érkező globálsugárzás, azaz izotrop szórt sugárzás értékét a rövid ideig tartó nap-sütés nem befolyásolja, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a borult napok túlnyomó többsége a téli hónapokra esik. Ezzel szemben a vízszintesre érkező globálsugárzás értékét a napfénytartam gyenge megnövekedése nagymértékben megnöveli, vagyis a $G_{V\bar{E}}/G_H$ arányt csökkenti.

Figyelemre méltó képet mutat a *déli felület* aránya (G_{VD}/G_H) és a relatív napfénytartam közötti összefüggés az év folyamán: grafikus ábrázolás alapján megállapítottuk, hogy az összefüggés havi bontásban lineáris. Az egyenes konstansait a *II. táblázatban* közöljük, s megadjuk az összefüggés korrelációs koefficiensét is. Az a értéke, amely kifejezi a teljesen borult napok arányát – június – július kivételével – szabályos évi menetet ír le, a januári 1,15-ről a májusi 0,5-ig csökkenő értékkel. Feltűnő, hogy december – januárban $a > 1$, vagyis borult napokon is több globálsugárzást kap a déli fal, mint a vízszintes felület. E jelenség megértéséhez két tényezőt kell megemlítenünk: Ismert tény, hogy a relatív napfénytartam – globálsugárzás összefüggés az $N_R = 0$ érték közvetlen közelében nem lineáris. Jelen feldolgozásunkat, mint már említettük, havi átlagos napi összegekkel végeztük; bár télen a borult napok gyakorisága nagy, adataink között nem volt 0%-os relatív napfénytartam. A jövőben szándékozunk összefüggéseinket napi értékek feldolgozásával kibővíteni, ezzel kívánjuk az $N_R = 0\%$ -ra nyert eredményeket megerősíteni. A másik tényező: $N_R = 0$ esetében a globálsugárzás megegyezik az égbolt szórt sugárzásával. Azonban a vertikális felületre jutó szórt sugárzás valójában a falra jutó szórt sugárzás és a talajról a falra jutó rövidhullámú reflexsugárzás összege, vagyis a talaj reflexiója minden esetben megnöveli a globálsugárzás értékét.

A *II. táblázat* következő sora bemutatja az egyenes b iránytangensének évi menetét. (Június – július hónapokat külön tárgyaljuk). A téli félévben, a legalacsonyabb napállás felé haladva az iránytangens értéke egyre nagyobb, decemberben a legmagasabb: 0,0295, ami 10% relatív napfénytartam növekedésnél 26% aránynövekedést jelent. A nyári félévben az iránytangens fokozatosan csökken, májusban és augusztusban $b \approx 0$, az arány független a napfénytartamtól.

Június – júliusban az iránytangens előjelet vált, a napfénytartam növekedésével az arány csökken. Valójában ezt fejezi ki az *I. ábrán* látott évi meneteknek a G_D -nek a júniusi visszaesése, amit már említettünk.

A grafikus ábrázolás alapján megállapítottuk, hogy a *keleti és nyugati vertikális felületre* eső globálsugárzás — havonként tárgyalva — nem függ a relatív napfénytartamtól, ezért e két felület adataiból elkészítettük a havi átlagokat, és az adatok szórását (a kapott eredmények a *II. táblázatban* láthatók). A havi átlagok évi menete megegyezik a *3. ábrán* látott eloszlás görbével. Az adatok szórása kicsi, tehát a keleti és nyugati vertikális felületre jutó globálsugárzást — egy konstans alkalmazásával — képezhetjük a vízszintesre eső összsugárzásból. Hangsúlyozzuk, hogy csak napi összegek képzésénél alkalmazható ez a módszer, mert mindkét égtáji irányra eső globálsugárzásnak a vízszintestől erősen eltérő napi menete van, mint ezt a következő dolgozatban látni fogjuk.

Összefoglalás

A rendelkezésünkre álló adatok alapján előállítottuk a négy főégtáji irányú vertikális felületre jutó globálsugárzás napi összegének évi menetét. Részleteztük az évi meneteknél tapasztalt jellemző sajátosságokat.

Megvizsgáltuk, hogyan viszonyul a vertikális felületre jutó globálsugárzás (G_V) a horizontálisra érkező összsugárzáshoz (G_H), s az arányokat összehasonlítottuk az irodalomban található mért értékekkel.

Megnéztük, mi befolyásolja G_V/G_H értékét, s megállapítottuk a relatív napfénytartam szerepét az arány értékének alakulásában.

IRODALOM

- Adamenko, V. N. és Hajrullin, K. S. (1969): Rezultatü nabljugyenyij radiacii, posztupajuscsej na sztyenü zdanyij. *Trudy GGO* 248. 69—73.
- Ambrosetti, Fl. és Thans, J. C. (1953): Die Größe der Globalstrahlung verschieden orientierter Flächen. *Geof. pura e Appl. Vol. 26.* 3—15.
- Gräfe, K. (1956): Strahlungsempfang vertikaler, ebener Flächen; Globalstrahlung von Hamburg. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes Band 5.* Nr. 29.
- Kondratyev, K. Ya. (1977): Radiation regime of inclined surfaces. *WMO. Technical Note Nr. 152.*
- Pivovarova, Z. I. és Sztadnyik, V. V. (1974): Ob izmenyivosztyi prjamoj radiacii, posztupajuscsej na vertyikalnüe poverhnosztyi juzsnoj orientacii. *Trudy GGO* 307. 80—93.
- Poberovszkaja, L. N., Fedorova, M. P. és Sziverceva, T. E. (1969): Patoki szummarnoj radiacii na naklonnüje poverhnosztyi pri casztyiesnoj oblaecsosztyi. *Problemü Fiziki Atmoszferü. Szbornyik* 7. 102—112.
- Takács, O. (1972): A teljes besugárzás függőleges felületeken. *Időjárás* 76. 175—180.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 83. évf. 3. szám. 1979. május – június
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 83. No. 3 May – June 1979 Budapest

A Contribution to the Critical Control of the Geopotential and Temperature Data for the Objective Analysis

MIHAILOVIC T. DRAGUTIN, *Faculty of Agriculture Department of Meteorology, University of Novi Sad*

Adalékok a geopotenciál- és a hőmérsékleti adatok kritikai vizsgálatához, objektív analízis céljára. A tanulmány módszert ismertet a geopotenciál- és a hőmérsékleti adatok kritikai vizsgálatára. A Rubcov által az 1000, 850, 700, 500, 400, 300, 200 és 100 mbar fő izobárszintekre javasolt kritériumokat a 250 mbar izobárszintre vonatkozó kritériummal egészíti ki. A már alkalmazott, ill. a javasolt kritériumokat két állomás vertikális szondázásán ellenőrizték.

*

With development of methods for numerical weather prediction there has been a necessity for as correct as possible data for meteorological elements used in objective analysis. As consequences of various factors (coding, transmissions, decoding etc.) there were some errors in the meteorological data which might lead to some problems in the final results both in objective analysis and numerical weather prediction. Number of authors considered this problem as *Bedinet* (1960), *Bergthorson* (1960). A special attention to automatic control was paid by *Rubcov* (1962) with emphasis to the critical control of the geopotential and temperature.

In this paper we shall consider the application of hydrostatic equation and critical control of the geopotential and temperature (part 1). In the part 2 we shall consider the existing criteria with those ones which are now in HIBU (Hydrometeorological Institute and University of Belgrade) used for numerical weather prediction. In the last part a numerical example will be presented.

1. *Hydrostatic equation and vertical control of the geopotential and temperature*

Starting from the hydrostatic equation and eliminating density with help of the equation of state we obtain

$$RT \frac{\partial}{\partial z} (\ln p) = -g, \quad (1)$$

where $R = 287,04 \text{ kg m s}^{-1} \text{ grad}^{-1}$ is gas constant and $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ is gravitational acceleration. Integration of (1) from z_n to z_{n+1} gives the following expression

$$\overline{RT} (\ln p_{n+1} - \ln p_n) = - \int_{z_n}^{z_{n+1}} g dz. \quad (2)$$

Here the symbols used have the following meaning. \overline{T} is mean temperature

in the layer between p_n and p_{n+1} standard isobaric surfaces, respectively; z_n and z_{n+1} are heights of the standard isobaric surfaces p_n and p_{n+1} , respectively. Hence the $\Phi = \int_0^z g dz$ equation (2) can be written in the following form

$$RT \ln \frac{p_{n+1}}{p_n} = \int_0^{z_n} g dz - \int_0^{z_{n+1}} g dz = \Phi_n - \Phi_{n+1}. \quad (3)$$

Since we usually use height of the standard isobaric surfaces (H) in gpm then with help of the $\Phi = 9,8 H$ definition formula (3) becomes

$$H_{n+1} - H_n = 67,4 T \log \frac{p_n}{p_{n+1}} \quad (4)$$

In (4) g and R their numerical values are given and decades logarithms have been introduced.

Suppose that we have linear profile with the height if we use equation (4) in the layers between two standard isobaric surfaces (1000, 850, 700, 500, 400, 300, 200 and 100 mbar) the following relations are obtained:

$$\begin{aligned} H_{850} - H_{1000} &= 2,38 (T_{850} + T_{1000}) \\ H_{700} - H_{850} &= 2,86 (T_{700} + T_{850}) \\ H_{500} - H_{700} &= 4,93 (T_{500} + T_{700}) \\ H_{400} - H_{500} &= 3,37 (T_{400} + T_{500}) \\ H_{300} - H_{400} &= 4,21 (T_{300} + T_{400}) \\ H_{200} - H_{300} &= 5,94 (T_{200} + T_{300}) \\ H_{100} - H_{200} &= 10,15 (T_{100} + T_{200}) \end{aligned} \quad (5)$$

These equations represent relative heights in gpm for the neighbouring standard isobaric surfaces.

In HIBU model standard isobaric surfaces 250 mbar is used for objective analysis, so we added to (5) two more equations

$$\begin{aligned} H_{250} - H_{300} &= 2,66 (T_{150} + T_{300}) \\ H_{200} - H_{250} &= 3,33 (T_{200} + T_{250}) \end{aligned} \quad (6)$$

2. The criterion for correction errors in the geopotential and temperature

Because of nonlinearity of the vertical temperature profile in the corresponding layer it might come to inequality in left and right sides of the equations (5.) Those differences can not be high. By analysing the data, for various profiles of the temperature *Rubcov* (1962) concluded that those differences (Δ) could not exceed the following values:

Fot layer [mbar]	1000—850	850—700	700—500	500—400	400—300	300—200	200—100
Δ [gpm]	30	30	40	30	40	30	30

The analysis of the number of the vertical soundings of the atmosphere, for various synoptic situations, showed that the differences between, for

300–250 mbar and 250–200 mbar layers, the left and the right side of equations (6) do not exceed the following values

For layer (mbar)	300–250	250–200
Δ (gpm)	30	30

(8)

If differences of the left and right side of the equations (5) and (6) are not inside the boundaries determined by the equations (7) and (8) we can regard the data negative. Which of the geopotential or temperature data are wrong remains to be determined afterwards and then to be corrected.

The error of the geopotential led to the inequality of the neighbouring equations in (5) and (6) in which the differences of the left and the right sides will be equal with an opposite sign. Correcting the wrong data has been achieved by adding half of the difference of the inequality of the neighbouring equations to the wrong value of geopotential.

False value of the temperature led to the inequality in the neighbouring equations in (5) and (6) in which the differences of the left and the right sides were proportional to the coefficients in front of the brackets and had the same sign. In this case correction is carried out by adding the mean value of inequality weighted proportional to the coefficients in front of the brackets to the false value of the temperature.

3. A numerical example

For the purpose of testing of the reality of the suggested criterion for the critical control of data in geopotential and temperature for the 300–250 mbar layer we have tested a vertical soundings of the 23. VIII 1975 in the term at 00 GMT for the station 01152 (coordinates 67° 15' N, 14° 24' E) and 01384 (coordinates 60° 12' N, 11° 06' E). With the help of the given criterion it was found that data in geopotential at the 01152

TABLE I

Standard isobaric surfaces height data (H) and temperature (T) from the vertical soundings of the atmosphere on the 23.08. 1975 at 00 GMT a) observed, b) corrected

The station 01152

p [mbar]	1000	850	700	500	400	300	250	200
H [gpm]	71	1405	2954	6520	7120	9080	12250	11750
T [°K]	283	275	268	251	240	240	224	227

a) The station 01384

H [gpm]	53	1406	2966	5550	7180	9190	10410	11870
T [°K]	—	279	270	230	245	232	240	226

The station 01152

H [gpm]	71	1405	2954	5521	7120	9080	10300	11750
T [°K]	283	275	268	251	240	225	224	227

b) The station 01384

H [gpm]	53	1406	2966	5550	7180	9190	10410	11870
T [°K]	—	279	270	249	245	232	229	226

station were false for the 500 and 250 mbar, standard isobaric surfaces, and for the station 01384 we had false values in the temperature at the 500 and 250 mbar layer (see *table Ia*). Corrected values of the geopotential and temperature are given in *table Ib*.

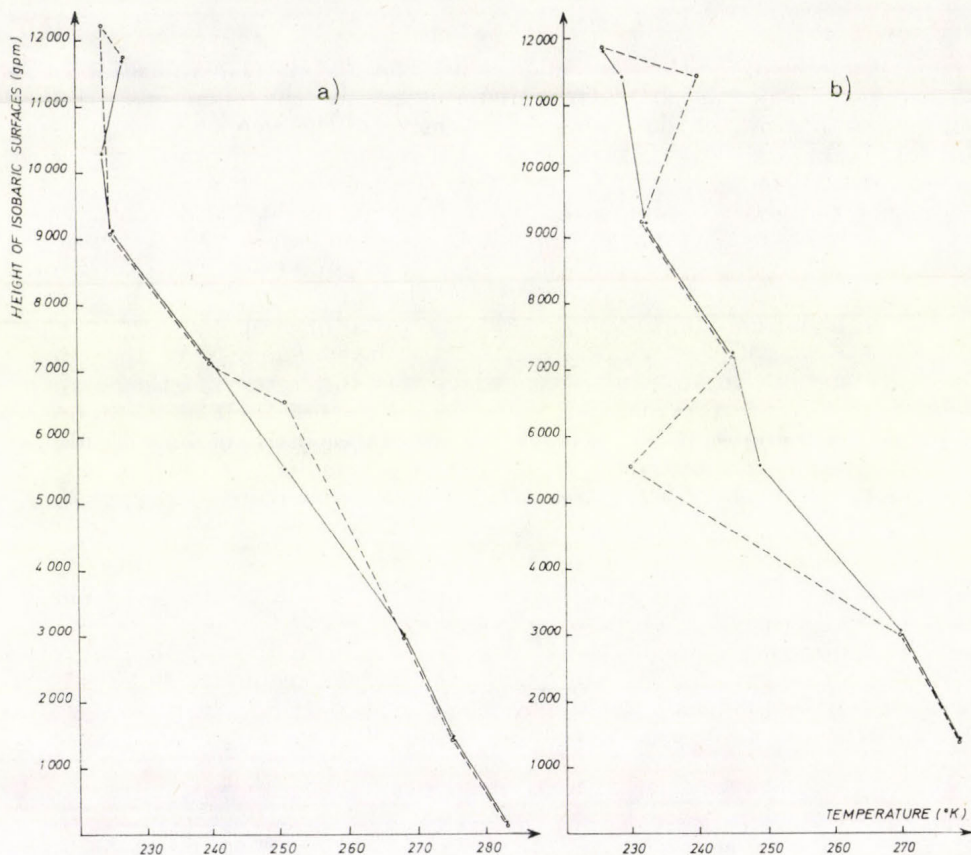


Fig. 1: Stratification of the atmosphere for two station on the 23.08. 1975 at 00 GMT. Dashed line : observed, continuous line : corrected with the method of the critical control of data

In figures 1a and 1b, respectively, are shown stratifications atmosphere at 00 GMT for the stations 01152 and 01384.

At the end, the procedure of the critical control might be carried out automatically as it is in the HIBU model where the procedure of the detecting and correcting is carried out in the IBM 370/137 computer with FORTRAN IV coding.

REFERENCES

- Bedinet, H. A. (1960): The new input-output system of JNPW. Trans. Amer. Geophys., Un. 41, No. 2.
 Bergthorsson, P., Döös, B. R. Fryklund, S., Haug, O., Lundqvist, R., (1955): Routine forecasting with the barotropic model. Tellus, 7, No. 2.
 Rubcov, I. V., (1962): Avtomatičeskaja podgotovka ishodnih danih dlja čislenogo analiza i prognoza pogodi. Trudi GGO, vip. 124.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 83. évf. 3. szám. 1979. május—június
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 83 No. 3 May—June 1979 Budapest

A felszín sugárzásegyenlegének meghatározása műholdas mérések alapján

PAÁL ANIKÓ, Központi Léggörfizikai Intézet, Budapest

Determination of the Radiation Balance of the Surface on the Basis of Satellite Data.
The primary purpose of our investigations is to derive, with the aid of satellite measurements, empirical formulas for the calculation of the radiation balance of the surface and of the atmosphere, respectively. In this paper the author considers a formula for the surface balance that has been developed on the basis of a relatively limited data set, and checks and refines this formula using a longer-period global data sample. The original formula: $E_f = 75,52 + 0,47E - 0,0006E^2$ proved to be much better for the new sample ($n = 0,89$) than for the old one ($n = 0,81$). By modifying the constants, the result $n = 0,92$ was obtained. As a further refinement, the radiation balance of the surface was expressed in the form $E_f = -41,65 + 0,47E + 0,52 Eh$. This formula gives the measured value of the surface balance with the accuracy of $n = 0,95$. (In the above formulas, E = the radiation balance measured from the satellite, E_f = the radiation balance of the surface, Eh = the long-wave outgoing radiation of the surface-atmosphere system.)

✱

Az időjárási folyamatok és az éghajlat alakulását döntően meghatározza a Föld-légkör rendszerben elnyelt napsugárzás és a rendszer hőmérsékleti sugárzása. A felszín és a légkör különböző részein más nagyságú az elnyelt és a kisugárzott energia. Az így kialakuló potenciális energiakülönbségek hozzák létre a légmozgásokat és a tengeri áramlásokat. A mozgások viszont a felhőzeti mező kialakításával és módosításával visszahatnak a sugárzásház-tartásra. A sugárzásház-tartás összetevői és az időjárási paraméterek közötti kapcsolat olyan bonyolultnak látszik, hogy célszerű kísérleti és félempirikus módszerekkel közelíteni a probléma megoldásához (*Kondratyev 1972*). Az ehhez szükséges adatmennyiség csak az utóbbi évek óta áll rendelkezésünkre.

1. Műholdas sugárzásház-tartás vizsgálataink célja

A műholdakon elhelyezett sugárzásmérő műszerek már két évtizede nagy mennyiségű adatot szolgáltatnak igen jó területi lefedéssel az elnyelt és kisugárzott energiáról. A műholdas adatok azonban a felszín-légkör rendszer egészére vonatkoznak és közvetlenül nem alkalmazhatók, ha a rendszer elemeit külön-külön kívánjuk vizsgálni (*Major 1973*). Minthogy feladatunk a légkörben lejátszódó jelenségek tanulmányozása, ezért megpróbáltuk különválasztani a légkör és a felszín hatását.

2. Kutatási módszerünk

A légkör sugárzásegyenlegének meghatározására mind az alsó, mind a felső határon sugárzásmérést kell végezni. A műholdak rendszeresen mérik a

„felső határon”, kb. 1000 km magasságban a sugárzási egyenleget, de a felszíni mérőhálózat nagyon egyenlőtlen területi eloszlást mutat. Azért, hogy a légkör sugárzásháztartását vizsgálni tudjuk, olyan empirikus formulát próbáltunk meghatározni, amely pusztán műholdakról mért adatok segítségével megadja a légkör sugárzási egyenlegét.

Két módon közelítettük a problémát: *a)* Közvetlenül a légköri egyenleget határoztuk meg empirikus formulával. *b)* A felszíni egyenleget adtuk meg empirikus formula segítségével és a légköri egyenleget a rendszer egyenlegének és a felszín egyenlegének különbségeként állítottuk elő. A formula jóságát az $\eta = \sqrt{1 - (\sigma_{res}^2/\sigma^2)}$ mennyiséggel jellemeztük. A σ_{res} a residuum-szórás, σ a szórásat jelenti.

3. Eddigi eredményeink

3.1. *A légköri egyenleg meghatározása.* Az európai és Atlanti-óceáni területet vizsgálva a *Nimbus-3* napi átlagadataiból és felszíni sugárzási egyenlegekből a következő empirikus formulát nyertük:

$$E_L = -74,94 + 0,58E + 0,0045 (E_h/E_r),$$

ahol E_L : a légoszlop sugárzási egyenlege, E : a műhold által mért sugárzási egyenleg, E_h : a felszín-légkör rendszer hosszúhullámú kisugárzása, E_r : a rendszer rövidhullámú elnyelése.

(A fenti mennyiségek mindegyikét „W/m²”-ben kell megadni!)

A formula jóságát jellemző η a 113 adatot tekintve 0,82-nek adódott. A részmintákat vizsgálva azonban az alacsonyabb földrajzi szélességeket és az évszakokat véve csak 0,7 körüli értéket kaptunk. Ezt a pontosságot nem tekintettük kielégítőnek, így a második módszerrel, a felszíni egyenleg meghatározásával próbálkoztunk.

3.2. *A felszíni egyenleg meghatározása.* A fent említett adatok felhasználásával a felszín sugárzási egyenlegét a műholdról mért egyenlegekből a következő empirikus formulával sikerült megadni: (*Major és Rimóczi-Paál* 1979)

$$E_F = 75,52 + 0,47E - 0,0006E^2, \quad (1)$$

ahol E_F : a felszín sugárzási egyenlege, E : a felszín és a fölette levő légoszlop sugárzási egyenlege a műhold keringési magasságában mérve.

Az összes adatra együttesen 0,81-es η értéket kaptunk. Ez gyengébb

I. TÁBLÁZAT

Az (1) formula jóságának vizsgálata az európai mintán

Rendszerelbedó		Földrajzi szélesség	
%	η	φ_n	η
15	—	60—67	0,89
15—20	0,90		
20—25	0,69	50—60	0,74
25—30	0,54		
30—40	0,81	45—50	0,74
40—50	0,84		
50—60	0,78		
65—90	0,70		

ugyan, mint a légköri egyenlegre kapott formula, azonban a részmintákra bontáskor a képlet lényegesen jobbnak adódott, mint az előzőnél.

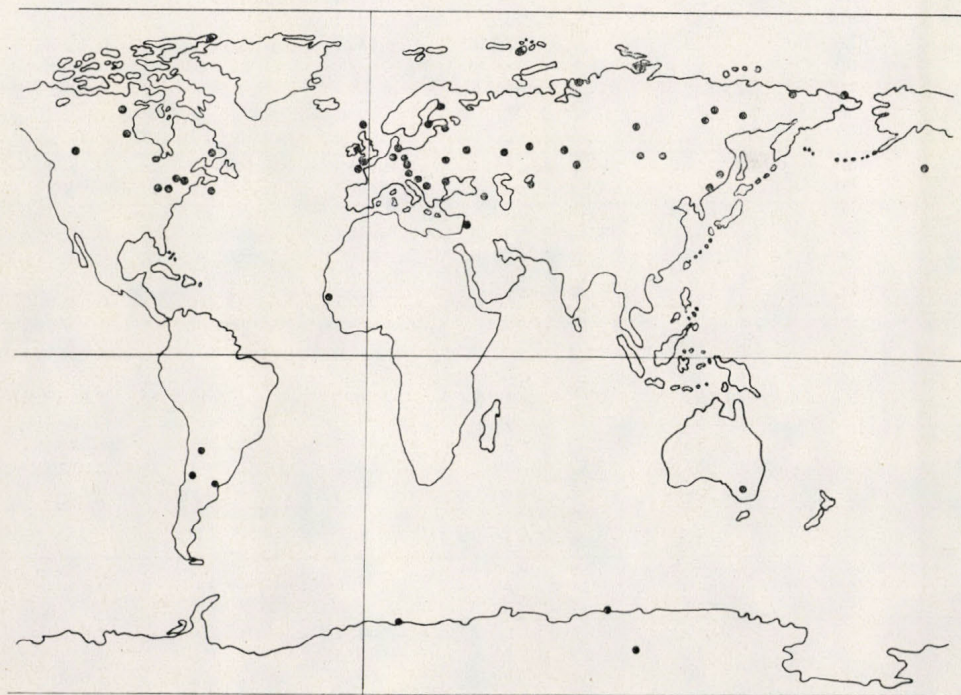
Az egyes korrelációs hányadosokat az *I. táblázatban* tüntettük fel. Látható, hogy derült idő esetén a tengeri területeken a formula nem használható, a 25–30%-os albedó esetén is gyenge a formula. Földrajzi szélességenként nézve a formula jól visszaadja a felszíni egyenleg mért értékeit.

4. Újabb eredményeink

A Nimbus–3 napi méréseiből Európa területére empirikus formulánkkal viszonylag jól meg tudtuk adni a felszíni egyenleget. A formula általánosabb érvényűségét bizonyítja, ha nemcsak arra a területre és időpontra használható, amelyből meghatároztuk, hanem nagyobb térséget vizsgálva és hosszabb időtartamra átlagolt adatok esetén is. A formulát tehát ellenőrizni és pontosítani kívántuk más adathalmazon is.

4.1. *A felhasznált adatok.* Vizsgálatunkhoz rendelkezésünkre állt egy mesterséges holdak sugárzásméréseiből összeállított atlasz (*Vonder-Haar és Ellis, 1974*), valamint a *Leningrádi Geofizikai Főobszervatórium* által publikált felszíni adatok. Munkánkhoz a *Nimbus–3* mesterséges hold méréseiből számított havi, ill. félhavi átlagokat és a felszíni állomások ennek megfelelő átlagait használtuk fel *1969. április, július* hóra, valamint *október 3–17,* és *1970. január 21–február 3* közötti időszakra. Sugárzási egyenleg adatot ebben az időszakban 61 felszíni állomás publikált; földrajzi elhelyezkedésüket az *I. ábra* mutatja be.

Az állomások döntő többsége az északi félgömb közepes és magas szé-



1. ábra. A felszíni sugárzásmérő állomások

lességeire esik. Ezt számításaink közben megfelelő súlyozással korrigáltuk. A felhasznált adatok:

- a műholdról mért sugárzási egyenleg (E);
- a felszín-légkör rendszer hosszűhullámú kisugárzása (E_h);
- a rendszeralbedő (R);
- a felszíni állomás földrajzi koordinátái;
- az időintervallumra átlagolt napmagasság;
- a felszínen mért sugárzási egyenleg.

Összesen 219 esetben ismertük ezen adatokat.

4.2. *A felszíni egyenleget megadó formula ellenőrzése a globális méretű mintán.* Formulánkat az európai területre vonatkozó napi átlagadatok alapján határoztuk meg. Az új adathalmazra, amely jellemzőnek tekinthető szinte az

II. TÁBLÁZAT

Az (1), (2) és (3) formula használhatóságának vizsgálata a globális mintán

		N	Átlag	Szórás	η_1	η_2	η_3
Együttes:		219	E_F (watt/m ²)		0,8888	0,9200	0,9463
R szerint	0-25	7	97,2	28,6	0,5448	0,6259	0,7028
	25-30	31	107,5	37,2	0,6735	0,8482	0,8855
	30-35	33	86,5	37,9	0,8180	0,8381	0,9069
	35-40	27	79,3	36,8	0,7988	0,8400	0,8199
	40-50	32	49,8	40,7	0,8027	0,8255	0,8732
	50-60	33	12,4	35,9	0,6124	0,6217	0,7583
	60-70	21	1,4	18,5	—	—	0,8132
	70-100	2	—	11,4	—	—	—
φ szerint	-80- -60	11	9,1	45,9	0,5783	0,3962	0,7855
	-60- 0	11	85,3	45,5	0,8269	0,8954	0,8993
	0-40	7	93,3	19,3	0,1432	—	—
	40-50	55	63,2	52,4	0,9134	0,9429	0,9752
	50-60	73	52,0	52,7	0,9107	0,9216	0,9392
	60-70	28	25,4	50,2	0,9061	0,9253	0,9383
	70-80	26	20,4	56,4	0,7374	0,9254	0,9528
	80-90	8	17,5	62,0	0,8343	0,8467	0,8682
Évszakok szerint	Tavaszi	54	60,7	41,6	0,7681	0,7905	0,8367
	Nyár	55	109,7	40,1	0,6990	0,8236	0,8563
	Ősz	56	21,7	30,3	0,8663	0,8280	0,9291
	Tél	54	-3,4	32,1	0,3685	0,7306	0,9740
A napmagasság szinusa szerint	-0,1 -0,15	32	-19,6	10,8	—	—	—
	0,15-0,25	27	-7,5	9,3	—	—	—
	0,25-0,35	47	22,3	36,4	0,8299	0,8590	0,9003
	0,35-0,4	23	54,5	38,1	0,5416	0,4968	0,7199
	0,4 -0,45	17	62,7	24,3	0,5434	0,5471	0,8175
	0,45-0,5	25	88,5	25,3	0,3613	0,2025	0,3617
	0,5 -0,55	27	107,7	25,6	0,3046	0,5463	0,6940
	0,55-1	21	128,0	17,1	—	—	—

egész északi félgömbre és hosszabb időszak átlagaiból áll, az η korrelációs hányados $0,89$ -nek adódott. Ez a tény arra utal, hogy helyesen jártunk el a formula készítésénél, amikor igyekeztünk az adatokat úgy súlyozni, hogy ne az adott minta egyedi sajátosságait emeljük ki. Egyrészt a súlyozás miatt, másrészt amiatt, hogy az új adatok szélesebb intervallumot fednek le, nem véletlen, hogy formulánk egy általánosabb mintára jobbnak adódott, mint az eredetire. Azért, hogy meggyőződjünk a formula alkalmazhatóságáról az adatok szélsőséges eloszlása esetén is, különböző szempontok szerint a nagy mintából részmintákat állítottunk elő. Az így kapott eredményeket a *II. táblázat* 5. oszlopában tüntettük fel. Az eredeti formulát használva az új mintára a korrelációs hányadosok a kis és nagy albedójú területek esetén csökkentek, de a földrajzi szélességenkénti csoportosításnál jelentősen növekedtek.

4.3. *Empirikus formulánk pontosítása.* Miután a fentiek alapján meggyőződünk módszerünk helyességéről, megkíséreltük a formula tökéletesítését. Ehhez az északi félgömbi adatokat használtuk fel. A problémát két módon közelítettük:

a) A felszíni egyenleget az előzőhöz hasonlóan a műholdról mért egyenleg másodfokú függvényeként állítottuk elő.

b) A műholdról mérhető két különböző paraméter lineárkombinációjaként állítottuk elő a felszíni egyenleget.

Bonyolultabb alakú függvényt nem szándékoztunk illeszteni, mert célunk egy egyszerű alakú, viszonylag pontos és széleskörűen használható formula előállítására volt.

4.3.1. *A másodfokú egyenlet együtthatóinak javítása.* Az új 219 adat alapján az (1) formula együtthatói helyett a következő együtthatókat kaptuk:

$$E_F = 77,57 + 0,66E + 0,0009E^2 \quad (2)$$

Az adatok összességére az η értéke $0,92$ -nek adódott, amely már jó formulát jelez. Speciális részhalmazokra alkalmazva a képletet, a teszt eredményét a *II. táblázat* 6. oszlopában látjuk.

Az albedó szerint csoportosítva az adatokat az egyes részhalmazokra kiszámított η érték minden esetben nagyobb lett, mint az (1) formulánál. Földrajzi szélességenként vizsgálva – az Antarktisz és az északi félgömb alacsony szélességen fekvő területeit nem tekintve – a képletből pontosabban visszaszámítható a felszíni egyenleg. Az évszakok és a napmagasság szerinti mintákat nézve részben jobb, részben rosszabb eredményt kaptunk.

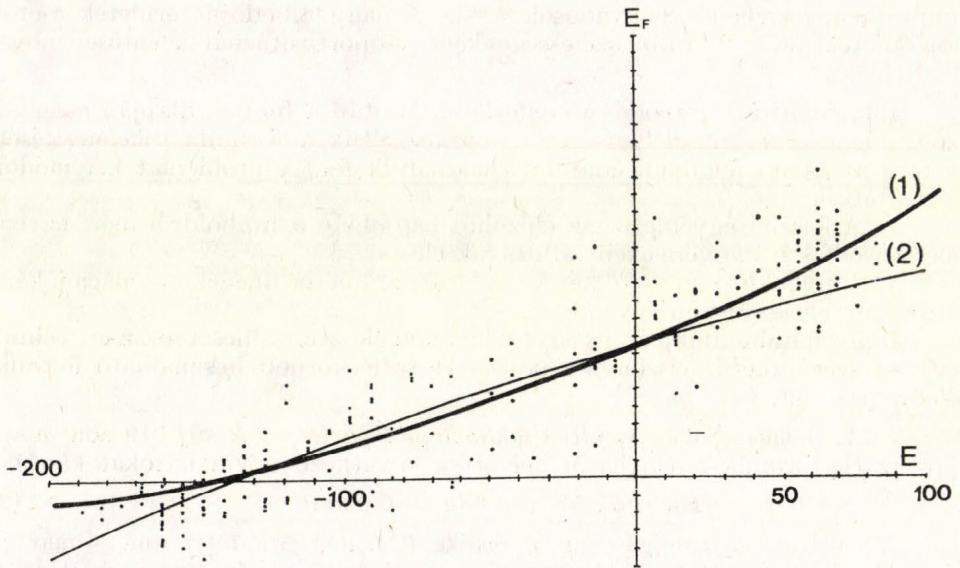
A 2. ábrán berajzoltuk a másodfokú görbéinket a mért adatokat reprezentáló pontthalmaz közé. Látható, hogy egy adott műholdas egyenleg értékhez eléggé különböző felszíni egyenleg értékek tartoznak. Ez arra utal, hogy más egyéb tényezők hatása miatt kölcsönösen egyértelmű megfeleltetés nem lehetséges a két adathalmaz között.

A (2) formulánk jóságai foka szerint – az egyéb hatások miatt okozott szórást nem tekintve – elfogadható pontossággal meg tudjuk határozni a műholdról mért rendszeregyenleget a felszíni egyenleget.

4.3.2. *A felszíni egyenleg meghatározása két műholdas sugárzási adatból.* Az előzőekben láttuk, hogy a műholdról mért sugárzási egyenlegen kívül más tényezőket is figyelembe kell vennünk, ha pontosabban akarjuk megadni empirikus formulával a felszíni egyenleget.

Amennyiben két különböző változó függvényeként állítjuk elő a formulát,

célszerű azokat a paramétereket részesíteni előnyben, amelyek a Nap által nem megvilágított területeken is mérhetőek. Így a hosszúhullámú kisugárzás (E_h) és a műholdról mért egyenleg (E) kétváltozós függvényének tekintettük a felszíni egyenleget. Ennek jogosságát az igazolja, hogy amennyiben a két paraméter szerint osztályoztuk az adatokat, az osztályokon belüli szórás éppen a hosszúhullámú kisugárzás és a műholdas egyenleg szerinti felosztás esetén volt átlagosan a legalacsonyabb. Ha egy kétparaméteres felosztás szerint készített osztályokon belül kicsi a szórás, de a felszíni



2. ábra. A felszíni egyenleg ábrázolása a műholdas egyenleg függvényeként. A mért értékeket a pontok jelképezik. A berajzolt (1) és (2) másodfokú görbe a szövegben szereplő azonos számú függvény grafikonja

egyenleg átlaga osztályról osztályra változik, ez azt mutatja, hogy a felosztást meghatározó paramétereken kívül más mennyiségnek számottevő hatása nincs az egyenlegre.

A következő formulát kaptuk:

$$E_f = -41,65 + 0,47 \cdot E + 0,52 \cdot E_h, \quad (3)$$

ahol E_f : a felszíni egyenleg, E : a műholdról mért egyenleg, E_h : a rendszer hosszúhullámú kisugárzása.

A formula használhatóságát mutató n értékére együttesen a 219 adatból $0,95$ -t kaptunk. Ez az érték azt jelzi, hogy a (3) empirikus összefüggésből az adatok szórásán belül szinte pontosan visszanyerjük a felszíni egyenleg mért értékét. Különböző szempontok szerint csoportosítva a mintát a speciális részmintákra számított η értékeket a II. táblázat 7. oszlopában tüntettük fel.

Gyengébb eredményt csak alacsony albedójú adatok esetén kaptunk, de η értéke itt is $0,70$. A magas albedójú területek adataiból is $0,81$ -es η adódott, holott az (1) és (2) formula alkalmazásakor itt nem volt jó az eredmény. A (3) formulát tekinthetjük tehát a legjobbnak a három

közül. Azokban a részmintákban, ahol nincs η érték — azaz a residuum-szórás nagyobb, mint az adatok saját szórása — többnyire azért tűnik rossznak a formula, mert ott a szórás maga nagyon kicsiny.

A 0,45-nél nagyobb szinuszú napmagasságok esetén is gyenge az η . További vizsgálatokat kellene végezni, hogy milyen — más esetben elhanyagolható — tényező játszik szerepet ekkor a felszíni egyenleg kialakításában.

5. Befejezés

Eddigi munkánk során olyan empirikus formulát tudtunk előállítani, amely egy globális kiterjedésű és nagyobb időintervallumra átlagolt adatminta esetén, illetve napi átlagadatokból Európa nagyságú területre nézve is kielégítően alkalmazható a felszíni egyenleg meghatározására. Munkánk folytatására két út kínálkozik:

a) Igyekszünk még általánosabb tér- és időbeli mintán pontosabbá tenni formulánkat, hogy így a felszíni állomáshálózatot pótolva viszonylag jó felszíni egyenlegadatokat nyerjünk a Föld bármely pontjára. Ezáltal lehetővé válna, hogy klimatológiai vizsgálatokat végezzünk.

b) A formulát egy konkrét területre alkalmazzuk és esetleg további paraméterek bevonásával még pontosabban megadjuk a közép-európai területre a légkör sugárzási egyenlegét. A légköri egyenleg különböző magasságú rétegekre való meghatározásával lehetővé válna a sugárzási paraméterek beépítése a dinamikus légköri modellekbe. Ezáltal végső soron eredményeink a szinoptikus gyakorlat szempontjából is hasznosak lehetnének.

Az utóbbi években meginduló nagyszabású nemzetközi tudományos együttműködési programok biztosítékul szolgálnak arra, hogy a jövőben kutatásainkhoz még több és jobb minőségű észlelési adat áll majd rendelkezésre.

I R O D A L O M

- Kondratyev, K. Ya. 1972: *Radiation Processes in the Atmosphere*. WMO
Major, Gy. (1973): A műholdas sugárzásháztartás vizsgálatokról. *Beszámoló az 1971-ben végzett kutatásokról*, OMSZ Hiv. Kiadv. XXXVIII. kötet, Budapest, 1974.
Major Gy. and Rimóczi-Paál, A. (1979): Atmospheric and Surface Radiation Balance as Determined from Satellite Data. *COSPAR Space Research*, Vol. XIX. 55—58.
VonderHaar, T. H. and Ellis, J. S. (1974): Atlas of Radiation Budget Measurements from Satellites (1962—1970). *Atmospheric Science PAPER No. 231*. CSU

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 83. évf. 3. szám. 1979. május—június
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 83 No. 2 May—June 1979 Budapest

Az empirikus ortogonális függvények alkalmazása az időjárás számszerű előrejelzésében

RÓTH RENÁTA, Központi Légműfizikai Intézet, Budapest

Use of Empirical Orthogonal Functions for Numerical Weather Prediction. First the necessity of the use of statistical methods for numerical weather prediction and the limits of their use are surveyed then the technique of determining the empirical orthogonal functions for meteorological data fields is discussed. This method makes possibly not only the representation of the meteorological data fields, but gives a chance to the solution of the non-linear statistical weather prediction, and besides it may be used in making a choice of analogue weather situations and it is a very useful tool when classifying the weather situations.

✱

A természetben észlelt minden folyamat és jelenség két alapvető csoportba sorolható, determinisztikus vagy sztochasztikus folyamatok csoportjába. Ami a légköri folyamatokat és jelenségeket illeti, föltételezhető, hogy a nagylép-tékű légköri mozgások alapvetően determinisztikusak. Az egyes részecskék mozgása azonban a turbulens áramban sztochasztikus. A légköri mozgások jelentős része közbeeső helyet foglal el, és mind determinisztikus, mind sztochanisztikus összetevőket tartalmaz.

E folyamatok és jelenségek előrejelzésére statisztikai előrejelzési módszerek kidolgozása vált szükségessé. Az e célra alkalmazott eljárások általános elve az, hogy a prediktorokként felhasznált megfigyelési adatok olyan lineáris kombinációját állítjuk elő, amely legkisebb négyzetes értelemben legjobban megközelíti a prediktandust.

1. A statisztikai előrejelzési módszer korlátai

A prediktandus „legjobb” reprezentációjának meghatározása a prediktorok sorozatának lineáris kombinációjaként a legkisebb négyzetek módszerével — egyszerű feladat. Legyen a prediktandus $x(t)$, és az M számú prediktor $p_1(t), p_2(t), \dots, p_M(t)$, ahol t lehet az idő, vagy valamely más, az egyik észlelésről a másikra változó paraméter. Az $M+1$ számú konstans legyen c_0, c_1, \dots, c_M , ekkor

$$x(t) = c_0 + \sum_{m=1}^M c_m p_m(t) + r(t). \quad (1)$$

Az (1) egyenlet egy előrejelzési formula $x(t)$ -re; a jobb oldalon az első két tag $x(t)$ előrejelzett értéke, míg az utolsó, a konstansok megválasztásától függő $r(t)$ tag $x(t)$ előrejelzésében a maradék vagy hiba.

Az (1) formula egyébként mind a hidrodinamikai, mind a statisztikai előrejelzési módszerekben használatos. A különbség csupán annyi, hogy a c_m

hatásfüggvényeket valamilyen G elméleti úton meghatározott függvény szolgáltatja-e, vagy empirikus úton kapjuk meg az adatok matematikai feldolgozása révén. Így az elméleti hatásfüggvényekkel analóg módon empirikus úton meghatározott súlyokat empirikus hatásfüggvényeknek nevezünk. Az (1) kifejezést, ha a koefficienseket statisztikai úton határozzuk meg, lineáris regressziós egyenletnek nevezük. Az (1) egyenletben az $M+1$ számú konstansokat kézenfekvő úgy meghatározni, hogy r^2 középértéke minimális legyen.

Feladatunk megoldásához válasszunk egy mintát, valamely mennyiség N megfigyelésből álló sorozatát. Minimalizáljuk \bar{r}^2 -et. Itt és a következőkben felülvonás jelöli valamely mennyiség N számú megfigyelésből álló minta során felvett középértékét. Legyen $p_0(t) = 1$, ekkor (1) rövidebb formában

$$x(t) = \sum_{m=0}^M c_m p_m(t) + r(t), \quad (2)$$

és

$$\bar{r}^2 = \bar{x}^2 - 2 \sum_{m=0}^M c_m \overline{p_m x} + \sum_{m,n=0}^M c_m c_n \overline{p_m p_n}. \quad (3)$$

Ahhoz, hogy \bar{r}^2 minimális legyen, a $\partial \bar{r}^2 / \partial c_m$ deriválnak el kell tűnnie m minden értékénél, azaz

$$\sum_{n=0}^M \overline{p_m p_n c_n} = \overline{p_m x}, \quad m = 0, \dots, M. \quad (4)$$

A (4) egyenletek $M+1$ számú egyenlet sorozatát adják, amelyekben $M+1$ számú ismeretlen c_m van. Így ezek standard számszerű módszerekkel megoldhatók. (4) és (2)-ből fontos összefüggések következnek:

$$\overline{p_m r} = 0 \quad m = 0, \dots, M \text{ esetén.} \quad (5)$$

(5) és (2)-ből viszont a (4) egyenletek következnek. Így akár az (5) egyenletek, akár a (4) egyenletek önmagukban szükséges és elégséges feltételei annak, hogy \bar{r}^2 minimális legyen, és hogy (1) vagy (2) a „legjobb” előrejelzési formula legyen $x(t)$ -re.

Gyakran olyan előrejelzési formula alkalmazása a megfelelőbb, amely x és p_m középértékektől vett eltérését tartalmazza:

$$x^*(t) = \sum_{m=1}^M c_m p_m^*(t) + r(t), \quad (6)$$

ahol a csillag jelöli egy mennyiség eltérését a minta számtani közepétől.

Mivel (6) és (2) között formális analógia áll fenn, a (4) és (5) analóg összefüggések is megmaradnak. Így az egyenletrendszer

$$\sum_{n=1}^M \overline{p_m^* p_n^* c_n} = \overline{p_m^* x^*} \quad m=1, \dots, M, \quad (7)$$

és

$$\overline{p_m^* r} = 0 \quad m=1, \dots, M. \quad (8)$$

Az egyenletek mindegyike szükséges és elégséges feltétele annak, hogy \bar{r}^2 minimális legyen. A gyakorlatban az M számú (7) egyenletek gyakran használatosak az $M+1$ számú (4) egyenletek helyett a c_m konstansok meghatározásához.

(6) és (8)-ből következik, hogy

$$\bar{r}^2 = \bar{x}^{*2} - \left(\sum_{m=1}^M c_m p_m^* \right)^2 \quad (9)$$

Jobb oldalon az első kifejezés a prediktandus varianciája, míg a bal oldali kifejezés a hiba varianciája, vagyis a meg nem magyarázott variancia. Végül az utolsó tag az előrejelzett érték varianciája, azaz x varianciájának a prediktorok által „megmagyarázott” összege, és ennek a kifejezésnek az x^{*2} -sal képezett aránya a variancia redukciója. Ezt az arányt gyakran alkalmazazzák az előrejelzés bevéálásának mértékeként.

(7)-ben a $p_m^* p_n^*$ és $p_m^* x^*$ mennyiségek idő szerinti kovarianciák, amelyek azonban inkább a mintavételre jellemzők, mint a populációra. Mindennapos megfigyelés, hogy a kovarianciák jelentősen eltérnek egyik mintavételtől a másikra, és így a mintavételtől a populációra. Ebből következik, hogy a koefficiensek is függenek az adott mintavételtől. Az a legjobb előrejelzési formula, amelyet a mintavételre határoztunk meg, nem lesz a legjobb formula az egész populációra.

Az egész populációra legjobb formula a legjobb mintavételi formulának az a határeset, amikor a mintavétel terjedelme megközelíti a végtelent. Ilyen határeset nem szükségképpen létezik, sőt ha létezik sem határozhatjuk meg adatok hiányában.

Az előrejelzési formulánk mintavétel alapján történő kiválasztásakor fel-lépő legnyilvánvalóbb veszély, hogy egy formula, amely jónak tűnik a mintavételre, gyengének bizonyul a populációra. A kevésbé nyilvánvaló, de ugyanolyan komoly veszély, hogy egy, a populációra jó formula elkerülheti a figyelmet. Teljesen nem tudjuk kikerülni ezeket a veszélyeket, de meg kell kísérelnünk lehetőség szerint csökkenteni előfordulásuk valószínűségét.

A legkézenfekvőbb módja a mintaválasztásban rejlő veszélyek csökkentésének, növelni a mintavétel terjedelmét. Amikor ez nem lehetséges, elkerülhetetlen, hogy a prediktorok számát korlátozzuk. A továbbiakban e cél megvalósítására alkalmas módszer problémája kerül előtérbe.

Talán legegyszerűbb mód a prediktorok számának korlátozására, ha eleve csak kisszámú prediktort választunk. Néha azonban a fontosnak vélt prediktorok száma nem elegendően kicsiny. Olyan módszer kialakítása kívánatos, amely kisszámú mennyiséggel képes egy térképet, vagy a térképek egy sorozatát reprezentálni.

2. A prediktorok sorozatának reprezentációja

A prediktorok számának redukálására szolgáló módszer a prediktorok eredeti sorozatát új mennyiségek lineáris kombinációinak sorozatával approximálja. Ekkor az új mennyiségeket alkalmazzuk prediktorokként. Feladatunk az alkalmas új mennyiségek meghatározása.

Adva van az M prediktorok $p_1(t), \dots, p_m(t)$ sorozata, amelyek mindegyikét N esetben figyelték meg. A prediktorok varianciájának összege, vagy teljes varianciája

$$V = \sum_{m=1}^M \overline{p_m^2}. \quad (10)$$

A prediktorok egy sorozatát képezhetik például egy meteorológiai mező (vagyis egy térkép) elemeinek diszkrét pontokban felvett értékei. A mezők

meghatározott összességét (elvben) tehát a $p_m(t)$ függvényekkel írhatjuk le ahol t az idő, melynek diszkrét értékei

$$t = 1, 2, 3, \dots, N,$$

m pedig a paraméter koordináta

$$m = 1, 2, 3, \dots, M.$$

A $p_m(t)$ függvény számtáblázatos formában

$$\left\{ \begin{array}{cccc} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1M} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{N1} & P_{N2} & \dots & P_{NM} \end{array} \right\} \quad (11)$$

ahol az indexek a t és m változók értékeinek felelnek meg. A táblázat mindenegyres sora mezőnk állapotát írja le egy bizonyos időpillanatban. A mezők összessége alapján keressük azokat az y_{km} függvényeket, melyek a $q_k(t)$ koefficiensekkel létrehozzák a

$$p_m(t) = \sum_k (q_k t) y_{km} \quad (12)$$

felbontást.

Bármilyen felbontási eljárást is választanánk, az adott meteorológiai mezőt mesterségesen bontjuk összetevőire, amely összetevőknek önmagukban csak kicsiny fizikai jelentőségük van, vagy esetleg egyáltalán nincs. Vonatkozik ez elsősorban a *Csebüsev* polinomok vagy a trigonometrikus függvények alapján történő felbontásokra. Hogy csökkentjük a mesterségeség hatását a (12) formula szerint olyan összetevők meghatározásával kísérletezünk, melyeket a meteorológiai mezők meghatározott egymásrakövetkezése állít elő. Ezért az összetevőket a továbbiakban természetes összetevőknek, saját függvényeknek vagy empirikus függvényeknek nevezzük.

Az ismeretlen y_{km} függvények (és következképpen a $q_k(t)$ függvények) meghatározásához a következő feltételezést tesszük: a mezők adott összességének mindenegyres pontjára a felbontási hibák négyzetösszegének, azaz az

$$R = \sum_t \sum_m [p_m(t) - \sum_k q_k(t) y_{km}]^2 \quad (13)$$

kifejezésnek fix k esetén minimuma kell legyen. Más szóval az ismeretlen y_{km} és $q_k(t)$ függvényeket keressük olyan feltétel mellett, hogy a (13) felbontás a legkisebb négyzetek módszere értelmében legjobban adja vissza a mezők adott összességét bizonyos véges és fix számú tag esetén.

Az y_{km} függvények megadása a függvény $y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kM}$ értékeinek megadását jelenti az $m = 1, 2, \dots, M$ pontokban. Ugyanúgy a $q_k(t)$ függvény megadása a függvény $q_{k1}, q_{k2}, \dots, q_{kN}$ értékeinek megadását jelenti a $t = 1, 2, \dots, N$ pontokban. A jelölések tehát a következők

$$\begin{aligned} p_m(t) &= p_{ij} & (i = 1, 2, \dots, N) \\ y_{km} &= y_{kj} & ; j = 1, 2, \dots, M) \\ q_k(t) &= q_{ki} & (k = 1, 2, \dots). \end{aligned}$$

Ekkor a (13) formula új alakja

$$R = \sum_i \sum_j [p_{ij} - \sum_k q_{ki} y_{kj}]^2. \quad (14)$$

A k szerinti szummázások felső határát mindaddig elhagyjuk, amíg az nincs meghatározva.

Kezdetben csak az y_{1m} és a $q_i(t)$ függvényeket keressük.

$$R = \sum_i \sum_j p_{ij} - 2 \sum_i \sum_j p_{ij} q_i y_j + \sum_i q_i^2 \sum_j y_j^2.$$

A $k=1$ -nek megfelelő indexet elhagyjuk.

A q_i és az y_j értékeket olyan változókként tekintve, amelyek meghatározzák az R kifejezés értékét, a minimum feltétel

$$\frac{\partial R}{\partial q_i} = -2 \sum_j p_{ij} y_j + 2 q_i \sum_j y_j^2 = 0$$

$$\frac{\partial R}{\partial y_j} = -2 \sum_i p_{ij} q_i + 2 y_j \sum_i q_i^2 = 0.$$

Ezek egyúttal azok az egyenletek, amelyekből a q_i és y_j ismeretleneket meg kell határozni.

$$\begin{aligned} \sum_j p_{ij} y_j &= q_i \sum_j y_j^2 & (i = 1, 2, \dots, N) \\ \sum_i p_{ij} q_i &= y_j \sum_i q_i^2 & (j = 1, 2, \dots, M). \end{aligned} \quad (15)$$

A (15) egyenletrendszer $M+N$ egyenletből áll $M+N$ ismeretlennel. Az első típusú egyenletek segítségével könnyen kiszámíthatók a q ismeretlenek.

$$q_i = \frac{\sum_h p_{ih} y_h}{\sum_h y_h^2}. \quad (16)$$

Visszahelyettesítve ezt a kifejezést (15) második egyenlet egyenletébe

$$\sum_h y_h \sum_i p_{ij} p_{ih} = y_j \sum_i q_i^2 \sum_j y_j^2. \quad (17)$$

Ez a keresett egyenletrendszer az ismeretlenek meghatározására. Hogy megszüntessük az egyenletrendszer nemlineáris voltát, vezessük be a

$$\lambda = \frac{1}{N} \sum_i q_i^2 \sum_j y_j^2 \quad (18)$$

és az

$$A_{jh} = \frac{1}{N} \sum_i p_{ij} p_{ih} \quad (19)$$

jelöléseket. Az A_{jh} értékek a mezők meghatározott egymásrakövetkezésének korrelációs momentumai, az $m=j$ és $m=h$ pontokra a térbeli kovarianciák. A korrelációs mátrix

$$\begin{aligned} &A_{11} \ A_{12} \ \dots \ A_{1M} \\ &A_{21} \ A_{22} \ \dots \ A_{2M} \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ &A_{M1} \ A_{M2} \ \dots \ A_{MM} \end{aligned} \quad (20)$$

négyzetes és szimmetrikus. A bevezetett jelölésekkel a (17) rendszer

$$\sum_h A_{jh} y_h = \lambda y_j \quad (j=1,2,\dots,M) \quad (21)$$

vagy

$$\begin{aligned} (A_{11} - \lambda) y_1 + A_{12} y_2 + \dots + A_{1M} y_M &= 0 \\ A_{21} y_1 + (A_{22} - \lambda) y_2 + \dots + A_{2M} y_M &= 0 \\ \dots & \\ \dots & \\ A_{M1} y_1 + A_{M2} y_2 + \dots + (A_{MM} - \lambda) y_M &= 0. \end{aligned} \quad (22)$$

Így az y_j ismeretlenek meghatározásának feladatát homogén lineáris egyenletrendszer megoldására vezettük vissza. Az ilyen rendszereknek csak akkor vannak 0-tól különböző megoldásai, ha a rendszer determinánsa zérus, azaz

$$\begin{vmatrix} A_{11} - \lambda & A_{12} & \dots & A_{1M} \\ A_{21} & A_{22} - \lambda & \dots & A_{2M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{M1} & A_{M2} & \dots & A_{MM} - \lambda \end{vmatrix} = 0, \quad (23)$$

vagyis

$$|A - \lambda E| = 0,$$

ami a mátrix karakterisztikus egyenlete. Ez egyetlen ismeretlent, λ -t tartalmazza. (23)-at kifejtve a karakterisztikus egyenlet λ -ra vonatkozó M -edrendű szokványos algebrai egyenlet alakját kapjuk

$$\lambda^M - z_{M-1} \lambda^{M-1} - z_{M-2} \lambda^{M-2} - \dots - z_1 \lambda - z_0 = 0. \quad (24)$$

Az egyenletnek M megoldása van, $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_M$, az A mátrix ún. saját (vagy karakterisztikus) tagjai, melyeket mindig csökkenő nagyságúnak tételezünk fel. Feltételezve továbbá, hogy a (21) rendszerben $\lambda = \lambda_1$, majd $\lambda = \lambda_2$ és így tovább, a feladat M különböző megoldását kapjuk

$$\begin{aligned} y_{11} y_{12} \dots y_{1M} & \quad (\lambda_1\text{-re}) \\ y_{21} y_{22} \dots y_{2M} & \quad (\lambda_2\text{-re}) \\ \dots & \\ \dots & \\ y_{M1} y_{M2} \dots y_{MM} & \quad (\lambda_M\text{-re}). \end{aligned}$$

A megoldások mindegyikét az $\{A\}$ korrelációs mátrix saját vektorának nevezzük. Az y_{km} saját vektorokhoz most meghatározhatjuk a $q_k(t)$ időtől függő koefficienseket

$$q_{ki} = \frac{\sum_h p_{ih} y_{kh}}{\sum_h y_{kh}^2}. \quad (25)$$

Az így kapott M számú megoldást (12) összetevőinek foghatjuk fel, ami azt jelenti, hogy előállítottuk a $p_m(t)$ függvény felbontását.

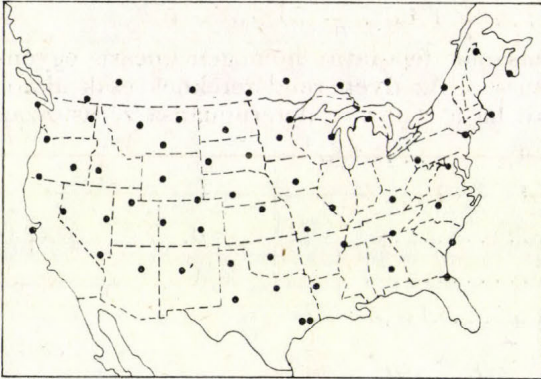
Gondolatmenetünket ki kell egészítenünk azzal, hogy az általános mátrix elmélet szerint a szimmetrikus mátrixok saját vektorai ortogonális rendszert képeznek, azaz

$$\sum_j y_{kj} y_{gj} = 0. \quad (k \neq g) \quad (26)$$

Ha a (12) formula mindkét oldalát y_{gm} mel megszorozzuk és y szerint szummázzuk, megkapjuk a $q_g(t)$ függvényeket. Könnyen belátható, hogy ennek a műveletnek az eredményeként a (25) formulához jutunk.

Ha a (20) korrelációs mátrix saját mátrix, azaz rangja M -nél, a mező pontjainak számánál kisebb, az y_{km} függvények száma kisebb lesz M -nél.

Ha, amint azt már feltételeztük, a $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ saját értékek csök-



1. ábra. A vizsgált 64 állomás
Fig. 1: The 64 stations used in the study

kenő sort alkotnak, akkor minél nagyobb k , a (12) formulában levő összetevő sorszáma, annál kisebb a „súlya”. Ha a λ_k számok csökkenése elegendően gyors, akkor a (12) formulában igen kisszámú összetevő figyelembevétele elegendő, ha közelítő eredményt akarunk kapni. A felbontás fő előnye az, hogy a mező állapotáról szóló alapvető információ kevés számú összetevőben koncentrálódik, úgy hogy ezek az összetevők a megkívánt módon a lehető legjobban megfelelnek a vizsgált kiindulási mezők karakterének, azaz visszaadják azokat.

Lássuk most, hogy ez az eljárás megoldja-e azokat a problémákat, amelyeket az előzőekben felvázoltunk. A prediktorok száma csökkent, úgy hogy a várható variancia redukció és a várható hiba redukció közötti eltérés csökkent.

A p prediktorok mindegyike nagy valószínűséggel tartalmaz bizonyos „zajt”. Itt a „zajt” szélesebb értelemben használjuk, beleértve nemcsak a megfigyelési hibákat, de egy prediktor valamely tulajdonságát is, amely csak kevésbé, vagy egyáltalán nincs kapcsolatban a prediktorok szóban forgó szerepével. Például bizonyos vizsgálatokban „zajnak” tekintünk egy izolált zivatart kísérő nyomás anomáliát.

Azokat a q összetevőket, amelyekhez kis varianciák tartoznak, úgy tekinthetjük, mint a prediktorokra vonatkozó lineáris approximációs egyenletekben a kis maradékot. Valószínű, hogy ezek csaknem kizárólag zajból állnak. Valamelyes valószínűsége mégis van annak, hogy ezeknek a kis varianciájú q összetevőknek némelyike erősen korrelál majd a prediktandussal a mintavételre, és így nagy koeficienssel szerepel az előrejelzési formulában. Ez nagy hibákhoz vezethet, ha a formulát független mintavételre alkalmazzuk. A hibákat egyszerűen kiküszöbölhetjük, ha ezeket a q összetevőket nem használjuk prediktorokként.

Ezek a meg gondolások nem vonatkoznak a nagy varianciával rendelkező q összetevőkre, bár ezek is ugyanannyi zajt tartalmazhatnak, mint a többi q összetevő, teljes varianciájukhoz képest azonban ez jóval kisebb. Így ezek jobban reprezentálják a prediktorok sorozatának valódi fizikai sajátosságait és az általuk involvált reális fizikai összefüggéseknek meg kell mutatkozni mind a mintavételre, mind a populációra.

Várható, hogy ha a mintavétel korlátozott méretű, az első néhány k számú q összetevőn alapuló előrejelzési formula magasabb hiba-redukciót, azaz

I. TÁBLÁZAT — TABLE I

Az első tizenhat, illetve az első nyolc összetevő információtartalma
The information of the first sixteen and the first eight components

k	1949—1953		1947—1948	
	variancia	kumulatív variancia	variancia	kumulatív variancia
1	.302	.302	.239	.239
2	.170	.472	.247	.513
3	.127	.599	.109	.622
4	.117	.716	.125	.747
5	.076	.792	.038	.785
6	.060	.852	.071	.856
7	.036	.888	.033	.889
8	.022	.910	.023	.912
9	.014	.914		
10	.013	.937		
11	.008	.945		
12	.007	.952		
13	.005	.957		
14	.005	.962		
15	.004	.966		
16	.004	.970		

jobb eredményt fog szolgáltatni, mint egy, a populációban levő összes M számú q összetevőre alapozott formula, annak ellenére, hogy esetleg nem eredményezett túl magas variancia redukciót az eredeti mintára.

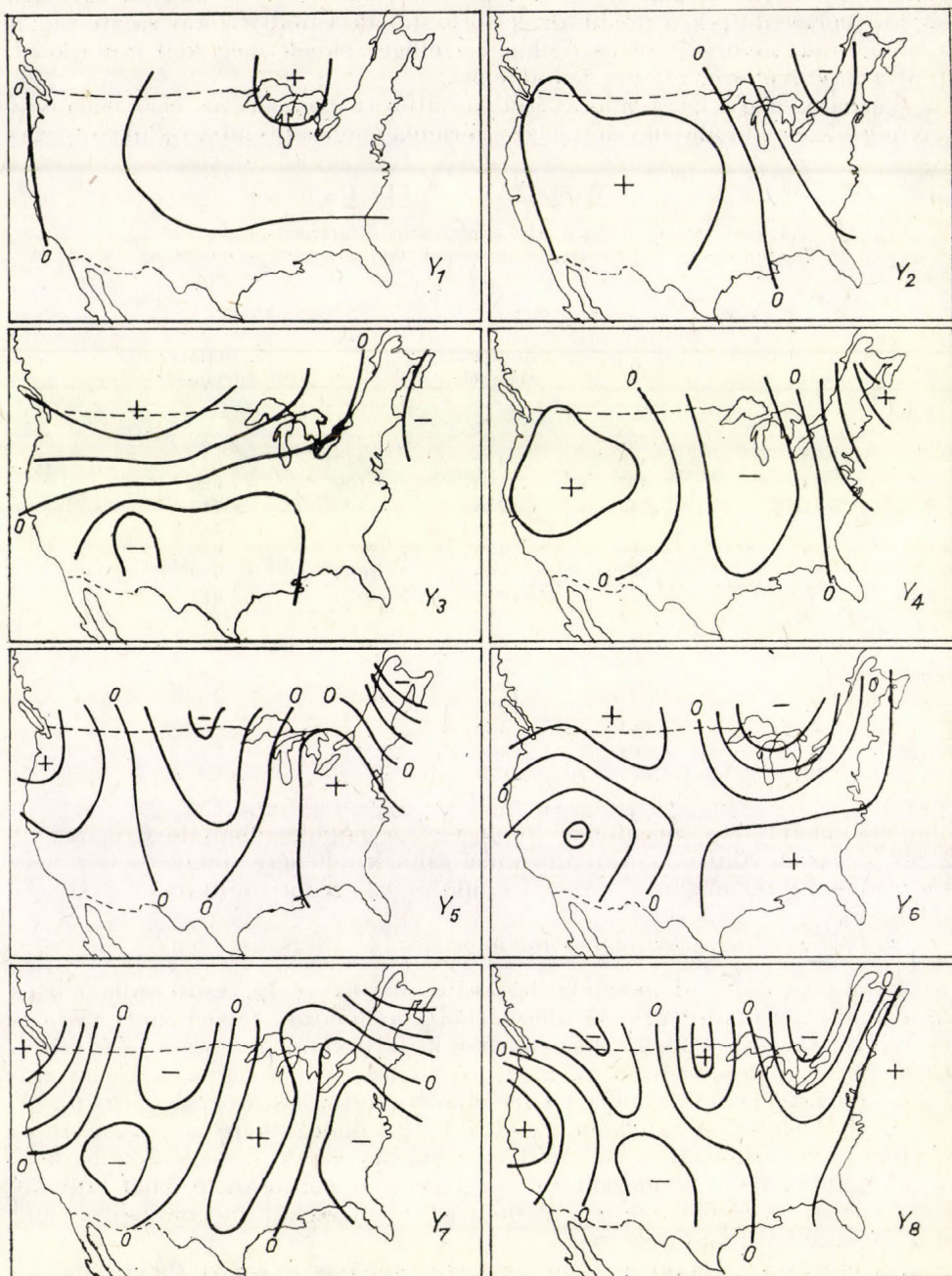
3. Időjárás helyzetek reprezentációja

Bemutató példánkban a használt adatok az Egyesült Államok és Dél-Kanada területére egy 64 állomásból álló hálózat tengersizinti nyomás értékei voltak, az 1949—1953-as februárok folyamán, 1230 z -re (1. ábra). A 64 darab p prediktorból az első 16 q összetevő varianciáit és az első 8 y és q értékeket az előzőkben leírt eljárás szerint határozták meg [6].

Az I. táblázat tartalmazza az első 16 q mindegyikére a varianciát és a kumulatív varianciát a 64 prediktor varianciáinak összegére vonatkoztatva. Látnivalóan a nyomásmezőt meglehetősen pontosan le lehet írni kis számú q -val; az első nyolc q a variancia 91 százalékát meghatározza, míg 16 q 97 százalékot határoz meg.

Az első 8 q összetevőt mind az 1949—1953-as februári függő adatokból, mindpedig független mintára is kiszámolták. Az új minta az 1947—48-as februárok megfelelő adataiból állt. A négyzetes közepek alapján az első 8 q összetevő ismét a térkép 91 százalékát határozta meg.

A 2. ábrán az első 8 y térbeli függvény látható. Figyelemre méltó sajátosság, hogy ahogy y indexe növekszik, a patterneknben a hullámhosszak a



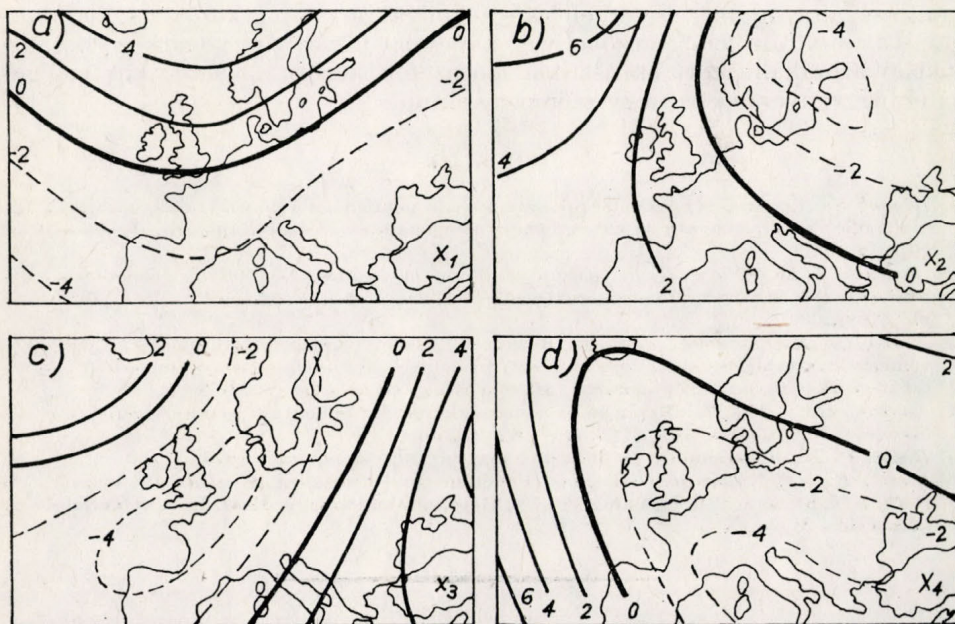
2. ábra. Az $y_1 \dots y_8$ térbeli empirikus ortogonális függvények térképei a februári tengerszinti légnyomás alapján — Fig. 2: Maps of the empirical orthogonal functions of space $y_1 \dots y_8$ on the basis of the sea-level pressure fields of February

csökkenés felé tendálnak. Az az információ tehát, amelyet az első néhány q tartalmaz, elsősorban a nagyobb térségű sajátosságokra vonatkozik. Ezek a q összetevők úgy tekinthetők, mint cirkulációs indexek. Az az elhanyagolható információ, amelyet a későbbi q összetevők tartalmaznak, főleg a kisebb skálájú sajátosságokra vonatkozik. Ezek olyan léptékű turbulenciának tekinthetők, ami csak valamivel nagyobb skálán játszódik le, mint azok a jelenségek, amelyek a megfigyelő állomások között elvesznek. A nagy varianciával rendelkező q összetevők cirkulációs indexként történő értelmezhetősége

II. TÁBLÁZAT – TABLE II

Az első négy sajátvektor információtartalma
The information of the first four components

i	Évek	nyomás		hőmérséklet	
		$\lambda_i / \sum \lambda_i$	$\frac{i}{\sum \lambda_i} \sum \lambda_i$	$\lambda_i / \sum \lambda_i$	$\frac{i}{\sum \lambda_i} \sum \lambda_i$
1	1968	44,5	—	70,5	—
	1963–68	49,0	—	68,5	—
2	1968	19,0	63,5	19,0	89,5
	1963–68	18,8	67,8	19,3	87,8
3	1968	15,2	78,7	4,4	93,9
	1963–68	12,0	79,8	5,3	93,1
4	1968	8,5	87,2	2,8	96,7
	1963–68	10,0	89,8	3,1	96,2



3 ábra. Az $y_1 \dots y_4$ térbeli empirikus ortogonális függvények a pentád nyomásmezők alapján
Fig. 3: Maps of the empirical orthogonal functions of space $y_1 \dots y_4$ on the basis of five-day-mean pressure fields

alátámasztja, hogy alkalmasnak ítéljük ezeket arra is, hogy prediktorokként szerepeljenek.

Az idézett eredményekkel összhangban állnak azok a tapasztalatok, amelyeket *Koppány Györggyel* végzett hazai vizsgálataink során [3, 4] szereztünk. A *II. táblázatban* látható, hogy az általunk végrehajtott felbontásnál az első 4 sajátvektor információtartalma a nyomási mező esetében 89,8, a hőmérsékleti mezőnél 96,2 százalék volt. A *3. ábrán* markánsan megmutatkozik a kisebb súlyú sajátvektorok esetében a cellás szerkezet uralomra jutása.

4. Az empirikus ortogonális függvények további alkalmazásai

Az empirikus ortogonális függvények lehetséges felhasználási módjai az időjárás előrejelzésében messze felülmúlják azt a partikuláris célt, amelyre ezeket elsődlegesen alkalmazták, nevezetesen, hogy a prediktorok hálózatát egy kisebb hálózattal specifikáljuk. Az empirikus ortogonális függvények nagy reményekre jogosítanak a nemlineáris statisztikai előrejelzés megoldásának kérdésében, jól alkalmazhatók a dinamikai előrejelzési technikában, használhatók analógiák kiválasztására és időjárási típusok meghatározására.

A felbontásnál nyert sajátvektorok földrajzi – fizikai értelmezését, vagyis az időjárás ezek alapján történő tipizálására irányuló törekvéseket illetően eltérőek a vélemények. *Lorenz* és *Bagrov* egyértelműen alkalmazhatónak ítélik ezt az eljárást [1, 6], míg például *Jugyinnak* elvi fenntartásai vannak. Munkánk során arra a meggyőződésre jutottunk, hogy a nyert sajátvektorok fizikai értelmezése igen meggyőző és a tipizálás ma is aktuális problémakörében jól alkalmazható.

A közeljövőben a műholdképek alapján a felhőzeti mező szerkezeti sajátosságaira, időbeli és térbeli változékonyságára vonatkozó vizsgálatainkban, valamint a nyomásmezővel való kapcsolat feltárására vonatkozó kutatásokban az alkalmazott statisztikai módszerek között az empirikus ortogonális függvényeknek is nagy szerepet szánunk.

IRODALOM

- [1] *Bagrov, N. A.*: Analiticheszkije predsztavlenyje poszledovatyelnosztyi metyeorologiceszkije poljeje poszredsztvom jesztesztvennih ortogonalnih szosztavljajuscih. *Trudy CIP-a*, vüp. 74. 1959
- [2] *Craddock, J. M.* – *Flood, C. R.*: Eigenvectors for representing the 500 mb geopotential surface over the Northern Hemisphere. *Quarterly Journal of Meteorological Society*, (1969), 95. pp. 576 – 593.
- [3] *Adámly L.* – *Koppány Gy.* – *Róth R.*: Razlozszenyje metyeorologiceszkih poljeje po jesztesztvennim szosztavljajuscim i vozmozsoszty primenyenija predlagajemovo metoda pri szosztavlenijii dolgozrocsnih prognoszov. *Meteorologija i Gidrologija* (1972) N° 1.
- [4] *Koppány Gy.* – *Róth R.*: Nyomás- és hőmérsékletmezők felbontása természetes ortogonális összetevőkre, *Időjárás*, 76. évf. 3. sz., 1972. 133. o.
- [5] *Bjelov, P. N.*: Csizlennüje metodü prognoza pogodü, Leningrád, 1975.
- [6] *Lorenz, E. N.*: Empirical Orthogonal Functions and Statistical Weather Prediction. *Sci. Rept. N°1*, Statistical Forecasting Project, Dept. of Meteorology, Mass. Inst. of Technology, Cambridge, Mass.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 83. évf. 3. szám. 1979. május—június
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 83 No. 3 May—June 1979 Budapest

Statisztikai „törvényszerűségek” Debrecen hőmérsékleti adataiban

SIPOS VIKTOR, Közlekedési Vállalat, Debrecen

Statistical Regularities in the Temperature Data of Debrecen. The time series of the mean temperature at Debrecen for the period 1853—1960 is analysed from several aspects. The averages and the standards deviations of the monthly mean temperatures are determined, and the frequency distribution of anomalies of different magnitudes is examined. For every month, the correlation between the mean temperatures in consecutive years is computed and it is shown that no real correlation exists for any of the months, in other words the mean temperatures of the individual months in consecutive years can be regarded as being independent from each other. Having proved this, the author determines, using the binomial distribution, the probability of an anomaly of a given magnitude occurring k times in n consecutive years. The calculations are made for $n = 5$ and for 5 anomaly intervals.

*

A különböző években az egyes hónapok átlagos hőmérsékleteinek alakulása semmiféle határozott, egyértelmű szabályosságot nem mutat, azaz nincs megbízható szabály arra nézve, hogy pl. egy átlagos január után a következő év januári középhőmérsékletére szintén átlagos érték, vagy az átlagostól lényegesen eltérő érték várható-e inkább? Így egy-egy hónap középhőmérsékletei az évek folyamán lényegében véletlen ingadozásokat mutatnak, tehát valószínűségi változónak foghatók fel. Ennek alapján a havi középhőmérsékletek alakulása valószínűség-számítási módszerekkel célszerűen vizsgálható és több, általános jellemző statisztikai „szabályosság” állapítható meg. A megállapított statisztikai törvényszerűségek jellemzők az időjárásunkra és ennek alapján bizonyos valószínűséggel tájékoztató jellegű következtetéseket lehet levonni az elkövetkező évekre is. Természetesen nem távprognosztikai vizsgálá-

latról van szó, de a megállapított statisztikai törvényszerűségek feltételezhetően érvényesek a következő évekre is, és a törvényszerűségek felhasználásával számítások végezhetők pl. arra vonatkozóan, hogy egy 5 éves időszakban milyen valószínűséggel várható 4-szer átlagos december stb.

A számításokat Debrecen 1853—1960. évi adataira végeztük. A számításokhoz föl kell tételnie, hogy a rendelkezésre álló 108 éves időszakban az egyes hónapok középhőmérséklete a 108 éves átlag körül véletlen ingadozásokat mutat, a havi középhőmérsékletek változása a vizsgált időszak folyamán nem mutat határozott tendenciát, a statisztikai jellemzők — várható érték, szórás (empirikus szórás) — megbízhatóan jellemzik az adatokat, az adatok alapján számított relatív gyakoriságok jól megközelítik a valószínűségeket.

Ezen föltevések mellett az ismertetendő számítások nemcsak a havi

I. TÁBLÁZAT

Hónap	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Átlag °C	-2,4	-0,8	4,4	10,8	16,1	19,6	21,6	20,5	16,3	10,6	4,4	-0,2
Empirikus szórás	3,2	3,0	2,3	1,9	1,8	1,5	1,3	1,3	1,6	1,8	2,3	2,8

középhőmérsékletekre, hanem egyéb időjárási elemekre (pl. napfénytartam, szélút, csapadékos napok száma stb.) is elvégezhető, amennyiben fennáll a véletlenszerűség.

A számítások elvégzése céljából először meg kell határozni a havi középhőmérsékletek 108 éves átlagát, valamint az empirikus szórást. Ezek értékeit az I. táblázat tartalmazza. A táblázatból látható az a közismert tapasztalati tény, hogy a téli hónapokra nagyobb a szórás értéke, mint a nyári hónapokra, vagyis a nyári hónapok hőmérséklete „kiegyensúlyozottabb”, mint a téli hónapoké és ezért a téli hónapok középhőmérsékletére inkább várhatók a nagyobb szélsőségek, mint a nyári hónapokra.

A szóban forgó időszak (1853 – 1960) havi középhőmérsékleteinek a vizsgálata alapján az is megállapítható, hogy a téli hónapokban (X – III.) több az

átlagtól való pozitív eltérés, amiből következik, hogy az előforduló negatív eltérések nagyobbak, míg a nyári hónapokban (augusztus kivételével) fordítva van.

A további elemzések céljából a havi középhőmérsékletek átlagtól való eltéréseinek gyakoriságát az eltérések nagysága szerint csoportosítva vizsgáljuk. Az adatokat a II. táblázat tartalmazza. E táblázat a) – e) oszlopában rendre az első rovatban az abszolút gyakoriságok, a második rovatban a relatív gyakoriságok vannak. A hivatkozások megkönnyítése céljából jelöljük az egyes hónapok középhőmérsékleteinek 108 éves átlagát x_i -vel ($i=1, 2, \dots, 12$), az egyes években előforduló havi középhőmérsékleteket x_{ij} -vel ($i=1, 2, \dots, 12$), ($j=1, 2, \dots, 108$). Így a havi középhőmérsékleteknek az átlagtól való eltérése $=x_{ij} - x_i$.

II. TÁBLÁZAT

	a)		b)		c)		d)		e)	
	$|x_{ij} - \bar{x}_i| \leq 2$		$2 < x_{ij} - \bar{x}_i \leq 4$		$-4 \leq x_{ij} - \bar{x}_i < -2$		$x_{ij} - \bar{x}_i > 4$		$x_{ij} - \bar{x}_i < -4$	
	g y a k o r i s á g									
	absz.	rel.	absz.	rel.	absz.	rel.	absz.	rel.	absz.	rel.
Jan.	51	0,47	27	0,25	10	0,09	5	0,04	15	0,14
Febr.	61	0,56	21	0,19	7	0,06	7	0,06	12	0,11
Márc.	62	0,57	17	0,16	20	0,19	3	0,03	6	0,06
Ápr.	71	0,66	17	0,16	19	0,17	1	0,01	0	0,00
Máj.	76	0,70	20	0,19	7	0,06	1	0,01	4	0,04
Jún.	85	0,79	8	0,07	14	0,13	1	0,01	0	0,00
Júl.	96	0,89	7	0,06	5	0,05	0	0,00	0	0,00
Aug.	95	0,88	7	0,06	6	0,06	0	0,00	0	0,00
Szept.	86	0,80	10	0,09	11	0,10	0	0,00	1	0,01
Okt.	78	0,72	13	0,12	13	0,12	2	0,02	2	0,02
Nov.	67	0,62	18	0,17	13	0,12	2	0,02	8	0,07
Dec.	62	0,57	17	0,16	9	0,08	10	0,09	10	0,09

Ha a relatív gyakoriságokat elfogadjuk az „esemény” bekövetkezése valószínűségének, akkor a *II. táblázat* „relatív gyakoriságok” rovatában levő számok azt mutatják meg, hogy milyen valószínűséggel várható, hogy egy hónap középhőmérséklete az átlag körüli legyen, vagy az átlagtól való eltérés 2–4 °C közt legyen stb. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a relatív gyakoriságok csak közelítéssel vehetők egyenlőnek a valószínűséggel, hiszen nyilvánvaló, hogy pl. annak valószínűsége, hogy a júliusi középhőmérséklet az átlagnál 4 °C-kal magasabb legyen, 0-nál nagyobb (nem lehetetlen esemény), holott *II. táblázat d)* oszlopa szerint a relatív gyakoriság 0.

A számadatok alátámasztják a megfigyelést, ami a szórás vizsgálatánál már megállapítható volt, hogy a téli hónapokban gyakoribbak a szélsőségek, mint a nyári hónapokban.

A továbbiakban azt vizsgáljuk, hogy a kijelölt n éves időszakban külön-külön az egyes hónapokra vonatkozóan, milyen valószínűséggel vesz fel az $x_{ij} - x_i$ különbségek k esetben olyan számértéket, amely adott intervallumba esik ($k=0,1,2 \dots n$)? Az adott intervallumokat jelöljük ki a *II. táblázatnak* megfelelően. Legyen továbbá (célszerűségi okok miatt) $n=5$ év. Ekkor azt határozzuk meg, hogy egy 5 éves időszakra milyen valószínűséggel várható, hogy egy hónap középhőmérsékletének az átlagtól való eltérése k -szor legyen a $[-2; +2]$, $(2;4]$, $[-4; -2]$, $(-\infty; -4)$, $(+4; +\infty)$ intervallumokban.

A számítások elvégzése céljából tekintsük egy ξ_n valószínűségi változónak azoknak az eseteknek a számát, amelyeknél az $x_{ij} - x_i$ különbség a megadott intervallumba esik. Amennyiben az egyes hónapok középhőmérsékletei a különböző években véletlenszerűen vesznek fel a szóban forgó intervallumokba eső értékeket, akkor

ξ_n binomiális eloszlású. Ennek indokolására meg kell vizsgálni, hogy az egyes hónapok középhőmérsékletei között az egymás utáni években (1853. január, 1854. január stb.) van-e kapcsolat?

E célból tekintsük egy-egy hónap középhőmérsékletét valószínűségi változónak és jelöljük η_j^i -vel (ahol $i=1,2, \dots, 107$. a vizsgált évek számának megfelelően és $j=1,2, \dots, 12$ a hónapok szerint: tehát η_1^j jelenti a januári középhőmérsékletet az 1,2, .. 107. évben stb).

Definiáljuk továbbá a ζ_k^j valószínűségi változót ($j=1,2, \dots, 12$ a hónapokat jelöli, $k=1,2, \dots, 107$, az évekre utal) a következőképpen: $\zeta_k^j = \eta_{i+1}^j$. Tehát ζ_k^j jelenti a kérdéses hónap középhőmérsékletét az i -edik év utáni évben. Így a két valószínűségi változó kapcsolata, vagy függetlensége az egymás utáni évek azonos hónapjai középhőmérsékletének kapcsolatát, vagy függetlenségét határozza meg.

Ennek megállapítása céljából vizsgáljuk meg η és ζ valószínűségi változóakra a korrelációs együtthatót! Ha η_i^j és ζ_k^j lehetséges értékeit x_i , illetve y_1 -vel, az átlagokat pedig \bar{x} , illetve \bar{y} -nal jelöljük (minden hónapra külön-külön), akkor a korrelációs együttható:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{107} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{107} (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{107} (y_i - \bar{y})^2}}$$

(ahol az előzők szerint $y_i = x_{i+1}$ bármely i -re). A korrelációs együttható értékét meghatározva, az alábbi értékeket kapjuk:

Jan.	-0,02	Júl.	+0,05
Feb.	+0,15	Aug.	+0,16
Márc.	-0,02	Szept.	+0,13
Ápr.	-0,03	Okt.	+0,02
Máj.	+0,12	Nov.	+0,04
Jún.	0,00	Dec.	-0,10

Mint látható, a korrelációs együtthatónak az abszolút értéke egyik esetben sem adódik 0,16-nál nagyobb-nak (többnyire 0,1 alatt van), így a két valószínűségi változó — az egymás utáni években az egyes hónapok középhőmérsékletei — lényegében egymástól függetlennek tekinthetők.

A vizsgált ξ_n valószínűségi változó eloszlására vonatkozóan végezzük el még a következő számításokat:

Határozzuk meg az egyes hónapok középhőmérsékletei alapján ξ_n értékeinek számtani közepét (ξ_n értékei minden esetben 0,1,2,3,4,5 lehet) és az empirikus szórást, továbbá határozzuk meg a binomiális elosztás feltételezésével (ismert valószínűségszámítási formulák szerint) a várható értékeket, valamint a szórásokat. A várható érték minden esetben megegyezik az

adatok átlagával, ugyanis a várható érték $= M(\xi) = np$; n jelen esetben 5, p pedig a kérdéses valószínűség, amely a relatív gyakorisággal tekinthető egyenlőnek, tehát l/L hányadosként írható, ahol l az abszolút gyakoriság (II. táblázat), L az összes eset száma (108).

Az adatok alapján ξ_n értékeinek átlaga a következő számítással adódik: $l/(L/n)$ — ahol l , L és n jelentése a fentiekkel azonos, így $-L/n$ az L adatból képezhető n hosszúságú (páronként diszjunkt) intervallumok száma (jelen esetben a képezhető 5 éves szakaszok száma). Az osztást elvégezve nl/L adódik, ami egyenlő $M(\xi)$ -vel (ha L/n nem egész szám, akkor természetesen az egyenlőség csak közelítőleg áll fenn, jelen esetben a pontatlanság 0,1 alatt marad).

III. TÁBLÁZAT

Szórások az egyes hónapokban

A vizsgált intervallumok						A vizsgált intervallumok							
Hónap	$[-2;2]$	$(2;4]$	$[-4;-2]$	$(4;\infty)$	$(-\infty;-4)$	Hónap	$[-2;2]$	$(2;4]$	$[-4;-2]$	$(4;\infty)$	$(-\infty;-4)$		
Jan.	a)	1,35	1,24	0,67	0,43	0,63	Júl.	a)	0,73	0,56	0,43	—	—
	b)	0,12	0,97	0,64	0,44	0,77		b)	0,70	0,53	0,49	—	—
	c)	0,23	0,27	0,03	-0,01	-0,14		c)	0,03	0,03	-0,06	—	—
Feb.	a)	1,14	0,85	0,47	0,56	0,58	Aug.	a)	0,79	0,44	0,63	—	—
	b)	1,11	0,88	0,53	0,53	0,70		b)	0,73	0,53	0,53	—	—
	c)	0,03	-0,03	-0,06	0,03	-0,12		c)	0,06	-0,09	0,10	—	—
Márc.	a)	1,07	0,75	0,68	0,47	0,45	Szept.	a)	0,84	0,67	0,73	—	0,21
	b)	1,11	0,82	0,87	0,38	0,53		b)	0,89	0,64	0,67	—	0,21
	c)	-0,04	-0,07	-0,19	0,09	-0,08		c)	-0,05	-0,03	0,06	—	0,00
Ápr.	a)	0,82	0,91	0,71	0,21	—	Okt.	a)	0,84	0,65	0,65	0,29	0,29
	b)	1,06	0,82	0,84	0,22	—		b)	0,87	0,73	0,73	0,31	0,31
	c)	-0,24	0,09	-0,13	-0,01	—		c)	-0,03	-0,08	-0,08	-0,02	-0,02
Máj.	a)	1,22	1,00	0,57	0,22	0,50	Nov.	a)	0,97	0,91	0,72	0,29	0,49
	b)	1,02	0,88	0,53	0,22	0,42		b)	1,09	0,84	0,73	0,31	0,57
	c)	0,20	0,12	0,04	0,00	0,08		c)	-0,12	0,07	-0,01	-0,02	-0,08
Jún.	a)	0,92	0,58	0,87	0,21	—	Dec.	a)	1,09	0,68	0,66	0,73	0,59
	b)	0,91	0,57	0,75	0,22	—		b)	1,11	0,82	0,64	0,64	0,64
	c)	0,01	0,01	0,12	-0,12	—		c)	-0,02	-0,14	0,02	0,09	-0,05

A binomiális eloszlás feltételezésével számított szórás ($\sigma = \sqrt{np(1-p)}$ formula szerint meghatározva) és az empirikus szórás értékeit a III. táblázat tartalmazza. A táblázatban az a -val jelölt sorok az empirikus szórásokat, a b -vel jelölt sorok a binomiális eloszlás feltételezésével szá-

mított szórásokat, a c -vel jelölt sorok az a és b sor adatainak különbségét jelölik.

Mint a táblázatból látható, a kétféle szórás közti eltérés maximálisan 0,27, de többnyire nem haladja meg abszolút értékben a 0,1-et. A fenti vizsgálatok (szórás, várható érték és

IV. TÁBLÁZAT

Hónap	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>a) $|x_{ij} - \bar{x}_i| \leq 2$ (átlag körüli hőmérséklet)</i>												
$k = 0$	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,01	0,0
$k = 1$	0,19	0,10	0,10	0,04	0,03	0,04	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,10
$k = 2$	0,33	0,27	0,26	0,17	0,13	0,06	0,01	0,01	0,05	0,11	0,21	0,26
$k = 3$	0,29	0,34	0,34	0,33	0,31	0,21	0,08	0,10	0,20	0,29	0,34	0,34
$k = 4$	0,13	0,22	0,23	0,32	0,36	0,41	0,34	0,36	0,41	0,38	0,28	0,23
$k = 5$	0,02	0,06	0,06	0,13	0,17	0,31	0,56	0,53	0,33	0,19	0,09	0,06
<i>b) $-4 \leq x_{ij} - \bar{x}_i < -2$</i>												
$k = 0$	0,62	0,73	0,35	0,39	0,73	0,50	0,77	0,73	0,59	0,53	0,53	0,66
$k = 1$	0,31	0,23	0,41	0,40	0,23	0,37	0,20	0,23	0,33	0,36	0,36	0,29
$k = 2$	0,06	0,03	0,19	0,16	0,03	0,11	0,02	0,03	0,07	0,10	0,10	0,05
$k = 3$	0,00	0,00	0,05	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
$k = 4$	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$k = 5$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>c) $2 < x_{ij} - \bar{x}_i \leq 4$</i>												
$k = 0$	0,24	0,35	0,42	0,42	0,35	0,70	0,73	0,73	0,63	0,53	0,39	0,42
$k = 1$	0,40	0,41	0,40	0,40	0,41	0,26	0,23	0,23	0,31	0,36	0,40	0,40
$k = 2$	0,26	0,19	0,15	0,15	0,19	0,04	0,03	0,03	0,06	0,10	0,16	0,15
$k = 3$	0,08	0,05	0,03	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03
$k = 4$	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$k = 5$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>d) $x_{ij} - \bar{x}_i > 4$</i>												
$k = 0$	0,82	0,73	0,86	0,95	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90	0,63
$k = 1$	0,17	0,23	0,13	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,09	0,09	0,31
$k = 2$	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
$k = 3$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
$k = 4$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$k = 5$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>e) $x_{ij} - \bar{x}_i < -4$</i>												
$k = 0$	0,47	0,53	0,77	1,00	0,82	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,70	0,63
$k = 1$	0,38	0,36	0,20	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,05	0,09	0,26	0,31
$k = 2$	0,12	0,10	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,06
$k = 3$	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
$k = 4$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$k = 5$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

korreláció) azt mutatják, hogy a szóbanforgó ξ_n változó, közelítőleg binominális eloszlású, így alkalmazhatók a binominális eloszlásra vonatkozó számítási eljárások és azok eredményei közelítő adatokként elfogadhatók.

A binominális eloszlás alapján határozzuk meg annak valószínűségét, hogy $\xi_n = k$ legyen ($k = 0, 1, 2, 3, 4, 5$). Ekkor

$$P(\xi_n = k) = \binom{n}{k} p^k \cdot (1-p)^{n-k},$$

ahol p annak a valószínűsége, hogy $x_{ij} - x_i$ a megadott intervallumba esik (amit egyenlőnek veszünk a *II. táblázatban* szereplő relatív gyakoriságokkal).

A számításokat elvégezve $k = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ esetekre az egyes hónapokra és a *II. táblázat* intervallumaira külön-külön, a *IV. a-e táblázat* adatait kapjuk. A *IV. táblázat* adatai azt adják meg, hogy milyen valószínűséggel várható, hogy a havi középhőmérsékleteknek az átlagtól való eltérése 0-szor, 1-szer, 2-szer... 5-ször fog a megadott hőmérsékleti intervallumba esni (az értékek 2 tizedes jegyre kerekítettek).

A táblázatok adatainak az értékelésénél feltétlenül figyelembe kell venni, hogy (mint már említettük) a számítások azon a feltevésen alapulnak, hogy a relatív gyakoriság kellő pontossággal megközelíti a valószínűséget. Ez a feltevés nyilvánvalóan nem fogadható el azokban az esetekben, amikor a relatív gyakoriság 0. Ilyenkor $k=0$ -ra a táblázat 1,00 „valószínűség”-et, míg $k=1, 2 \dots 5$ -re 0,00 „valószínűség”-et tartalmaz. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy pl. július hónapban a havi középhőmérsékletnek az átlagtól való eltérése nem lehet nagyobb 4 °C-nál, csak annyit jelent, hogy az elemzett 108 éves adatok közt ilyen eset nem fordult elő. Az azonban állítható, hogy az ilyen eset valószínűsége igen kicsi.

Hasonlóképpen nem jelentenek lehetetlen eseményt egyéb esetekben sem a táblázatban előforduló 0,00 valószínűségek (pl. *IV. d. táblázat* I. hónap $k=4$), hanem mivel az értékek két tizedes jegyre kerekítettek, ezek azt jelentik, hogy a kérdéses valószínűségek kisebbek 0,005-nél.

Mint a *IV. táblázatból* látható, 5 éves időszakra átlag körüli havi középhőmérséklet (*IV. a. táblázat*) legnagyobb valószínűséggel 2-szer, 3-szor várható I–III. és XII. hónapokban, 3-szor, 4-szer várható IV–V. és X–XI. hónapokban, míg VI–IX. hónapokban 4-szer, 5-ször várható. Valószínűtlen tehát pl. az az eset, hogy egy 5 éves időszakban csak egyszer forduljon elő átlag körüli hőmérséklet. A *IV. b-c. táblázatból* leolvasható, hogy elég nagy a valószínűsége annak, hogy az átlagtól 2–4 °C-os eltérés egy 5 éves időszak alatt egyszer, vagy egyszer sem következik be, de pl. január hónapra 0,26 valószínűséggel várható, hogy 5 év alatt kétszer következzék be az átlagosnál 2–4 °C-kal melegebbközep-hőmérséklet.

A *IV. d-e. táblázat* a nagyobb szélsőségekre vonatkozó valószínűségeket tartalmazza. Mint látható, elég nagy annak a valószínűsége, hogy 5 évi időtartam alatt egyszer sem következék be az átlagtól 4 °C-nál nagyobb eltérés, de pl. december hónapra 0,31 valószínűséggel várható, hogy a 4 °C-nál nagyobb eltérés 1-szer következik be, januárra pedig 0,12 valószínűséggel várható, hogy ez 2-szer következik be (*IV. e. táblázat*).

Az ismertetett számításokat tetszőleges n évnyi időtartamra elvégezve, a havi középhőmérsékletek alakulásának valószínűségeire további „szabályosság”-ok adódnak. Ha a számításokat a napi középhőmérsékletre végezzük el, a szórások sokkal nagyobbak adódnak és nagyobb valószínűséggel várhatók szélsőségek, mint a ha-

vi középhőmérsékletekre. Még nagyobb valószínűséggel adódnak szélsőségek pl. a napi maximumnak, vagy minimumnak esetében.

A minimumok vizsgálata tájékoztatót nyújthat pl. arra is, hogy egy időintervallumban (*n. év*) milyen va-

lószerűséggel, hányszor várható késő tavaszi fagy.

IRODALOM

Berkes Zoltán—Berényi Dénes: Debrecen egy-
nemű hőmérsékleti sorozata 1853—1960 (*Acta*
Universitatis Debreceniensis VII. 1962)

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 83. évf. 3. szám. 1979. május—június
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 83 No. 3 May—June 1979 Budapest

Aujeszky László, 1903 — 1978



1978. december 7-én, 75 éves korában meghalt *Aujeszky László*, a földtudományok doktora, nyugalmazott tudományos osztályvezető. Ez a két cím, amelyet számos egyéb megtisztelő rang, cím és kitüntetés között maga is legtöbbször becsült, hű szimbóluma *Aujeszky László* életútjának: a tudomány fejlesztésének és szolgálatának.

1903-ban Budapesten született. Édesapja nemzetközi hírnévű kutató orvos, édesanyja zenepedagógus volt. Szellemi örökségként az orvostudományok iránt aktív érdeklődését és a zene szeretetét haláláig megőrizte.

1921 — 1925 között a budapesti tudományegyetemen fizikát és matematikát tanult. 1924-től 4 éven át gyakornok volt az egyetem matematikai tanszékén. 1926-ban matematikából, elméleti és kísérleti fizikából egyetemi doktori oklevelet szerzett.

1926 októberétől az Országos Meteorológiai Intézet prognózis (későbbi nevén időjárás-előrejelző) osztályán teljesített szolgálatot, rövidebb megszakításokkal közel 40 éven át. 1964-ben mint az előrejelző osztály vezetője vált meg az aktív szolgálattól és nyugállományba vonul. Három éven át (1948 — 50) az *Időjárás* szerkesztője volt.

A nyugdíjazást követő másfél évtizedben széles körű irodalmi tevékenységet fejtett ki. Tanulmányai főként hidrológiai, közlekedéstudományi, környezetvédelmi folyóiratokban, magas szintű ismeretterjesztő cikkei természettudományi folyóiratokban, napilapok tudományos rovataiban jelentek meg. Nyelvtudása és a szakirodalom átfogó ismerete birtokában számos irodalmi ismertetése jelent meg s mint kiváló szakfordító jelentős segítséget nyújtott a meteorológiai szolgálat tudományos kiadványainak, közöttük az *Időjárásnak*.

Tudományos pályájának fontosabb állomásai:

Első jelentős meteorológiai munkája, amellyel 1927-ben elnyerte a Magyar Meteorológiai Társaság pályadíját, 1928-ban könyv alakban jelent meg „*Védekezés az időjárási károk ellen*” címmel. Ebben a kis könyvben már felismerhetők a szerző didaktikai értékei: a téma teljességét átfogó, logikus előadásmód, a könnyed és élvezetes nyelvezet, továbbá a gazdasági és társadalmi élet igényeit gondosan felmérő szakembernek az a törekvése, hogy a tudomány eredményeit a gyakorlat számára átadja.

1927–1932 között több külföldi tanulmányútján megismerte a korszerű prognózisszolgálatot. Ebben az időben, az első világháború okozta megtorpanás után – elsősorban *Bjerknes* bergeni iskolája, *Bergeron*, *Baur*, *Hromov* munkái révén – a régi „izobár-szinoptika” leíró jellegét a hidro- és termodinamika fizikai módszerei váltották fel. Az így kialakult és alakuló prognosztikai légkörben a matematikában, elméleti fizikában jól képzett fiatal magyar meteorológus otthon érezte magát és felismerte azt a feladatát is, hogy a hazai szolgálatban a korszerű módszerek bevezetése reá vár.

1932–1940 között írt tanulmányai (elsősorban az *Időjárás* c. folyóiratban) az időprognózis korszerű módszereivel foglalkoztak. Ebben az időszakban a magyar előrejelző szolgálatot lényegében *Aujeszky László* irányította. Bevezette a korszerű légtömeg- és frontanalízist, felhasználta a magaslégtörési adatokat (ezek között a magyar hegyi állomások észleléseit).

A nagyobb információs anyag birtokában a régi szűkszavú előrejelzések helyébe olyan prognózisok léptek, amelyekben megkülönböztették az ország nyugati, keleti, északi, déli és középső részét s az időjárási jelenségek várható bekövetkezésének napszakait is. Ezekkel a lehetőségekkel *Aujeszky László* tudatosan megalapozott óvatossággal él. Tárgyilagosan foglalkozott az előrejelzések beválásának kritikai vizsgálatával s tisztában volt ezek statisztikai jellegével.

A prognózisszolgálatban töltött évtizedei alatt – elsősorban az általa kifejlesztett tudományos propaganda révén – a mezőgazdaság, a vízgazdálkodás, az egészségügy, a turisztika és idegenforgalom, az építészet és energiagazdálkodás területén egyre növekvő mértékben kérték és hasznosították az időjárás rövidtávú előrejelzéseit. Különböző szakfolyóiratokban megjelent cikkei, tanulmányai között számos olyan munkát találunk, amely a prognózisok felhasználásának módját, lehetőségeit, de határait is a társadalom különböző szintjein meggyőzően ismerteti. 1933-ban megjelent könyve: „*Az időjárás és a mindennapi élet*” ma is alapvető mű ennek a korszerű témának hazai szakirodalmában.

1937-ben egyetemi magántanári képesítést nyert „*Az időprognosztika fizikai módszerei*” tárgy köréből s a budapesti tudományegyetemen 32 feléven át egyetemi előadásokat tartott a meteorológia korszerű fejezeteiről egészen 1953-ig, amikor a magántanári jogosultságok érvényüket veszítették. Előadásait irodalmi műveiben már megismert szakszerűség, didaktikai erények és könnyed, élvezetes előadásmód jellemezték. A hallgatókon kívül aktív pályatársai közül is többen hallgatták rendszeresen egyetemi előadásait.

1939–1945 között a Természettudományi Társulat titkára és a *Természettudományi Közöny* társszerkesztője volt.

A második világháború utolsó évében és a felszabadulást követően a Meteorológiai Intézet megbízott igazgatójaként résztvett az intézet újjászervezésében s 1947-ben, mint a magyar kormány megbízottja, Washingtonban aláírta a Meteorológiai Világszervezet megalapításáról szóló nemzetközi egyezményt.

1950-től egészen nyugalomba vonulásáig vezette a Központi Előrejelző Osztályt s eközben jelentős kutatói tevékenységet fejtett ki.

Kutató munkája elsősorban a légkör energiakészletének megbecsülésére és energiaforgalmának vizsgálatára irányult. 1952-ben dolgozta ki a függőleges légoszlop energiájáról szóló tételét, amely szerint a légoszlop hőenergiája átlagos körülmények között a potenciális energiatartalom 2,5-szeresével egyenlő. A következő évben elsőként ad módszert a légkör tehetetlenségi

nyomatékának megbecsülésére. Tudományos érdemeinek elismeréseként a Tudományos Minősítő Bizottság 1954-ben disszertáció benyújtása nélkül a fizikai tudományok kandidátusává minősítette. Az energetika tárgyköréből írt „*Kísérelt a légkör meteorológiailag mobilizálódó energiakészletének megbecsülésére*” című értekezése alapján, amelyet a Tudományos Minősítő Bizottság nyilvános vitaforumán 1971-ben sikeresen megvédett, elnyerte a földtudományok doktora minősítési fokozatot.

1957-ben a Magyar Tudományos Akadémia kiadja „*A légkör fizikája*” című alapvető munkáját. 1953–1957 között előadásokat tart a budapesti Műszaki Egyetem hadmérnöki karán. Ezirányú tanulmányairól, tájékozottságáról számos dolgozata tanúskodik. 1957–1958-ban előadásokat tart az Építőipari és Közlekedési Egyetemen a vízi mérnökképzés keretében. Irodalmi munkáiban ebben a témakörben történt alapos elmélyülésének nyomait is megtaláljuk.

Szoros kapcsolatban volt *Aujeszky László* a Magyar Meteorológiai Társasággal. 1948–1950 között mint az *Időjárás* folyóirat szerkesztője s hosszabb időn át a Társaság főtítkára, majd haláláig tudományos tanácsának tagja volt. 75. születésnapján tisztelettel és szeretettel köszöntötte a Társaság alapító és tiszteleti tagját, a Steiner Lajos- emlékérem kétszeres kitüntetettjét. Amikor folyóiratunk 1978. évi szeptember–októberi számában megemlékeztünk az akkor 75 éves tudósról, nem gondoltuk, hogy alig néhány hónap múlva barátainak, tisztelőinek és pályatársainak immáron három nemzedéke hallgatja ravalatánál a Meteorológiai Társaság elnökének idekívánkozó búcsúszavait:

„Elgondolkodtató, hogy 75. életévében — amikor a legtöbb ember, aki ezt a magas kort eléri, számvetést készít élete sikereiről, kudarcairól — vajon volt-e ideje a szüntelenül, szinte haláláig munkálkodó *Aujeszky Lászlónak* mérleget készíteni a meteorológia szolgálatában töltött fél évszázadnyi tevékenységéről. Ha tette volna, szerénysége akkor sem engedné, hogy felsorolja azt a sok értéket, amit egy emberöltő alatt a tudománynak és a közművelődésnek adott.

A hazai meteorológia sorsát két ízben segítette át a világháborúk előidézte mélyponton. Először, mint fiatal, ambiciózus szakember új módszerekkel frissítette fel az első világháború után fejlődésében visszamaradt szolgálatot, majd mint tapasztalatokban gazdag, immáron nemzetközi hírű tudós vezető kezdte meg a II. világháború utáni újjáépítést.

A tudományos ranglétrán gyorsan haladt felfelé — egyetemi magántanár, a tudományok kandidátusa, majd doktora lett. Szakírói tevékenysége egyedülálló nemcsak a meteorológia, hanem más természettudományok egyéb területein is. Tudományunk friss eredményeit magas szinten, könnyed stílusban ismertette folyóiratokban, hosszabb-rövidebb tanulmányokban. Tudományos munkássága azt példázza, hogy kis országban, szerény lehetőségek között is lehetséges a tudomány iránti lelkesedéssel, szorgalmas munkával, bölcs életfilozófiával értékes, maradandó életművet hátrahagyni. Életműve a maga teljességében egy nagy műveltségű, nagy tudású tudósnak, mély humanizmussal oktató tanárnak, bölcs vezetőnek, jó kollégának, összességében egy harmonikus, teljes életnek gazdag eredményeként marad az utókorra.”

Jelentősebb irodalmi munkáinak összeállítása, amelyből a napilapokban közölt ismeretterjesztő cikkek sokaságát kénytelenek voltunk kihagyni, nagyon tanulságos, minthogy a meteorológia történetének gyors fejlődési szakaszáról, az egymást követő korszerű irányzatokról, a meteorológia iránti

növekvő társadalmi, gazdasági igényekről ad tájékoztatást, egyúttal példát mutat arra is, hogy milyen módon lehet és kell a forradalmi fejlődésben levő tudomány irányváltozásait, újabb és újabb eredményeit feldolgozni, magunkévá tenni, alkalmazni és a társadalom, a közművelődés számára közkinccsé tenni.

Béll Béla

Aujeszky László fontosabb tudományos és ismeretterjesztő művei.

(1928—1971)

- 1) *Védekezés az időjárási károk ellen.* Budapest, 1928. Az MMT kiadványa. 157 old.
- 2) *Az időjárás és a mindennapi élet.* Budapest, 1933. A KMTTT kiadványa. 320 old.
- 3) Bacsó Nándorral, Réthly Antallal és Tóth Gézával: *Léggör.* Budapest, 1939. Természet világa II. kötet. A KMTTT kiadása. 399 old.
- 4) *A meteorológia helye a természetkutatásban.* Budapest, 1943. a KMTTT kiadása. 35 old.
- 5) *Jégeső gyakoriság és valószínűség Budapestben, 1871—1945.* Budapest, 1947. Az OMI kiadása. 28 old.
- 6) Berényi Dénessel és Béll Bélával: *Mezőgazdasági meteorológia.* Budapest. 1951. Akadémiai Kiadó. 550 old.
- 7) *Folyóink vízjárásának meteorológiai vonatkozásai.* Budapest, 1952. Mérnöki Továbbképző Intézet kiadása. 40 old.
- 8) Dési Frigyessel: *Természetes és mesterséges eső.* Budapest, 1954. Akadémiai Kiadó. 96 old.
- 9) *A léggör fizikája.* Budapest. 1957. Akadémiai Kiadó. 286 old.
- 10) *A felhők világa.* Budapest, 1958. Gondolat Kiadó. 146 old.
- 11) *Értsük meg az időjárást.* Budapest, 1960. Móra Ferenc Könyvkiadó. 215 old.
- 12) *A léggör fizikája.* Budapest, 1965. Mérnöki Továbbképző Intézet kiadása. 93 old.
- 13) Kontur Györggyel: *Mesterséges csapadékeltés.* Budapest, 1965. Vízügyi Műszaki Tájékoztató Iroda kiadása. 106 old.
- 14) Válogatott fejezetek a léggör fizikájából. Budapest, 1966. Tankönyvkiadó. 23 old.
- 15) *A keleti zivatarokról.* Időjárás 32 (1928) 182—189. old.
- 16) *Újabb utak a párolgásmérés problémájának megoldása felé.* Időjárás, 35 (1931) 91—94. old.
- 17) *Über die Benutzung der Äquivalenttemperatur in der wetterdienstlichen Praxis.* Gerlands Beiträge z. Geophysik, 34 (1931) 131—141. old.
- 18) *A feltételes léggöri labilitás fogalmáról.* Időjárás, 36 (1932) 48—52. old.
- 19) *Kísérlet a szélprognózisok biztonságának megjavítására.* Időjárás, 36 (1932) 89—97. old.
- 20) *A jégesők dinamikájáról és azok előrejelzéséről.* Időjárás, 36 (1932) 131—133. old.
- 21) *A gázvédelem meteorológiai alapjai.* Magyar Katonai Szemle, 2 (1932) 131—146. old.
- 22) *Magyarország éghajlata a gázvédelem szempontjából.* Magyar Katonai Szemle, 3 (1933) 140—147.
- 23) *A barométeres tendencia felhasználása a teljesebb időjárási diagnózis érdekében.* Időjárás, 37 (1933) 116—120. old.
- 24) *A „paradox főhnhátás” és az éjszakai fagyok előrejelzése.* Mezőgazdasági Kutatások, 6 (1933) 313—316. old.
- 25) *Művészet-e a prognóziskészítés és szükséges-e hozzá „különleges rátermettség”?* Időjárás, 38 (1934) 233—241. old.
- 26) *Beszámoló a zúzmarakérdés újabb fejlődéséről.* Időjárás, 38 (1934) 233—241. old.
- 27) *A főhnhátás különleges gázvédelmi kérdései.* Időjárás, 38 (1934) 105—106. old.
- 28) *Az útépités és az útkarbantartás meteorológiai vonatkozásai.* Időjárás, 39 (1935) 190—193. old.
- 29) *Az indirekt aerológia egyik jellemző alkalmazási esete.* Időjárás, 40 (1936) 2—5. old.
- 30) *Az 1934. évi fülöp-szigeti tájfunokról.* Időjárás, 40 (1936) 158—160. old.
- 31) *A hóréteg szublimációjának jelentősége mesterséges ködképződésben.* Időjárás, 40 (1936) 71—72. old.
- 32) *Meteorológiai adatok a tarpai halesdhez.* Időjárás, 40 (1936) 55—57. old.
- 33) *Az abszolút nedvesség kifejezése a szabad vízmolekulák számával.* Időjárás, 41 (1937) 30—32. old.
- 34) *Meggondolások és megfigyelések a szélkárrok keletkezéséről.* Időjárás, 41 (1937) 1—23. old.
- 35) *A „tisztá jégeső” kérdése.* Időjárás, 42 (1938) 233—244. old.
- 36) *Kleinklima und Schallklima.* Forschungen und Fortschritte, 35 (1938) 413—415. old.
- 37) *Az időjárási hatások jelentősége a korszerű hadviselés szempontjából.* Magyar Katonai Szemle, 7 (1937) 150—156. old.
- 38) *Kísérlet a meteorológiai jelenségek korszerű osztályozására.* Időjárás, 43 (1939) 85—94. old.
- 39) *Időjelzések készítése hiányos hírszolgálati viszonyok között.* Időjárás, 43 (1939) 221—230. old.

- 40–42) *Az 1938. (1939., 1940.) esztendő frontátvonulásai Budapesten.* Időjárás, 43 (44, 45), (1939, 1940, 1941) 7–16. (206–211, 246–251.) old.
- 43) *Látás és hallás szeles, borult éjszakákon.* Magyar Katonai Szemle, 12 (1942) 599–605. old.
- 44) *Statistikai jellegű módszerek szerepe és értékelése az újabb meteorológiában.* Magyar Statisztikai Szemle, 20 (1942) 720–729. old.
- 45) *A domborzati eső kérdésének mai állása.* Földrajzi Közlemények, 71 (1943) 66–73. old.
- 46) *Mi okozza a gleccserek előretörését és visszahúzódását?* Turisták Lapja, 55 (1943) 193. old.
- 47) *Látás és valóság a meteorológiában.* Időjárás 47 (1943) 3–14. old.
- 48) *Éghajlatingadozások a sarkvidéki tengereken.* A Tenger, 1943, 4–7. old.
- 49) *Az angol meteorológiai szolgálat módszereinek fejlődése.* Időjárás, 49 (1945) 12–16. old.
- 50) *A sarkvidék meteorológiai szolgálata.* Időjárás, 50 (1946) 87–88. old.
- 51) *Nagymagasságú meteorológiai észlelőárkok.* Időjárás, 52 (1948) 167–172. old.
- 52) *Az atomenergia felhasználásának lehetőségei az időjárás mesterséges irányításában.* Időjárás, 52 (1948) 13–18. old.
- 53) *Statistikai gépek használata a klimatológiában.* Időjárás, 52 (1948) 199–203. old.
- 54) *Ronkay Ferencsel: Kísérleti vizsgálat a villamos szabaddvezetékek zúsmarásodása köréből.* Időjárás, 52 (1948) 177–179. old.
- 55) *Az esőcseppek esési pályája.* Időjárás, 52 (1948) 130–132. old.
- 56) *A szél-út fogalmának szigorú értelmezése és gyakorlati alkalmazása.* Időjárás, 52 (1948) 211–211. old.
- 57) *Budapest termohigrikus adatainak célszerű nyilvántartása a légkörelemzés céljaira.* Időjárás, 52 (1948) 113–121. old.
- 58) *A földkerekség fontosabb meteorológiai folyóiratai.* Időjárás, 52 (1948) 219–220. old.
- 59) *A zúsmaraelőrejelzések néhány újabb problémája.* Időjárás, 53 (1949) 39–40. old.
- 60) *A közvetett sugárzás jelentősége a szobaklimában.* Időjárás, 53 (1949) 377–379. old.
- 61) *A mesterséges esőkeltés kérdésének mai állása.* Időjárás, 53 (1949) 89–98. old.
- 62) *A helyi szélklíma megállapításának módszereiről.* Időjárás, 53 (1949) 392–394. old.
- 63) *A lehetséges napfénytartam növekedése a térszínfeletti magassággal.* Időjárás, 53 (1949) 166–168. old.
- 64) *A függőleges légoszlop levegőállapotainak jellemzése az állapotjelzők magasság szerinti differenciálhányadosaival.* Időjárás, 53 (1949) 560–562. old.
- 65) *Éghajlati ismeretek felhasználása a külügyi szolgálatban és a külügyi személyzet kiképzésében.* Időjárás, 53 (1949) 1–4. old.
- 66) *Izotópiai jelenségek a légkörben.* Időjárás, 53 (1949) 289–292. old.
- 67) *Meteorológiai előmunkálatok a magasépítkezésben végzendő szélterhelés-számításokhoz.* Időjárás, 53 (1949) 15–25. old.
- 68) *Kísérlet az éghajlat fogalmának pontosabb meghatározására.* Időjárás, 54 (1950) 140–145. old.
- 69) *Az okklúzió fogalmának tárgyalása az egyetemi előadásokban.* Időjárás, 55 (1951) 109–112. old.
- 70) *A légkör függőleges tagozódása egymás fölött következő troposzférákra és sztratoszférákra.* Időjárás, 54 (1950) 74–79. old.
- 71) *Tíz milliméteren felüli csapadékmennyiséget szolgáltató frontok statisztikája Budapestről.* Időjárás, 54 (1950) 126–128. old.
- 72) *A szélesség négyzetes és köbös átlagainak kiszámítása energiahasznosítási kérdések megítéléséhez.* Időjárás, 55 (1951) 79–81. old.
- 73) *Anyagköresek a légkör és a talaj között.* Időjárás, 55 (1951) 3–8. old.
- 74) *A Föld légkörében jelenlevő túlhűt víz-készlet hozzávetőleges megbecsülése.* Időjárás, 55 (1951) 31. old.
- 75) *Egy érdekes kapcsolat a függőleges légoszlop hőenergiája és geopotenciális energiája között.* Beszámolók az 1952-ben végzett tudományos kutatásokról. (a következőkben OMI-Beszámolók . . .). OMI Hivatalos Kiadványai XV. (1952) 192–213. old.
- 76) *Energiaeloszlás a függőleges légoszlopban.* A MTA III. Osztályának Közleményei, 2 (1952) 373–389. old.
- 77) *Egy általános tétel felállítás a sztatikus egyensúlyban levő légoszlop állapotváltozásairól.* Időjárás, 57 (1953) 1–8. old.
- 78) *A függőleges légoszlop energetikájának új tétele.* A MTA VI. Osztályának Közleményei, 10 (1953) 625–637. old.
- 79) *Módszer a légkör tehetetlenségi nyomatékának meghatározására.* OMI-Beszámolók 1953. Budapest, 1953, 204–226. old.
- 80) *A szinoptikai kutatás időszerű kérdései.* Időjárás, 58 (1954) 112–114. old.
- 81) *A légkör elegyösszetételi táblázatának új alakja.* OMI-Beszámolók 1954. Budapest, 1954, 78–85. old.
- 82) *A mesterséges esőkeltés újabb fejleményei.* Hidrológiai Közöny, 35 (1955) 137–142. old.
- 83) *Vizsgálatok a magyarországi quasistacioner frontok (Vb-helyzetek) szinoptikájáról.* OMI-Beszámolók 1955. Budapest, 1955, 230–238. old.
- 84) *A harmatképződés előrejelzése.* Időjárás, 60 (1956) 26–35. old.
- 85) *A jövő energiaforrásai.* Természettudományi Közöny, 90 (1959) 3–6. old.
- 86) *A Cserenkov-jelenség fellépése a légkörben.* Időjárás, 63 (1959) 55. old.
- 87) *A felhők és a napsütés előrejelzése.* Földrajzi Zsebkönyv, 11 (1959) 23–27. old.
- 88) *Az éghajlat fogalmának általánosítása a bolygóközi térre.* Időjárás, 64 (1960) 112–113. old.

- 89) Középtartamú prognózisok a magyar meteorológiai szolgálalatban. Időjárás, 64 (1960) 182–184. old.
- 90) A zivatarok előrejelzése. Villamosság, 8 (1960) 261–264. old.
- 91) A felsőbb légrétegek adatainak felhasználása a csapadékprognózisok kidolgozásához. Hidrológiai Közöny, 40 (1960) 116–121. old.
- 92) A maximum- és a minimumhőmérsékleti térképek közvetlen prognosztikai felhasználásának kérdése. Időjárás, 65 (1961) 370–371. old.
- 93) A légköri veszteglő frontok szerepe az 1960. őszi és előtéli kiadós csapadékok keletkezésében. Hidrológiai Közöny, 41 (1961) 330–333. old.
- 94) Eine Bemerkung zu Prof. F. Baur's Formel für die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens von Vorhersagen. Időjárás, 65 (1961) 235–238. old.
- 95) A 40 millimétert meghaladó napi csapadékmennyiségek kérdése Magyarországon. Hidrológiai Közöny, 42 (1962) 372–373. old.
- 96) A talajmenti csapadékok hidrometeorológiája. Hidrológiai Közöny, 42 (1962) 335–337. old.
- 97) Az agrometeorológiai prognózisok kérdésének mai állása. A MTA IV. Osztályának Közleményei, 21 (1962) 392–402. old.
- 98) Hidrogén-izotópok szerepe a hidrometeorológiai kutatásban. Hidrológiai Közöny, 44 (1964) 230–233. old.
- 99) A talajpusztulás szempontjából veszedelmes szinoptikai folyamatok időbeli és területi eloszlása Magyarországon. A MTA IV. Osztályának Közleményei, 23 (1964) 187–194. old.
- 100) A közúti forgalom megnövekedésének közlekedésmeteorológiai következményei. Közlekedéstudományi Szemle, 16 (1966) 221–222. old.
- 101) Budapest zivataros felhőszakadásai 1871 óta. Hidrológiai Közöny, 45 (1965) 46–47. old.
- 102) A légköri frontálzónák hidrológiai jelentősége. Hidrológiai Közöny, 46 (1966) 509–511. old.
- 103) Kontur Györggyel: Das Problem der künstlichen Niederschlagserscheinung. Mitteil. des Franzius-Instituts für Grund- und Wasserbau der Techn. Hochschule Hannover, 26 (1966) 62–130. old.
- 104) Közlekedésmeteorológiai különbségek különböző égtáji irányítású városi utcák között. Közlekedéstudományi Szemle, 17 (1967) 280–281. old.
- 106) Az extrém levegőfajták hidrometeorológiai szerepe. Hidrológiai Közöny, 48 (1968) 42–43. old.
- 106) Frontok és levegőfajták a közlekedési meteorológiában. Közlekedéstudományi Szemle, 18 (1968) 475–477. old.
- 107) A felhőnélküli turbulencia. Haditechnikai Szemle, 2 (1968) 150–152. old.
- 108) A hajózás időjárás-prognosztikai problémái. Közlekedéstudományi Szemle, 19 (1969) 425–428. old.
- 109) Országúti sebességkorlátozások a meteoropathikus megerhelésű napokon. Közlekedéstudományi Szemle, 19 (1969) 550–551. old.
- 110) Új technikai eszközök a meteorológia szolgálatában. Hidrológiai Közöny, 50 (1970) 181–184. old.
- 111) A kvalitatív és a félkvantitatív csapadékprognózisok kidolgozásának alapelvei. Hidrológiai Közöny, 50 (1970) 524–526. old.
- 112) A déli összetevőjű szelek szerepe a légszennyezésben. Energia és Atomtechnika, 23 (1970) 412–414. old.
- 113) A közlekedésmeteorológiai prognózisok lehetőségei. Közlekedéstudományi Szemle, 20 (1970) 332–334. old.
- 114) Elektronikus számítógép és meteorológiai előrejelzés. Haditechnikai Szemle, 2 (1970) 61–63. old.
- 115) A levegőszennyezés elleni küzdelem első nagyobb eredményei. Energia és Atomtechnika, 24 (1971) 158–199. old.
- 116) A zivatarok szerepe a közlekedési meteorológiában. Közlekedéstudományi Szemle, 21 (1971) 225–228. old.
- 117) Kísérlet a légkör meteorológiailag mobilizálódó energiakészletének megbecsülésére. TMB-doktori fokozatú disszertáció (1971), Kézirat, 60 old.

KORMÁNYKITÜNTETÉSEK

A Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa hazánk felszabadulásának 34. évfordulója alkalmából a „Munka Érdemrend” arany fokozata kitüntetését adományozta *Szakács Györgyné* igazgatóhelyettesnek az éghajlati adatfeldolgozás és éghajlatkutató terén nagy szakértelemmel és széles körű tárgyismerettel végzett sokévi kiváló munkájáért, a „Munka Érdemrend” ezüst fokozata kitüntetését *Szilágyi Tibor* tudományos osztályvezetőnek, az OMSZ-nál 1948 óta végzett kiváló szakmai munkájáért, az agrometeorológiai hálózat szervezésében és a kecskeméti agrometeorológiai obszervatórium vezetésében, s ez utóbbin belül a fiatalok nevelésében és oktatásában vállalt kiváló tevékenységéért, valamint a Kertészeti Főiskolán végzett oktatói munkájáért, a „Munka Érdemrend” bronzfokozatát pedig *Téli Sándorné* műszaki ügyintézőnek, aki az Országos Meteorológiai Szolgálatban 25 év óta, több területen hozzáértéssel, hivatástudattal és szakmaszeretettel végezi mindenkori feladatát.

A kitüntetéseket *Czelnai Rudolf* elnök adta át a Központi Előrejelző Intézetben, 1979. április 3-án.

Lőrincz A.

✕

WMO SZAKÉRTŐI ÉRTEKEZLET A MEGFIGYELŐ RENDSZEREKRŐL

1979. január 29. és február 2. között szakértői értekezlet volt Genfben, amelyen a WMO meghívására e sorok írója vett részt. Az értekezlet feladata az észak-atlanti állandó időjárási hajók (NAOS) fenntartására vonatkozó döntés előkészítése és a megfigyelő rendszerek legmegfelelőbb összetételére irányuló vizsgálatok programjának kidolgozása volt.

Az ülésen az a vélemény alakult ki, hogy az Észak-Atlanti térségben az állandó időjárási hajók hálózatát — legalábbis a 80-as évek közepéig — fenn kell tartani. Az ülés munkájának eredményeként elkészült az

integrált megfigyelő rendszerek vizsgálatának részletes programja, melyben döntő szerepet vállalt a GARP központi irányító szerve (Joint Organizing Committee). A program tartalmazza a jelenlegi megfigyelő alaprendszer értékelését, a technikai lehetőségeket, gazdasági megfontolásokat, értékelésre alkalmas eljárásokat, a vizsgálat végrehajtásának stratégiai és szervezési irányelveit, valamint körvonalazza a végrehajtáshoz szükséges időt, az egyes szakaszokat.

Kapovits A.

✕

INTERKOZMOSZ SZIMPÓZIUM BUDAPESTEN

A szocialista országok kozmikus meteorológiai állandó munkacsoportja plovdivi, XI. ülésének határozata alapján a magyar szolgálat 1979. február 20. és 23. között szimpóziумot rendezett Budapesten. A szimpóziumon összesen 21 delegátus képviselte a szovjet, a bolgár, a német, a lengyel, a csehszlovák és a magyar meteorológiai, ill. hidrometeorológiai szolgálatokat.

A szimpóziум témái:

— A légkör és a földfelszín fizikai paramétereinek meghatározása a Föld-légkör rendszer hosszuhullámú kisugárzási spektrumának a 6–25 M tartományban történő műholdas mérései alapján (1.1 téma);

— Módszerek kidolgozása a geopotenciálra és hőmérsékletre vonatkozó műholdas és aerológiai adatok több szintben történő térbeli-időbeli számszerű analizésére (2.1 téma).

Ezek keretében 22 előadás hangzott el négy nagy kérdéscsoportban — 1. A hőmérséklet, nedvesség és ózontartalom szondázása; 2. a szondázás speciális kérdései; 3. a szondázással kapott műholdas információ felhasználása az időjárás számszerű analizésében és előrejelzésében; 4. a műholdas méréssel nyert felhőzeti adatok felhasználása az időjárás számszerű analizésében és előrejelzésében.

Az előadások nagy száma és tematikai

gazdagsága is tükrözi a megnyilvánuló örvendetes érdeklődést. A bemutatott eljárások és az ismertett eredmények jelentőségét tovább növeli, hogy már tényleges műholdas mérési adatok felhasználásával készültek. A szimpóziumon elhangzott előadások anyagát a magyar meteorológiai szolgálat külön kiadványban megjelenteti.

Róth R.

✱

NEMZETKÖZI SZIMPÓZIUM A METEOROLÓGIA OKTATÁSÁRÓL

1979. március 5–9. között a WMO a meteorológiai oktatás és képzés, valamint az energiaproblémák meteorológiai aspektusainak tárgyában szimpóziumot rendezett Madridban, 24 ország 52 szakemberének részvételével. A magyar meteorológiai szolgálatot e sorok írója képviselte.

Az ünnepélyes megnyitót követően G. O. P. Obasi professzor, a WMO Oktatási igazgatója tartott előadást a meteorológusok oktatása és képzése érdekében a világszervezet eddig végzett munkájáról és további feladatairól. Történeti visszapillantásában elmondta, hogy J. Van Mieghem nevéhez fűződik a meteorológiai oktatásban 1962-től kezdődően bevezetésre kerülő négy szint (met. I. II. III. és IV.) kialakítása. 1969 óta a WMO ún. „Kék borítójú” („Blue covered”) kiadványsorozattal (tantervek, oktatási segédkönyvek stb.) segíti világszerte a meteorológusok oktatását és képzését. A VII. WMO kongresszus határozatát követően a WMO titkárságán oktatási könyvtár létesült, ahol tananyagok és oktatási eszközök, könyvek, filmek egyaránt megtalálhatók. További terveként – az előbbi kiegészítendő – az energiaproblémák meteorológiai szempontjairól kapcsolatos előadások kiadását, majd oktatási anyag (tematika, tankönyv stb.) megjelentetését említette.

Az oktatás és képzés témakörében elhangzott előadásokból rövid betekintést nyerhetünk az egyes országokban folyó különböző szintű oktatási és képzési formákról, melyek nagy vonalakban követik a WMO által ajánlottakat, de ugyanakkor magukon viselnek helyi sajátosságokat is. Így a Spanyolországban meglévő 4-éves „szakmérnöki” alapképzést 12 hónapos specializáló kurzussal egészítik ki a spanyol meteorológiai intézetben, így képzik a met. II. szintű szakembereket.

A Szovjetunióban folyó, nagy történelmi hagyományokkal rendelkező oktatásról K. A. Khzmaljan professzor tartott előadást. A szovjet hidrometeorológiai szolgálat különböző szintű szakembereit 14 felsőfokú – és 9 középfokú oktatási intézményben képzik. Az idén több mint 2500 hallgató tanul ezen intézményekben, köztük több mint 300 kül-

földi, 59 országból. T. D. Krishnamurti professzor (USA, Florida) az egyetemi oktatás és a kutatók nevelésének problémáival foglalkozott előadásában. Elmondta, hogy a floridai egyetem hallgatói a jól szervezett nyári gyakorlatok során ismerhetik meg az USA különböző államaiban folyó kutatásokat.

Szeretném továbbá kiemelni az angol iskolát, melynek sokrétű munkájáról több beszámoló is elhangzott J. R. Milford és S. G. Cornford előadásában. Így hallhattunk a néhány éve folyó agrometeorológiai oktatásról, az angol szolgálat posztgraduális képzéséről; továbbá a readingi oktatási központ igen sokszínű munkájáról, ahol évente mintegy száz – angol és külföldi – szakember vesz részt különböző szintű és specializációjú, valamint különböző – de általában egy évnél rövidebb – tartamú posztgraduális képzésben.

A szimpóziumon elhangzottakból kiderült, hogy a világ sok országában és a WMO-ban is – ugyanúgy mint nálunk – a meteorológia oktatásának fő problémája, hogy a specializált, szakágazatonkénti vagy az általános képzés legyen-e túlsúlyban és milyen legyen az elmélet és a gyakorlat aránya.

Az energia témakörében A. Nyberg professzornak az energiaforrásokról szóló előadását követően A. S. Dubov professzor beszélt az energiaproblémák meteorológiai aspektusairól. Majd a terület kiváló specialistái számoltak be a szoláris- (Valkó Péter, Svájc), valamint a szél- és vízen energiával kapcsolatos kutatási eredményeikről.

Kriston I.

✱

SZERKESZTŐI ÜLÉS MOSZKVÁBAN

1979. március 12–17. között Moszkvában a szocialista országok kozmikus meteorológiai együttműködése keretében készülő „Műholdadatok felhasználása az időjárás szinoptikus analizisében és előrejelzésében” c. kézikönyv szerkesztőinek ülésére került sor. Az ülésen a házigazda szovjet szakembereken kívül bolgár, lengyel és magyar meteorológusok vettek részt. Szolgálatunkat Major György, a KLFÍ igazgatóhelyettese és Tünczer Tibor, a műholdmeteorológiai kutató osztály vezetője képviselte.

Az ülés feladata a kézikönyv végleges szövegének összeállítása volt. Minthogy a kézikönyvben helyet kapott a távszondázás, valamint annak felhasználása a meteorológiai mezők számszerű analizisében, a címből elhagyták a „szinoptikus” megjelölést.

A munka során szükségesnek látszott további fejezetek és mellékletek beépítése. Így a kézikönyv 9 fejezetből és 5 mellékletből áll majd. A fejezetek többek között olyan kérdéseket érintenek, mint a meteorológiai elemek távérzékelése, a látható, infravörös és mikrohullámú felhőképek interpretálása, műhold-

képek felhasználása a szinoptikus helyzet analízisében és előrejelzésében, műholdképek szerepe a csapadék diagnózisban és prognózisban. A mellékletekben a műholdkódok és a műholdképek földrajzi azonosítására szolgáló útmutatások kaptak helyet.

A kézikönyv megjelenése a leningrádi Gidrometizdat gondozásában a jövő év folyamán várható.

Tánczer T.



SAKÉRTŐI ÉRTEKEZLET BELGRÁDBAN A NEMZETKÖZI ALPI ADATBANKRÓL

A GARP „Légáramlás hegyek felett és körül” alprogramjához fűződő kísérlet színhelyül az Alpok térsége szolgál. Ezzel kapcsolatban kiterjedt meteorológiai adatgyűjtés indul meg 1979-től és a GARP egyesített szervező bizottságának felkérésére a létrejövő adatbank szervezője és letéteményese a jugoszláv Szövetségi Hidrometeorológiai Intézet lesz. Az adatbank főbb problémáinak megvitására szakértői értekezletet hívtak össze Belgrádba, 1978. december 5–6-ra. Az ülésen francia, nyugatnémet, magyar, olasz, svájci és jugoszláv küldöttek vettek részt. Sajnálatos módon a kísérlet belső operatív területén fekvő két ország, Ausztria és Csehszlovákia nem képviseltette magát.

Az értekezletet a jugoszláv szolgálat nevében *S. Panin* nyitotta meg. Vázolta az adatbank létrehozásának főbb feltételeit és a Szövetségi Hidrometeorológiai Intézetben ezzel összefüggésben eddig kifejtett tevékenységét. A résztvevők ezt követően megtárgyalták az adatgyűjtés, az adatbank belső szervezésének és tervezett szolgáltatásainak főbb problémáit. Több ajánlás is elfogadásra került, amelyek részben már az 1979-ben kezdődő adatgyűjtés egyes nyitott kérdéseire adnak előzetes választ, másrészt a következő tervező értekezlet elé kerülnek.

A delegátusok ellátogattak az intézet számítóközpontjába, ahol személyesen is meggyőződhetek arról, hogy megvannak az adatbank létrehozásának tárgyi feltételei. A delegációkat fogadta *D. Radinovic*, a Szövetségi Hidrometeorológiai Intézet igazgatója is.

Faragó T.



ÉGHAJLATINGADOZÁSOK A FÖLDTÖRTÉNET FOLYAMÁN

A Magyar Meteorológiai Társaság és a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat 1978. december 7-én egész napos ankétot az éghajlatingadozások sokat vitatott kérdéscsoportjáról és a földtudományok más, e problémakörhöz szorosan kapcsolódó ágairól kiváló

szakemberek előadásában olyan „téma-körüljárás” szándékozott végrehajtani, hogy az érdekelt tudományos intézmények és kutatóik lehetőleg teljes képet kapjanak az idevágó problémák jelenlegi állásáról és – ami még fontosabb – a közeli és a távolabbi jövő elméleti perspektíváiról, gyakorlati lehetőségeiről.

Az ankét gondolatát felvető *Dobosi Zoltán* tszvt. egyetemi tanár (ELTE) és a rendező egyesületek, amelyeknek vezetősége megérevezve a téma aktualitását és jelentőségét, amidőn kidolgozták az egynaposra tervezett szakülés részleteit, csak az érdekelt, nem nagyszámú hazai szakember részvételére számítottak. Annál kellemesebb volt a meglepetés, amikor a megnyitóra – *Béll Béla* akadémikus, a dél-előtti ülésszak elnöke tartotta – a termet zsúfolásig megtöltő, szemmel láthatóan élénken érdeklődő hallgatóság előtt került sor. Már itt megjegyezzük, hogy ez a hallgatóság – az általános szokással ellentétben – szinte lemorzsolódás nélkül kitartott az ankét kora esti órákban történt befejezéséig. Ez a kedvező körülmény és az, hogy jobbnál-jobb, tudományos igényességgel s ugyanakkor a sokféle érdeklődésű, más-más irányban képzett szakemberre tekintettel színvonalas népszerűsítéssel megtartott előadások termékeny kapcsolatot teremtettek a hallgatóság és az előadók között, oda vezetett, hogy a délutáni ülésszakon elnöklő *Láng Sándor* egyetemi tanár (ELTE) már hangot adhatott annak a benyomásának, hogy az ankét témáját sokoldalú, népgazdaságilag is jelentős kapcsolata miatt még szélesebb nyilvánosság előtt, még több rokon szakterület bevonásával újabb napirendre kell tűzni.

Az ankét sikerét *Báldy Tamás* tszvt. docens (ELTE) „Eljegesedések a földtörténet folyamán,” *Láng Sándor* „Az éghajlatváltozások krioszferikus és litoszferikus bizonyítékai,” *Vida Gábor* tszvt. egyetemi tanár (ELTE) „Az éghajlatingadozások és a bioszféra,” *Marik Miklós* egyetemi docens (ELTE) „Az éghajlatingadozások extraterresztrikus vonatkozásai,” *Marx György* akadémikus és *Miskolci Ferenc* tudományos munkatárs (OMSZ) „A CO₂ üvegházhatás változásai a földtörténet folyamán,” *Kordos László* tudományos munkatárs (ÁFI) „Barlangok mint paleoklimatológiai adatbankok”, *Dobosi Zoltán* „A Föld sugárzási egyenlege és a krioszféra, *Faragó Tibor* tudományos osztályvezető (OMSZ) „Az éghajlatmodellezés alapjai” című előadása elsősorban azzal biztosította, hogy a központi témát a legkülönbözőbb irányokból megközelítve az egyezéseket megerősítették, az ellentmondásokat kiemelték s ezzel kulcsot adtak feloldásukhoz és a jövőbeli kutatások irányának, lehetőségeinek meghatározásához.

Nyilván érdeklődésre tartana számot ezeknek az előadásoknak legalább rövid tartalmi ismertetése, de erre itt sem helyünk nincs és talán – az eddig elmondottakból ez nyilván

kitűnik – éppen a sokoldalúság miatt nem is lehetséges. Ehelyett zárjuk ezt a beszámolót a résztvevők által is elfogadott határozattal, amely szerint az ankétot további szakágazatok (földtan, fizika – csillagászat, űrkutatás stb. – hidrológia, biológia, geográfia), illetve a megfelelő tudományos társaságok, intézmények bevonásával 1979 folyamán hosszabb időtartammal (2 nap), rövidebb, de több előadással meg kell ismételni, mert eredményeiből – az elvontabb tudományos kutatási területek számára adódó hasznukat itt mellőzve –, a környezetvédelem, a lég-, víz- és földszennyezés-kutatás, a mezőgazdasági termelés, a felszínalakítás és -fejlesztés egyaránt hasznos következtetéseket vonhat le, esetleg közvetlenül hasznosítja.

Kéri M.

✱

DR. MÁTRAY ÁRPÁD ELHUNYT

A Magyar Meteorológiai Társaság munkatársaként csendesen, szerényen és szorgalmasan dolgozott életének utolsó 15 évében. Előzőleg – több, mint 40 éven át – a közgazdaságban és a nehézipar adminisztratív munkaterületein dolgozott nyugalmába vonulásáig. A Társaságban végzett munkája a tudomány egyesületi célkitűzések megvalósítása szempontjából is hasznos volt. Ez év január 8-án halt meg 80 éves korában. Temetésén a MTESZ képviselői mellett a Társaság elnöksége is búcsút vett megbecsült munkatársától.

Zách A.

✱

AZ MMT ELŐADÓ-ÜLÉSE

1979. február 8-án *Ajtay Ágnes* a KEI tud. főmunkatársa tartott előadást a Társaságban a *burgonya terméshozamának előrejelzéséről meteorológiai paraméterek segítségével*. Ismertette az 1951–1975. közötti időszak burgonyatermesztésének néhány sajátosságát, vizsgálatai ni. erre a 25 esztendőre terjedtek ki. Majd a burgonya vegetációs szakaszának két markánsan szétválasztható periódusának, a gumónövekedési időszaknak és az azt megelőző időszaknak meteorológiai paraméterei (csapadékmennyiség, középhőmérséklet, hidrotermikus koefficiens) és a terméshozamok közötti regresszióanalízis eredményeit ismertette. Ezek megerősítették a korábbi megállapításokat, amely szerint hazánkban a terméshozam nagysága döntő módon a gumónövekedés szakaszának meteorológiai feltételeitől függ.

A szerző által alkalmazott termésbecslő eljárás a meteorológiai tényezők mellett a terméstrend alkalmazásával a nem meteorológiai tényezők hatását is figyelembe veszi. A becslési modell nem lineáris. Példaként a 19 megye terméshozamát prognosztizálta 1977.

évre vonatkozóan. A becslés hibája 13 megyében jóval 10% alatt volt, három megyében alig múlta felül a 10%-ot és csak három megyében kapott nem kielégítő eredményt.

Az előadás utáni vita során kitűnt, hogy a mezőgazdasági szakemberek az agrometeorológia részéről a gazdaságirányítás egyik jelentős területén – a termésbecslés területén – segítséget kaphatnak.

A mezőgazdasági szakemberek részéről *Bebők János, Takács Ferenc*, a meteorológusok részéről *Béll Béla, Kéri Menyhért, Dunay Sándor* és *Szuróczy Zoltán* hozzászólásai segítettek az előadót abban, hogy kutatásait mely irányban célszerű tovább folytatni.

Dunay S.

✱

LÁTOGATÁS A POPRÁDI AEROLÓGIAI OBSZERVÁTORIUMBAN

A Központi Meteorológiai Intézet megfigyelési főosztályának négy munkatársa, *Alpár Tibor, Varga Miklós, Ventura Eduárd* és *Zseránszky Pál* 1978. dec. 11–13. között tanulmányúton járt a Szlovák Hidrometeorológiai Szolgálat poprádi aerológiai obszervatóriumában. Az obszervatórium az elmúlt évben kezdte meg működését és jelenleg Európa egyik legkorszerűbb ilyen jellegű létesítményének tekinthető. A tanulmányút célja a METEORIT – RKZ rendszerrel kapcsolatos tapasztalatok kicserélése volt, melynek során a rendszer üzemeltetésével, karbantartásával és javításával kapcsolatban a résztvevők sok hasznos tanácsot kaptak. A tanulmányút szívélyes baráti légkörben zajlott, nagymértékben szolgálta a már korábban kialakított kapcsolatok elmélyítését. A szlovák kollégák ez idén térnek rá az általunk már évek óta használt rádiószonda kiértékelési rendszerre, így ezen a téren a magyar szakemberek igen jelentős segítséget tudtak nyújtani az átállással kapcsolatban felmerült problémák megoldásában. E tanulmányút során is bebizonyosodott, hogy feltétlenül szükség van a rádiószondázás terén dolgozó szakemberek rendszeres tapasztalatcseréjére.

Ventura E.

✱

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG ÉVZÁRÓ ÜLÉSE

A Magyar Meteorológiai Társaság 1979. február 22-én tartotta évzáró ülését az MTESZ Anker-közi székházában.

A napirend első pontjaként a főtítkár beszámolójában áttekintette és értékelte az elmúlt év társasági rendezvényeit, a szakosztá-

lyok és a területi csoportok tevékenységét, valamint a vezetőszervek és bizottságok munkáját, majd a Társaság hazai és nemzetközi kapcsolatairól szól, s a rendezvények látogatottságáról és a taglétszám alakulásáról nyújtott tájékoztatást. Kegyeletes szavakkal adózott a Társaság elmúlt évben elhunyt tagjai: *Aujeszky László, Bánkuti János, Dési Frigyes, Papp Béla és Símor Ferenc*, valamint *Mátray Árpád* emlékének.

Beszámolójának második részében az 1979. évi előzetes munkatervet ismertette. Ennek keretében vázolta azt is, hogy a Társaságnak milyen erkölcsi és anyagi eszközei vannak a kiemelkedően eredményes meteorológiai tudományos tevékenység, továbbá a hosszú időn át példamutatóan s lelkiismeretesen végzett tudományos-társadalmi tevékenység elismerésére.

Gaál Elek az ellenőrző bizottság jelentését terjesztette elő; a záróülés a jelentést tudomásul vette. Ez után az elnöklő *Béll Béla* meleg üdvözlő szavak kíséretében nyújtotta át a szaktudományunk fejlesztése és a Társaság célkitűzéseinek hatékony előmozdítása érdekében kifejtett eredményes tevékenységükért a *Steiner Lajos*-emlékérmet és az adományozást tanúsító oklevelet a kitüntetetteknek. Ezúttal *Gaál Elek, Láng Sándor, Salamin Pál, Szakács Györgymé, és Varga-Haszónits Zoltán* nyerte el az emlékérmeket. Ugyancsak az elnök köszöntötte a Társaság új tiszteleti tagjaként *Kozma Bélát* és *Ozorai Zoltánt*, átnyújtva nekik a Társaság tiszteleti tagságáról szóló oklevelet.

A nivódíj szabályzatnak megfelelően a záróülésen került sor az 1978. évi nivódíj eredményének bejelentésére is, mely szerint „A csapadék havi és évi összegei Magyarországon a mérések kezdetétől 1970-ig” című műért, annak szerzői – *Hajósy Ferenc, Kakas József* és *Kéri Menyhért* – megosztva kapták a Társaság szakirodalmi nivódíját.

Ismertette a főtítkár a *Róna Zsigmond*-alapítvány létesítésének körülményeit és a már jóváhagyott szabályzatát. E szabályzat szerint az alapítvány 1978. évi kamatából képzett díj odaítéléséről – az elnökség javaslata alapján – a Választmány hoz majd határozatot.

Az 1978. évi ifjúsági díjat *Terék Aranka* (JATE) „A csapadékváltozások területi rendszere Magyarországon földközi-tengeri ciklonhelyzetben” című továbbá *Tóth László* (ELTE) „A csapadékmérő berendezések tulajdonságaiból és a megfigyelési rendszerekből adódó rendszeres hibák a csapadékadatokban” című tudományos diákköri dolgozata nyerte el. A díjakat a nyertesek az illetékes tanszékük vezetőjétől kapják majd meg.

A záróülés befejezésével az elmúlt évben

kifejtett értékes előadó-tevékenységéért, valamint az eredményes tudományos, ill. társadalmi munka elismeréseként a Társaság elnöksége által megállapított jutalmak kiosztására került sor. Jutalomban részesült *Örményi Imre, Simon Antal, Vissy Károly, Nagyné Dávid Aranka, Pletser János, Bozó Pál, Felméry László, Dunay Sándor, Bencze Zoltánné, Simon Antalné* és *Weingartner Ferencné*.

Szakály J.

✕

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG SZEGEDI CSOPORTJÁNAK ÜLÉSE

1978. március 8-án a Magyar Meteorológiai Társaság szegedi csoportjának ifjúsági szakosztálya előadóülést tartott. Az előadói üléseken bemutatták a József Attila Tudományegyetem éghajlattani tudományos diákkörében készült azon dolgozatokat, amelyek a Debrecenben rendezendő XIV. Országos Tudományos Diákköri Konferencia programjában szerepelnek.

A bemutatott dolgozatok a következők voltak: *Király Márta* (III. évf. matematika – földrajz): Az egyensúlyi hőmérséklet Magyarországon, *Tóth Tünde* (IV. évf. földrajz – orosz): A gyermekláncfű és a fehér bokrétafa fenológiai fázisai Magyarországon, *Terék Aranka* (III. évf. matematika – földrajz): Csapadékeloszlás Magyarországon mediterrán ciklonok átvonulásakor, *Szutos Erzsébet* (V. évf. matematika – földrajz), Trópusi monszunterületek csapadékváltozékonysága, *Vodinák Georgina* (V. évf. matematika – földrajz): A Csendes-óceán felszíni vízhőmérsékletének ingadozásai összefüggésben az általános légcirkulációval, *Molnár Zoltán* (III. évf. matematika – földrajz): Talajközeli inverziók típusai és gyakoriságuk Szegeden, *Pelle László* (V. évf. matematika – földrajz): Szekuláris hőmérsékleti és csapadéksorok kölcsönös információtartalmának vizsgálata.

A dolgozatok a korszerű éghajlatkutatás széles spektrumát képviselik, amint arra *Béll Béla*, a MMT elnöke az előadások értékelése során rámutatott. Kiemelte az előadók precíz, fegyelmezett felkészültségét, a dolgozatok jó logikai felépítését és annak a reményének adott kifejezést, hogy az elhangzott referátumok az Országos Tudományos Diákköri Konferencián is sikert fognak aratni.

Az előadó ülés befejeztével *Pécze György* egyet. tanár, az MMT szegedi csoportjának elnöke *Terék Anna* egyetemi hallgatónak munkája elismeréseként átnyújtotta a Magyar Meteorológiai Társaság által néki adományozott 1978. évi ifjúsági díjat.

Kiss Á.

MEGJELENT

az Országos Meteorológiai Szolgálat Hivatalos kiadványaként
a Magyarország Éghajlata sorozat 10. száma:

A NAPSUGÁRZÁS MAGYARORSZÁGON 1958—1972

Szerkesztette: Dr. Major György

A 80 oldalas, 21×29 cm méretű sugárzási atlasz 65 többszínnyomatú térképen bemutatja a sugárzási összetevőknek (napfénytartam, teljes napsugárzás, szórt sugárzás, albedó és sugárzási egyenleg) havonkénti átlagos eloszlását az ország területén; ezzel párhuzamosan 24 táblázatban 12 állomáson a napsütés valószínűségének napi járását s az össz-sugárzás gyakorisági eloszlását, másik 24 oszlopdiaagram a szórt sugárzás s a sugárzási egyenleg Budapestem mért napi értékeinek valószínűségét, gyakoriságát mutatja be. Külön érdeklődésre tarthat számot az a 48 diagram amely a napsugárzásból az épületek négy fő égtáj irányába néző függélyes felületekre jutó energiamennyiség nap-összegeinek havonkénti gyakoriságát, átlag² és szórását ábrázolja, ugyancsak a budapesti mérések alapján.

Megrendelhető az Országos Meteorológiai Szolgálat Gazdasági Osztályán,
Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024 Levélcím: Budapest, Postafiók 38. 1525

Ára: 110,— Ft

A KÖZELMŰLTBAN MEGJELENT METEOROLÓGIAI SZAKKÖNYVEK

1. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS KIADVÁNYAI:

- XL. kötet: A Balaton éghajlata — A Balaton térségének éghajlati jellegzetességei, hő- és vízháztartása, bioklimája (Szerk.: BÉLL BÉLA és TAKÁCS LAJOS). Budapest, 1974. 316 B/5 lap. Ára vászonkötésben: 150,— Ft.
- XLI. kötet: A meteorológiai mezők statisztikai szerkezete (Szerk.: CZELNAI, R., L. S. GANDIN, W. I. ZACHARIEW). Orosz és német nyelven. Budapest, 1976. 364 A/4 lap. Ára fűzve: 80,— Ft.
- XLII. kötet: HAJÓSY FERENC, KAKAS JÓZSEF, KÉRI MENYHÉRT: A csapadék havi és évi összegei Magyarországon a mérések kezdetétől 1970-ig. Magyar és német nyelven. Budapest, 1975. 356 A/4 lap. Ára fűzve: 520,— Ft.

2. A METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT KISEBB KIADVÁNYAI:

44. szám: MAJOR GYÖRGY—MISKOLCI FERENC—MOLNÁR GYULA: A légköri hőmérséklet műholdas szondázásának kutatása Magyarországon (Angol nyelven). Budapest, 1978. 70 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.
45. szám: TAKÁCS ÁGNES—TITKOS ERVIN: Az időjárás előrejelzésének komplex modellje (magyar és angol nyelven). Budapest, 1978. 97 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.
46. szám: GÖTZ GUSZTÁV: A latens hőfelszabadulás szerepe a szinoptikus skálájú mozgásrendszerek fejlődésében (Magyar és angol nyelven). Budapest, 1979. 94 B/5 oldal. Ára fűzve: 25,— Ft.

✱

Megrendelhető k

az Országos Meteorológiai Szolgálat Gazdasági Osztályán,
Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024. Levélcím: Budapest, 155
Postafiók 38.

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA

A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

Szerkesztőség: Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024

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

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

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató



Athenaeum Nyomda, 79.0904 Budapest — Íves magasnyomás

Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

Előfizetés: 1 évre 180 Ft. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán,
Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024. Levélcím Budapest, Pf. 38. 1525. Megjelenik kéthavonként. Egyes szám ára: 30 Ft

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329