

# IDŐJÁRÁS

## SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG:

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

ELNÖK:

**DÉSI F. (BUDAPEST)**

SZERKESZTŐ:

**LŐRINCZ A. (BUDAPEST)**

79. ÉVFOLYAM

**3**

1975. MÁJUS—JÚNIUS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT BUDAPEST



ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

---

# IDŐJÁRÁS

79. ÉVFOLYAM

**3**

1975. MÁJUS—JÚNIUS

---

BUDAPEST

# IDŐJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

## E SZÁM SZERZŐI

TÄNCZER TIBOR kandidátus, a Központi Légekörfizikai Intézet tud. főosztályvezetője, *Budapest*; PÉCZELY GYÖRGY a földrajztudományok doktora, a József Attila Tudományegyetem Éghajlattani Tanszékének tszv. tanára, *Szeged*; POPOVICS MÁRIA dr., a Központi Légekörfizikai Intézet tud. csoportvezetője, *Budapest*; CZÖVEKNÉ KABA MAGDOLNA, FARAGÓ TIBOR, GULYÁS OTTÓ, a Központi Meteorológiai Intézet tud. munkatársai, *Budapest*; KISS ÁRPÁD dr., a József Attila Tudományegyetem Éghajlattani Intézetének adjunktusa, *Szeged*

# IDŐJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

## TARTALOM

<i>Tánczer Tibor</i> : Kísérlet több-paraméteres mennyiségi csapadék-előrejelzési modell felállítására Magyarország területén .....	133
<i>Péczely György</i> : Havi csapadékösszegek idősorainak néhány statisztikai sajátossága Magyarországon .....	144
<i>Popovics Mária</i> : Regionális, kül- és belterületi levegőminőség Magyarországon ...	153
<i>Kaba Magdolna—Faragó Tibor—Gulyás Ottó</i> : Az analógia elvén alapuló prognosztikai módszerek matematikai modellje .....	166
<i>Kiss Árpád</i> : A hőmérséklet napi ingásának statisztikai elemzése .....	177
<b>Irodalom</b>	
<i>Probáld Ferenc</i> : Budapest városklímája ( <i>Kakas József</i> ) .....	183
<b>Krónika</b>	
A XV. Meteorológiai Világnap ( <i>Gajzágó L.</i> ) — Magyar-jugoszláv meteorológiai együttműködés ( <i>Götz G.</i> ) — A szocialista országok szinoptikus- és repülés-meteorológiai munkacsoportjának (RGSAM) hetedik ülése ( <i>Vissy K.</i> ) — Technikai konferencia Washingtonban az automatizált meteorológiai rendszerekről ( <i>Mezősi M.</i> ) — Távprognosztikai témaértekezlet Varsóban ( <i>Kaba M.</i> ) — Neumann János tevékenységének meteorológiai vonatkozásai ( <i>J. Smagorinsky—Czelnai R.</i> ) — Értekezlet a repülésmeteorológiai adatok továbbításáról ( <i>Lépp I.</i> ) — Szocialista együttműködési szerződés ( <i>Tóth E.</i> ) — A meteorológusképzés kérdései és környezetvédelmi vonatkozásai ( <i>Dobosi Z.</i> ) — Meteorológiai tanulmányok a XII. országos tudományos diákköri konferencia előadásain ( <i>Péczely Gy.</i> ) — Grönlandi útbeszámoló ( <i>Simon A.</i> ) — Meteorológia és turisztika ( <i>Fodor I.</i> ) .....	185

# IDÓJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

## CONTENTS — INHALT — SOMMAIRE — СОДЕРЖАНИЕ

<i>Tánczer, T.:</i> A Proposed Multi-parametric Model for Quantitative Forecasting of Precipitation in Hungary .....	133
<i>Péczely, G.:</i> Some Statistical Characteristics of Monthly Precipitation Time Series in Hungary .....	144
<i>Popovics, M.:</i> Regional, Rural and Downtown Air Qualities in Hungary .....	153
<i>Kaba, M.—Fragó, T.—Gulyás, O.:</i> Mathematical Model of Forecasting Methods Based on the Principle of Analogy .....	166
<i>Kiss, Á.:</i> A Statistical Analysis of Daily Variation of Temperature .....	177
Literature	
<i>Probáld, F.:</i> Budapest városklimája (Urban Climatology of Budapest). ( <i>J. Kakas</i> )	183
Chronicle .....	185

## Kísérlet több-paraméteres mennyiségi csapadékelőrejelzési modell felállítására Magyarország területén

TÄNCZER TIBOR, Központi Légekörfizikai Intézet, Budapest

*A Proposed Multi-parametric Model for Quantitative Forecasting of Precipitation in Hungary.* The 12 hours' average precipitation amounts are examined in connection with various atmospheric parameters for Transdanubia and the Region beyond the Tisza river during 1968. From the eight basic predictors four indicators are formed on the basis of physical considerations and experimentation. The indicators are at first evaluated separately then a complex model is established. This way the correlation coefficient is improved by 0.1–0.2 and finally a coefficient of 0.6 is attained. The reliability of the indicators is studied and it is concluded that the indicator made up of the 500 mb geostrophic vorticity advection and the K instability index is the most efficient for precipitation forecasting. The model is also applicable for the prediction of the quantity of precipitation, as the author succeeded ordering significant precipitation efficiency averages to the indicators of precipitation, with the help of which the amount of precipitable water can be estimated if the water content of the air known from radio-sounding. Finally the prognostic value of the model is evaluated.

✱

*Многопараметровая модель для предсказания количества осадков в Венгрии.* В работе рассматривается связь среднего за 12 часов количества осадков с различными параметрами атмосферы для двух регионов Венгрии — для Задунайской и Затисской областей, в 1968 г. По физическим соображениям и по предварительно проведенным экспериментам из принятых восьми предикторов создаются четыре индикатора. Даются отдельные оценки для каждого из индикаторов, затем последние объединяются в комплексную модель. Таким путем в коэффициент корреляции вводится поправка 0,1—0,2 и в конечном итоге достигается величина 0,6. Обсуждается достоверность индикаторов и делается вывод о том, что атмосферные осадки прогнозируются наиболее эффективно с помощью индикатора в который входят геострофическая адвекция вихря на 500 мб и индекс неустойчивости К. Модель может применяться также для предсказания количества осадков, поскольку к индикаторам осадков отнесены средние величины эффективности осадков, при помощи которых по общему влагосодержанию подсчитанному из радиозондовых наблюдений, можно определить ожидаемое количество осадков. В заключение модель оценивается прогностической точки зрения.

✱

### Bevezetés

Néhány évvel ezelőtt összefüggést állapítottunk meg műholddal megfigyelt felhőmennyiségek és különböző légköri paraméterek között (Tánczer, 1974). Minthogy a felhőzet és a csapadék azonos légköri folyamatok eredménye, némi alapot éreztünk arra, hogy a legjobb összefüggést szolgáltató paramétereket megkíséreljük prediktorként felhasználni egy több-paraméteres statisztikai, mennyiségi csapadékelőrejelzési modell kidolgozásában.

A kihulló csapadék különböző tér- és időskálán lejátszó dó mozgásfolyamatok összegeződésének következménye, ezért a vizsgált csapadékmennyiségek megválasztásánál és a velük összefüggésbe hozott prediktorok kiszámításánál

igen körültekintően kell eljárunk. A kisebb tér- és időskálán jelentkező perturbációk „zavaró” hatásának a kiküszöbölésére simítás alkalmazása látszik a legcélszerűbbnek. Időbeli simításnak tekinthető már a 12 óránként mért csa-



1. ábra.: Az átlagos csapadékmennyiség ( $\overline{RR}$ ) kiszámítására felhasznált állomások elhelyezkedése

padékadatok használata. A területi átlagolást – különböző elvi megfontolásokból – megközelítőleg akkora területre terjesztettük ki, mint a Dunás tülillette a Tiszántúl.

A 12 órás időtartamra vonatkozó csapadékösszegekhez, pontosabban azok területi átlagához a 12 óránkénti földfelszíni meteorológiai észleléseket és függőleges légállapotméréseket rendeltük hozzá: a 06–18 GMT alatt hullott csapadékhoz a 12 órás, a 18–06 GMT alatti csapadékhoz a 00 órás adatokat. Az a körülmény, hogy a választott preditorok értékei a mérési intervallum közepére vonatkoznak, reprezentativitás szempontjából szerencsésnek mondható. A meteorológiai mezőket jellemző paraméterek kiszámításánál a rácsávolságot ( $d$ ) – hogy összhangban legyünk a vizsgálati terület nagyságával – 300 km-nek vettük fel. Vizsgálati időszakul az 1968-as esztendőt választottuk, 12 órás időközökre bontva (összesen tehát mindkét területen 732 vizsgált eset). Az átlagos csapadékmennyiségeket ( $\overline{RR}$ ) az alábbi hat kategóriába soroltuk:

$$\overline{RR} \quad 0, ny, 1-2,9, \quad 3-4,9, \quad 5-9,9, \quad \geq 10 \text{ mm}$$

A vizsgálati területekre vonatkozó csapadékösszeg átlagokat a következő szinoptikus állomások mérései alapján képeztük:

Dunántúl – Győr, Zalaegerszeg, Siófok, Pécs, Budapest;

Tiszántúl – Miskolc, Szolnok, Szeged, Debrecen, Békéscsaba.

A felsorolt állomások, ha nem is esnek valamennyien a megnevezett területre, azt jól átfogják. Elhelyezkedésüket az 1. ábrán szemléljük.

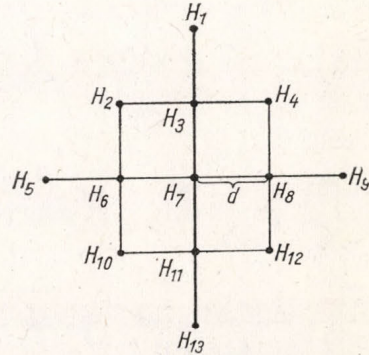
### Prediktorok

Prediktorként korábbi vizsgálataink alapján az alábbi mennyiségeket választottuk:

1.  $\Delta^2 H_{850}$  – 850 mb-os relatív geosztrofikus örvényesség,
2.  $\Delta H_{1000}^{500}$  – 500/1000 mb-os relatív izohipsza gradiens nagysága,
3.  $H_{500}$  – 500 mb-os geopotenciálérték,
4.  $Ri^+$  – alsó-troposzféra telítettségének figyelembevételével kialakított *Richardson-szám*,
5.  $(A_t)_{500}$  – relatív geosztrofikus örvényességi advekción az 500 mb-os szinten,
6.  $K$  – ismert instabilitási index,

7.  $\Delta H_{500}$  — 500 mb-os izohipsza gradiens nagysága,  
 8.  $\Delta^2 H_{500}$  — 500 mb-os relatív geosztrofikus örvényesség.

A prediktorok közül az 1., 3., 5. és 8. különböző szinteken a ciklonalitás mértékével illetve annak változásával, a 4. és 6. az instabilitási valamint advekciónak viszonyok alakulásával, a 2. és 7. a fronttevékenységgel van kapcsolatban. Az örvényességnek, különösen advekciónak a jelentőségét a csapadékfolyamatokban már *Jenrette (1960)* hangsúlyozta.



2. ábra: Rácshálózat az operátorok kiszámítására.  $H_1, H_2, \dots$  a megfelelő pontokban a geopotenciálok értéke,  $d$  a ráctávolság

Az operátorok kiszámításához a 2. ábrán bemutatott derékszögű rácshálózatot vettük fel, amelynek középpontját Dunántúlon a  $47^\circ\text{N}, 18^\circ\text{E}$ , Tiszántúlon a  $47^\circ\text{N}, 21^\circ\text{E}$  földrajzi pontokban helyeztük el. A hálózat függőleges tengelyét északi irányba fektettük.  $H_1, H_2, \dots$  a megfelelő pontokban a geopotenciálok értéke, amelyekből az operátorokat a következőképpen állítottuk elő:

$$\Delta^2 H_{850} = H_1 + H_5 + H_9 + H_{13} - 4H_7,$$

$$\Delta H_{1000}^{500} = \sqrt{(H_8 - H_6)^2 + (H_3 - H_{11})^2},$$

$$(\Delta \zeta)_{500} = [V_g \cdot \Delta(\Delta^2 H)]_{500} =$$

$$= (H_3 - H_{11})(\Delta^2 H_8 - \Delta^2 H_6) - (H_8 - H_6)(\Delta^2 H_3 - \Delta^2 H_{11}),$$

ahol  $V_g$  a geosztrofikus szélesség,

$$\Delta^2 H_8 = H_4 + H_9 + H_{12} + H_7 - 4H_3,$$

$$\Delta^2 H_6 = H_2 + H_5 + H_7 + H_{10} - 4H_3,$$

$$\Delta^2 H_3 = H_1 + H_2 + H_4 + H_7 - 4H_3,$$

$$\Delta^2 H_{11} = H_7 + H_{10} + H_{12} + H_{13} - 4H_{11}$$

$$\Delta^2 H_{500} = H_3 + H_6 + H_8 + H_{11} - 4H_7.$$

Mint az a fentiekből kiolvasható, a 850 mb-os geosztrofikus örvényességet a többitől eltérően  $d = 600 \text{ km}$ -es ráctávolsággal számítottuk.

$$Ri^+ = \frac{g}{T} \frac{\gamma_a - \gamma}{\beta^2},$$

ahol  $g$  — a nehézségi gyorsulás,

$$\bar{T} - \text{rétegek középhőmérséklet, esetünkben } \bar{T} = \frac{T_{850} + T_{700}}{2}.$$

$\gamma_a$  — adiabatikus hőmérsékleti gradiens,  
 $\gamma$  — tényleges hőmérsékleti gradiens.

A nedvesadiabatus h6m6rs6kleti gradienset a 850 6s 700 mb-os szinteken vett tel6t6si hi6nyok 6sszeg6nek ( $\tau_{850} + \tau_{700}$ ) f6ggv6ny6ben sz6m6tottuk ki az al6bbi 6sszef6gg6s szerint:

$\tau_{850} + \tau_{700}$	0-2	3-5	6-8	9-11	12-14	15-17	>17
$(\Delta T_a)_{850-700}$	9	10	11	12	13	14	15

Itt  $(\Delta T_a)_{850-700}$  a jelzett szintek k6z6tti adiabatus h6m6rs6klet k6l6nbs6g. Tov6bb6

$$\beta = \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)^2},$$

amelyben  $V_1 = V_{850}$  6s  $V_2 = V_{700}$  helyettes6t6st alkalmaztunk 6s v6ges k6l6nbs6gekkel ( $z = 1,5 \text{ km}$ ) sz6m6ltunk.

$$K = T_{850} - T_{500} + (T_a)_{850} - \tau_{700},$$

ahol  $T_i$  a megfelel6 szint h6m6rs6klete,  $T_a$  harmatpontja,  $\tau$  tel6t6si hi6nya.

### Indik6torok

A felvett prediktorokb6l - p6ronk6nt - n6gy,  $A, B, C, D$ -vel jel6lt indik6tort k6peztt6nk:

$$A - \Delta^2 H_{850}, \Delta H_{1000}^{500}, B - H_{500}, Ri^+, \\ C - (A_t)_{500}, K, \quad D - \Delta H_{500}, \Delta^2 H_{500}.$$

A prediktorp6rok 6sszev6logat6sa olyan elgondol6s alapj6n t6rt6nt, hogy

### I. T6BL6ZAT

*A sz6tv6laszt6 egyeneseknek a koordin6ta-tengelyekkel alkotott metsz6spontjai (a az x-, b az y-tengelyen) az egyes indik6tor mez6kben*

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A	a	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	b	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
B	a	60	65	65	70	75	80	85	80	80	75	70	65
	b	15	15	20	20	20	25	30	25	25	20	20	15
C	a	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	b	10	15	15	15	20	25	25	25	20	15	15	15
D	a	11	11	11	11	8	8	8	8	8	8	11	11
	b	9	9	9	9	6	6	6	6	6	6	9	9

azokban k6l6nb6z6 csapad6kfolyamatokat (pl. ciklon6lis, front6lis, konvekt6v) jellemz6 mennyis6gek ker6ljenek egym6s mell6, teh6t az indik6torok 6nmagukban is min6l t6bbre legyenek k6pesek. Ebb6l a szempontb6l n6zve az  $A$  6s  $D$  indik6torok f6leg a ciklon6lis 6s front6lis, m6g a  $B$  6s  $C$  indik6torok a ciklon6lis, front6lis 6s konvekt6v csapad6kfolyamatokra egyar6nt 6rz6kenyek.

Az egyes eseteket a csapadék mennyiségének megfelelően jelölve a prediktorpárok értékei szerint a négy indikátor-mezőben ábrázoltuk ( $x$ -tengelyre az indikátor első,  $y$ -tengelyre második prediktorát vittük fel). A különböző mezőkben kapott pontthalmazra empirikusan kerestük azt az egyenest, amely a lehető „legjobban” választja szét a csapadékos eseteket a száraz napoktól. Az így nyert egyeneseknek a koordináta-tengelyekkel alkotott metszéspontjait ( $a$ ,  $b$ ) indikátoronként az *I. táblázatban* mutatjuk be. A szétválasztó egyenesek objektív, matematikai leírása folyamatban van.

Megállapítható, hogy az  $A$  indikátor kivételével az egyeneseknek évi járása van. Ez a  $D$  indikátornál még csak a nyári és a téli félévre történő különülésben jelentkezik, a  $C$  indikátornál a  $K$  prediktor már nagyobb változást mutat, de legnagyobb a változékonysága a  $B$  indikátornak.

A különböző csapadékmennyiségeket képviselő pontoknak az egyenesekhez képest történő elhelyezkedését százalékosan kifejezve indikátorok szerint, évi összesítésben a *II. táblázatban* tüntettük fel. Látható, hogy a csapadékmentes esetek általában mintegy 70–80%-ban különülnek el. Itt legrosszabb a helyzet a  $D$  indikátor esetében, ahol csupán 60%-os különülésről beszélhetünk. A nyomot adó csapadékos esetek – mint az várható – kb. 50–50%-ban válnak szét. A csapadék mennyiségének növekedésével az különülés egyre határozottabbá válik. Legsikeresebbnek a  $C$  indikátor mondható, különösen 5 mm fölötti csapadékmennyiségnél (közel 100%-os fedés).

### Minőségi verifikáció

A pontok eloszlásának először minőségi értékelését végeztük el oly módon, hogy csupán a csapadék tényére voltunk tekintettel. A kiértékeléshez három karakterisztikát számítottunk ki: 1. beválási százalékot ( $B$ ), 2. „*scill-score*”-t

### II. TÁBLÁZAT

*A helyes indikátor jelzések százalékában (felül) és az esetek számában (alul) kifejezve indikátorok szerint*

RR	Dunántúl						Tiszántúl					
	0	ny	1–3	3–5	5–10	>10	0	ny	1–3	3–5	5–10	>10
A	75 270	39 91	70 49	72 26	89 24	100 2	74 266	40 93	65 52	73 28	65 13	100 4
B	73 266	49 116	64 45	67 24	78 21	100 2	76 267	54 131	70 55	75 27	85 17	75 3
C	65 236	51 119	84 59	87 31	96 26	100 2	67 236	53 129	79 62	94 34	100 20	100 4
D	63 227	51 121	84 59	77 27	85 23	100 2	61 215	54 129	68 54	69 25	55 11	100 4

( $S^*$ ), 3. korrelációs koefficienset ( $r$ ), (a négyzetes kontingenciából vont négyzetgyök értékét). Az adatokat a szokásos kontingencia-táblázat alakjában írtuk fel:

		Prognózis	
		igen	nem
Csapadék	igen	a	b
	nem	c	d

amelyben  $a$  – jelzett csapadékos esetek száma,  
 $b$  – nem jelzett csapadékos esetek száma,  
 $c$  – csapadékosnak jelzett „száraz” esetek,  
 $d$  – jelzett „száraz idő”.

E számértékekből a fent említett karakterisztikák az alábbi módon származtathatók le:

$$1. B = \frac{F}{T} 100, \quad F = a + d, \quad T = a + b + c + d,$$

$$2. S^* = \frac{F - Z}{T - Z} \quad Z = X, \text{ ha } X > Y, \text{ ha } Z = Y, X < Y, \\ X = a + b \text{ és } Y = c + d.$$

$S^*$  az angol nyelvű szakirodalomban használt jellemzőszám (ún. *Appleman-féle scill-score*).

$$3. r = \sqrt{\frac{(ad - bc)^2}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}}.$$

A kontingencia-táblázat összeállításánál a legnagyobb problémát a csapadékösszeírások jelentették. Ezeket a következő módon építettük be a táblázatba. Ha *ny* esetén 1. csapadékot jelzett az indikátor,  $a$ -ba, 2. nem jelzett csapadékot, az esetek felét  $b$ -be, másik felét  $d$ -be számítottuk. Az ilyen szétosztást az indokolja, hogy a jelentéktelen csapadék előrejelzésének elmaradása nem tekinthető teljes mértékben hibásnak. Az így elvégzett kiértékelés eredményét évi összesítésben a *III. táblázatban* mutatjuk be.

Területileg  $A$  és  $D$  indikátor a Dunántúlra,  $B$  és  $C$  a Tiszántúlra adott jobb beválást. Különbözően a három karakterisztika eléggé összevágó eredményt nyújtott. Ez a tény arra enged következtetni, hogy már a legegyszerűbben definiált beválási százalék ( $B$ ) is alkalmas a prognózis sikerességének a kifejezésére. Évszakosan  $A$  és  $C$  indikátorok esetében a beválás tavasszal,  $B$  esetén nyáron, míg  $D$ -nél télen bizonyult a legjobbnak. Számszerűen a legmagasabb jellemzőszámokat  $B$ -re, míg a legalacsonyabbakat  $D$ -re kaptuk.

### III. TÁBLÁZAT

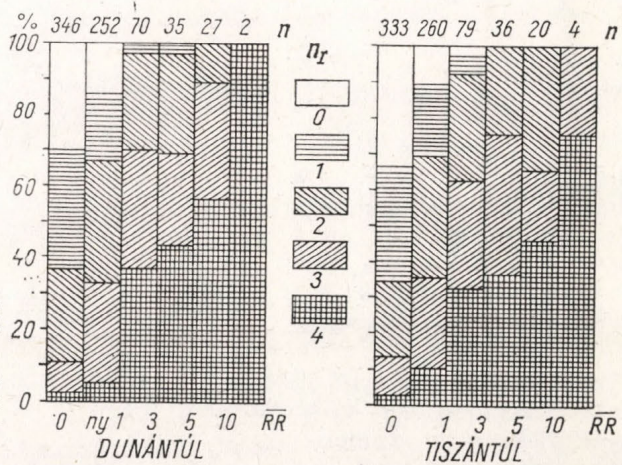
*Az egyes indikátorok jelzéseinek minőségi értékelése. B beválási százalék,  $S^*$  scill-score,  $r$  korrelációs koefficiens*

	Dunántúl			Tiszántúl		
	B	$S^*$	$r$	B	$S^*$	$r$
A	73,2	0,35	0,44	71,9	0,32	0,40
B	72,9	0,35	0,44	75,8	0,45	0,51
C	72,6	0,36	0,46	74,0	0,41	0,48
D	70,7	0,32	0,42	67,5	0,26	0,35

### Komplex séma

A komplex sémát oly módon alakítottuk ki, hogy az indikátorok jelzéseit egyesítettük: azt vizsgáltuk, hogy az indikátorok milyen mértékben (számszerűen hány) ölelték fel a különböző kategóriájú csapadékos eseteket. Adott esetben csapadékot jelző indikátorok számát a továbbiakban  $n_1$ -el jelöljük.

Az adatok eloszlásában helyes tendencia mutatkozott: a csapadék mennyiségének növekedésével mind több indikátor jelezte annak bekövetkezését.



3. ábra: Az indikátorok fedésének mértéke százalékban különböző csapadékmennyiségnél ( $RR$ ) a Dunántúlon és a Tiszántúlon;  $n_1$  a csapadékot jelző indikátorok száma,  $n$  az egyes csapadékkategóriákba eső esetek száma

A csapadékmentes esetek maximuma 0, 1  $n_1$  értékeknél volt. A csapadéknyom maximum jellegének megfelelően a legbizonytalanabb kategóriába  $n_1 = 2$  értékeire esett, kivéve a téli évszakot, amikor a nagyobb csapadékhajlam miatt a 3-as  $n_1$ -re tevődött át. Figyelemreméltó, hogy az  $n_1$  0 és 1 értékeinél 1 mm-t meghaladó csapadék az egész év folyamán Dunántúlon 3, Tiszántúlon 6 esetben fordult elő.

Az évi összesítés eredménye a 3. ábrán látható, amelyről leolvasható, hogy az egyes csapadék kategóriákon belül (vízszintes tengely) az indikátorok százalékosan (függőleges tengely) milyen mértékben ( $n_1$  száma) jelezték a csapadékot. Az oszlopok tetején az esetek száma szerepel. A csapadék mennyiségének növekedésével a csapadékot jelző indikátorok száma ( $n_1$ ) növekszik. Száraz idő esetén a 0, 1  $n_1$  közel 70%-ban dominál. Nyom esetén jól látszik a nagyfokú bizonytalanság, a 0–1, 2 és 3–4  $n_1$  az eseteknek körülbelül harmad-harmad részét teszik ki. A Dunántúlra kapott eredmények jobbakként, mint a tiszántúliak, ami különösen az 5 mm-t meghaladó csapadéknál válik kifejezetté. Az is kitűnik, hogy nagyobb csapadékmennyiségénél is könnyen „becsúszik” egy-egy indikátor tévedése.

Jelen esetben kétféle verifikációt hajtottunk végre. Először minőségi kiértékelést végeztünk, vagyis csupán a csapadék tényére voltunk tekintettel. Ekkor a kontingencia-táblázatot oly módon állítottuk össze, hogy a 3, 4  $n_1$ -t csapadék, a 0, 1  $n_1$ -t száraz idő jelzésének vettük. Az 2  $n_1$ -hez tartozó „bizonytalan” eseteket a nyom kivételével száraz idő esetén  $c$  és  $d$  között, 1 mm-t elerő vagy meghaladó csapadéknál  $a$  és  $b$  között egyenlő arányban szétoztottuk. A nem jelzett  $ny$  eseteket ( $n_1 = 0$  és 1) hasonlóképpen  $b$ -be illetve  $d$ -be számítottuk.

IV. TÁBLÁZAT

*Minőségi (B, S\*, r) és mennyiségi (ρ) verifikáció az indikátorok jelzéseinek egyesítése esetén*

	Dunántúl				Tiszántúl			
	B	S*	r	ρ	B	S*	r	ρ
Tavaszi	83,2	0,59	0,68	0,37	79,5	0,55	0,60	0,32
Nyár	80,4	0,58	0,61	0,39	83,9	0,67	0,68	0,39
Ősz	78,0	0,46	0,57	0,32	79,6	0,58	0,60	0,30
Tél	79,6	0,56	0,59	0,28	76,9	0,53	0,54	0,26
Év	80,4	0,57	0,60	0,34	80,1	0,59	0,60	0,32

A már ismert három karakterisztikával (*B, S\*, r*) vizsgáltuk a bevalás mértékét. Az évszakosan kapott értékeket a *IV. táblázatban* közöljük. Összehasonlítva az indikátorok szerinti verifikációval (*III. táblázat*), a komplex séma mintegy 7–10%-os javítást eredményezett a bevalásban, míg átlagosan több mint 0,2-es emelkedést a scill-score-ban, és mintegy 0,15-ös növekedést a korrelációs koefficiensben. Legjobbnek a tavasz és a nyár, legrosszabbnak a tél adódott. Évi átlagban a két vizsgálati terület között számottevő eltérés nem jelentkezett.

A mennyiségi értékelést úgy végeztük el, hogy az összetartozó  $\overline{RR}$ ,  $n_1$  értékekkel illeszkedés-vizsgálatot hajtottunk végre. Ennek jellemzésére a négyzetes kontingencia mértékét, illetve annak – korrelációs koefficiensként tekintett – négyzetgyökét használtuk fel, vagyis a

$$\rho = \frac{\sqrt{\chi^2}}{n(k-1)}$$

mennyiséget, ahol  $\chi^2$  ismert statisztikai jellemzőszám,  $n$  vizsgált esetek száma,  $k$  összehasonlított mennyiségek szabadsági foka közül a kisebbik. A kapott  $\rho$  értékeket a *IV. táblázatba* foglaltuk. A 0,3–0,4 közötti  $\rho$  értékek mérsékelt összefüggésre mutatnak. Megállapítható, hogy évszakosan nyáron, területileg az év nagy részében a Dunántúlon jobb a kapcsolat.

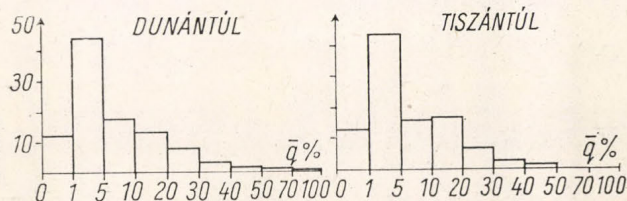
Az indikátorok megbízhatóságának eldöntése céljából megvizsgáltuk, hogy az egyes indikátorok hány esetben hibáztak száraz időben, valamint 1 mm-t meghaladó csapadék esetén. A bizonytalanságot magukban hordozó „nyom”-eseteket kihagytuk az értékelésből. A vizsgálatnak az eredményét a *V. táblázatban* tüntettük fel. Látható, hogy a száraz időt legeredményesebben a *B*, majd

V. TÁBLÁZAT

*Az egyes indikátorok tévedéseinek száma száraz idő, valamint  $\overline{RR} \geq 1$  mm-es csapadék esetén.  
n hibás (vagyis  $n_1 < 4$ ) esetek száma*

$\overline{RR}$	Dunántúl		Tiszántúl	
	0	$\geq 1$	0	$\geq 1$
A	93	32	83	44
B	90	42	79	37
C	121	17	98	18
D	134	22	127	44
n	240	76	221	89

utána az  $A$  indikátor jelezte, míg legkevésbé sikeresnek a  $D$  bizonyult. Csapadék esetén feltűnően kevés a  $C$  indikátor hibája, érdekes módon ezt a Dunántúlon a  $D$ , a Tiszántúlon pedig a  $B$  indikátor követte. Évszakosan száraz időben az  $A$  indikátor ősszel,  $B$  nyáron, a  $C$  télen „vizsgázott” kiemelkedően. Ugyanakkor a csapadékot az  $A$  tavasszal és télen, a  $C$  ősszel és a  $D$  télen jelezte igen jól.



4. ábra: A csapadékhatékonyság értékeinek ( $q$ ) évi százalékos gyakorisági ( $f$ ) eloszlása a Dunántúlon és a Tiszántúlon

### Mennyiségi kísérlet

Eredeti célkitűzésünk mennyiségi előrejelzésre alkalmas modell kifejlesztése. Ehhez mindenekelőtt a légszlopból maximálisan kihullható vízmennyiség, egyszerűen *víz tartalom* beépítése látszik célszerűnek. Ismert tény azonban, hogy a víztartalomnak csak egy része hullik ki csapadéktevékenység során. A kihullott csapadék és a víztartalom hányadosát *csapadékhatékonyságnak* nevezzük. Fizikai hátterét és eloszlását Kanada területén Tuller (1973) elemezte. Mivel a csapadékhatékonyság a víztartalom ténylegesen realizálódó részét jelenti, kézenfekvő volt, hogy a mennyiségi vizsgálatban erre fordítsuk a figyelmet. Hogy fogalmat alkothassunk esetünkben a csapadékhatékonyság nagyságáról, közöljük a 4. ábrát. Megjegyezzük, hogy a dolgozatban a csapadékhatékonyságot százalékszámmal jellemezzük, tehát a definiált hányados 100-szorosát használjuk. Megállapítható, hogy a csapadékos eseteknek több

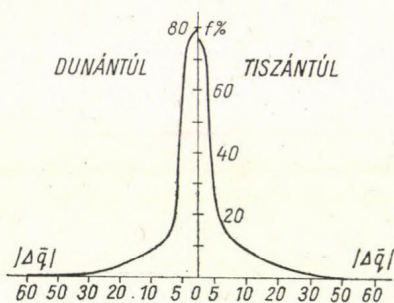
### VI. TÁBLÁZAT

$A$  csapadékot jelző indikátorok számához ( $n_1$ ) tartozó csapadékhatékonysági átlagértékek ( $\bar{q}$ ) és szórások ( $\sigma$ ).

$n_1$	Dunántúl					Tiszántúl					
	4	3	2	1	0	4	3	2	1	0	
Tavaszi	$\bar{q}$	10,6	4,6	2,4	0,2	0,0	10,1	6,7	4,2	0,5	0,1
	$\sigma$	10,3	8,1	5,3	0,8	0,1	10,6	10,2	7,8	1,4	0,5
Nyári	$\bar{q}$	16,0	6,3	2,6	0,5	0,1	11,1	5,3	2,9	0,8	0,5
	$\sigma$	10,3	8,6	5,4	1,2	0,2	10,7	5,6	5,7	2,8	3,4
Őszi	$\bar{q}$	18,5	6,1	3,8	0,9	0,7	12,6	6,8	4,4	0,6	0,5
	$\sigma$	16,4	8,7	9,3	2,8	1,4	12,9	9,0	7,2	1,3	1,3
Téli	$\bar{q}$	15,5	7,9	3,8	1,4	2,1	15,1	5,4	4,3	1,9	1,5
	$\sigma$	12,9	11,1	8,0	2,5	3,2	13,9	7,2	6,2	3,6	1,5
Évi	$\bar{q}$	15,1	6,4	3,1	0,8	0,7	12,2	6,1	3,9	0,9	0,7
	$\sigma$	12,6	9,4	7,1	2,1	1,7	12,0	8,4	6,8	2,5	1,6

mint felében a csapadékhatékonyság 5% alatt marad, és mindössze kb. 5%-nál múlja felül a 30%-ot. Területileg lényeges eltérés nem mutatkozott, de 50%-ot meghaladó érték csak a Dunántúlon fordult elő. Évszakosan télen a nagyobb csapadékhatékonyság felé (elsősorban 1–10% között) történő eltolódás volt tapasztalható, ami nyilvánvalóan a nagyobb telítettséggel függ össze.

Évszakonként megvizsgáltuk a csapadékot jelző indikátorok száma ( $n_1$ ) és a hozzátartozó átlagos csapadékhatékonyság ( $\bar{q}$ ) közötti kapcsolatot és az átlagértékektől vett szóródás mértékét ( $\sigma$ ). A vizsgálat eredményét a VI. táb-



5. ábra: A csapadékhatékonyság értékei és különböző  $n_1$ -hez tartozó csapadékhatékonysági átlagok közötti eltérések ( $|\Delta \bar{q}|$ ) százalékos gyakorisági ( $f$ ) eloszlása a Dunántúlon és a Tiszántúlon

lázatban mutatjuk be. A vizsgált mennyiségek között az egész év folyamán szignifikáns összefüggés figyelhető meg. Átlagosan  $n_1 = 4$ -hez 10–15%-os,  $n_1 = 3$ -hoz 5–7%-os,  $n_1 = 2$ -höz 3–4%-os,  $n_1 = 0$  és 1 értékeihez 0–2%-os csapadékhatékonyság tartozik. Ami a szórást illeti, a csapadékhatékonysággal megegyező nagyságrendű, és általában a Dunántúlon valamivel nagyobb mint a Tiszántúlon. Legalacsonyabb nyáron és legmagasabb — ha nem is teljesen egyértelműen — télen. Különös figyelmet érdemelnek  $n_1 = 0$  és 1 értékeihez tartozó alacsony  $\bar{q}$  és  $\sigma$  értékek, ami arra mutat, hogyha nagyobb csapadékmennyiségnél bizonytalanság mutatkozik,  $n_1$  nagy valószínűséggel száraz időt, illetve csak jelentéktelen csapadékot jelent.

Hogy még jobban kidomborodjék az  $n_1$ -hez tartozó  $\bar{q}$  értékek szignifikanciája, elkészítettük az azoktól esetenként fellépő eltérések abszolút értékeinek gyakorisági eloszlását, amelyet az 5. ábrán mutatunk be. Szembetűnő, hogy az eseteknek közel 80%-ában az eltérés nem haladta meg az 5%-ot. Továbbá 20%-nál nagyobb eltérés már csak ritkán (Dunántúlon 13, Tiszántúlon 17 esetben) fordult elő.

### Befejezés

A víztartalom csak egy tényező, amely meghatározza a csapadék mennyiségét. Tanulmányoztuk azt a kérdést is, hogy a csapadék mennyiségében milyen szerepet játszik a különböző prediktorok nagysága. Bár a prediktorok nagyobb értékeivel a csapadékhatékonysági átlagok is emelkedtek, egyértelműen azonban nem sikerült kimutatnunk a prediktorok kiugró értékeinek jelentkezését a csapadék mennyiségében. Szerepe lehet még annak a ténynek is, hogy az indikátorok értékei a vizsgálati periódus alatt megváltozhatnak. Amennyiben lineáris változást tételezünk fel, a 12 órás periódus közepére vonatkozó értéket mintegy 2/3-os súllyal tekinthetjük meghatározónak. Ilyen nehézségek miatt a mennyiségi vizsgálatnál végső soron kizárólag a víztartalom illetve az átlagos csapadékhatékonyság számításbavételére szorítkoztunk.

Bár a modellt mennyiségi csapadékelőjelzés céljából fejlesztettük ki, tulajdonképpen diagnosztikai kereteken belül maradtunk. Az előrejelzéshez az indikátorok és a víztartalom előrejelzett értékeinek az ismeretére van szükség. Az indikátorok prognózisánál elsősorban minőségi előrejelzésről van szó. Pontosabban, el kell döntenünk, hogy az előrejelzési időszak alatt az adott indikátor értéke a „szétválasztó egyenes” melyik oldalára esik. Ehhez az indikátorok változásának a tendenciáját kell helyesen megállapítani.

Ami a víztartalmat illeti, napi változása nem túlságosan nagy, úgyhogy akár a tényleges értékkel is dolgozhatunk, de az időjárási folyamat függvényében is extrapolálhatjuk. Kiemelnénk az indikátorok prognózisa szempontjából a hazai 6 óránkénti rádiószondafelszállások jelentőségét, amelyek szintén hozzájárulhatnak a helyes tendencia megítéléséhez. Amennyiben előrejelzési térképek állanak rendelkezésre, a probléma lényegesen leegyszerűsödik, azokból az előrejelzett indikátorok jobbára számíthatók. De egyszerűen a szinoptikus tapasztalat is sokat segíthet az indikátorok változásának a prognosztizálásában. A csapadékot jelző indikátorok száma meghatározza az átlagos csapa dékhatékonyság értékét, amelyből a víztartalom ismeretében a kihulló csapadékmennyiség megbecsülhető.

#### IRODALOM

- Jenrette, J. P., 1960: An Objective Application of Vorticity Principles to Precipitation Forecasting. *Bull. Am. Met. Soc.* 41. 317–323.
- Tánczer, T., 1974: Összefüggés a műholddal megfigyelt felhőzet és a légköri karakterisztikák között (1970. május 6–8.). *Beszámoló az 1971-ben végzett tudományos kutatásokról. OMSZ Hivatalos Kiadványai, XXXVIII.* 30–40.
- Tuller, S. E., 1973: Seasonal and Annual Precipitation Efficiency in Canada. *Atmosphere*, 11. 52–66.
-

## Havi csapadékösszegek idősorainak néhány statisztikai sajátossága Magyarországon

PÉCZELY GYÖRGY, József Attila Tudományegyetem, Éghajlattani Tanszék, Szeged

*Some Statistical Characteristics of Monthly Precipitation Time Series in Hungary.* In the study the 103 year long (1871–1973) time series of monthly precipitation referring to 10 Hungarian stations are analysed. The analysis referred to the recurrence of the following alternative events: I. The monthly amount of precipitation equals or exceeds the arithmetical mean of the precipitation amount of the month in question ( $C \geq C_m$ ), or the monthly precipitation is less than the arithmetical mean of rain amount referring to the month ( $C < C_m$ ) respectively. II. The monthly precipitation amount equals or exceeds the precipitation amount of 10 per cent probability referring to the month in question ( $C \geq C_{p=10\%}$ ). III. The monthly precipitation amount equals or exceeds the precipitation amount of 25 per cent probability for the month ( $C \geq C_{p=25\%}$ ). IV. The monthly precipitation amount is equal to or less than the precipitation amount of 25 per cent probability referring to the month in question ( $C < C_{p=25\%}$ ). V. The monthly precipitation amount is equal to or less than the rain amount of 90 per cent probability for the month ( $C \leq C_{p=90\%}$ ).

The alternative cycles of events examined can be regarded as homogenous Markov-chain, the distribution functions of the iteration periods are supplied by the equations (3/a) and (3/b), while the average length of the iterations can be defined on the basis of (4). In case of independence the definition of the above quantities can be carried out with the help of (10/a), (10/b) and (9). In *Table I.* the basic mathematical-statistical parameters referring to the iterations of the events  $C \geq C_m$  and  $C < C_m$ , while in *Table II.* the matrices of one step transitional probabilities and the  $D$  determinant referring to the system of events are contained. *Table III.* shows the one-step transitional probabilities of the systems of events II–V, and *Table IV* gives the  $K/K^*$  ratios according to (12). It is shown that the distributions can be described more correctly on the basis of a Markov-chain model comparing the empirical frequencies of duration of the iterations to the formulas (3/a), (3/b) which consider the transitional probabilities and to the formulas (11/a), (11/b) which are valid on condition of independence than on the basis of formulas assuming independence. On the basis of the values of transitional probabilities contained in Tables II. and III. their regional distribution can be drawn with sufficient reliability for the territory of Hungary. With the help of such maps the transitional probabilities of the events examined determined together with the distribution functions of approaching accuracy for their period.

✱

*Некоторые статистические особенности временных рядов месячных сумм осадков в Венгрии.* Анализируются временные ряды месячных сумм осадков, полученных на 10 венгерских станциях за 103 года (1871—1973 гг.). Анализы были проведены для повторений следующих альтернативных событий: I. Месячная сумма  $\geq$  арифметической средней величины суммы осадков за соответствующий месяц ( $C \geq C_m$ ), или месячная сумма осадков  $<$  арифметической средней величины суммы осадков за соответствующий месяц ( $C < C_m$ ); II. Месячная сумма осадков  $\geq$  суммы осадков соответствующего месяца, ожидавшейся с 10%-ной вероятностью ( $C \geq C_{ep=10\%}$ ); III. Месячная сумма осадков  $\geq$  суммы осадков соответствующего месяца, ожидавшейся с 25%-ной вероятностью ( $C \geq C_{ep=25\%}$ ); IV. Месячная сумма  $\leq$  суммы осадков соответствующего месяца, ожидавшейся с 75%-ной вероятностью ( $C \leq C_{ep=75\%}$ ). V. Месячная сумма осадков  $\leq$  суммы осадков соответствующего месяца, ожидавшейся с 90%-ной вероятностью ( $C \leq C_{ep=90\%}$ ). Изучавшиеся ряды альтернативных климатических событий могут рассматриваться как цепи Маркова, функции распределения продолжительности повторений получаются формулами (3/a), (3/b), а средняя длина повторений определяется соотношением (4). При отсутствии зависимости для вышеприведенных величин действительны соотношения (10/a), (10/b) и (9). В *таблице I.* приведены основные математико-статистические параметры для повторений событий  $C \geq C_m$  и  $C < C_m$ , а в *таблице II.* — матрицы вероятностей перехода системы событий в один шаг и детерминант. В *таблице III.* представлены вероятности перехода систем событий II–V, а в *таблице IV* — отношения  $K/K^*$ , определенные по соотношению (12). Из сопоставления эмпирической повторяемости продолжительности

повторений с распределениями, подсчитанными по формулам (3/а), (3/б), учитывающим вероятности перехода, а также по формулам (11/а), (11/б), действительным для случая независимости (таблица IV) видно, что на основе модели цепи Маркова распределения описываются значительно точнее, чем по соотношениям, в основу которых входит предположение о независимости. По величинам вероятностей перехода, указанным в *таблицах II и III*, их территориальное распределение для Венгрии может быть построено с достаточной степенью точности. С этих карт вероятность перехода изучаемых событий отсчитывается для любого пункта страны и функции распределения их продолжительности получаются с достаточной точностью.

✱

### Adatbázis, vizsgálati módszer

Éghajlati elemek idősorainak statisztikai elemzésekor alapvető annak tisztázása, hogy az idősort alkotó eseménysorozatok mi módon kapcsolódnak egymáshoz. Az idősort valamely meghatározott hosszúságú bázisidőszakhoz rendelt különböző események egymásutánja alkotja.

Tanulmányunkban 10 magyarországi észlelőállomás havi csapadékösszegeinek idősorait elemezzük. Az idősorok az 1871 – 1973 közötti 103 évre vonatkoznak, tehát egyenként 1236 bázisidőszak adatait tartalmazzák. A vizsgálatban szereplő észlelőállomások földrajzi koordinátáit és tengerszint fölötti magasságát ( $z$ ) az alábbi kimutatás tartalmazza:

	$\lambda$	$\varphi$	Z[m]		$\lambda$	$\varphi$	Z[m]
1. Szombathely	16°36'	47°15'	215	6. Budapest	19°02'	47°31'	118
2. Keszthely	17°14'	46°46'	128	7. Szeged	20°09'	46°15'	79
3. Magyaróvár	17°16'	47°53'	122	8. Eger	20°23'	47°53'	173
4. Pécs	18°12'	46°04'	123	9. Turkeve	20°45'	47°07'	88
5. Kalocsa	18°59'	46°32'	96	10. Nyíregyháza	21°41'	47°59'	105

Az idősorok statisztikai szerkezetének legfőbb tulajdonságait elemezve elegendő, ha a bázisidőszakokhoz mindössze két eseményt rendeltünk hozzá: valamely tetszőlegesen kiválasztott  $A$  eseményt és annak ellentettjét az  $\bar{A}$  eseményt. Vizsgálatunkban 5 különböző *alternatív eseményrendszert* tekintettünk, s az eseményrendszerekben a figyelembe vett  $A$  események a következők voltak:

I. A havi csapadékösszeg  $\geq$  a megfelelő hónap csapadékösszegének szám-tani közepénél ( $C \geq C_m$ )

II. A havi csapadékösszeg  $\geq$  a megfelelő hónap 10%-os valószínűségű csapadékösszegénél ( $C \geq C_{[P=10\%]}$ )

III. A havi csapadékösszeg  $\geq$  a megfelelő hónap 25%-os valószínűségű csapadékösszegénél ( $C \geq C_{[P=25\%]}$ )

IV. A havi csapadékösszeg  $\leq$  a megfelelő hónap 75%-os valószínűségű csapadékösszegénél ( $C \leq C_{[P=75\%]}$ )

V. A havi csapadékösszeg  $\leq$  a megfelelő hónap 90%-os valószínűségű csapadékösszegénél ( $C \leq C_{[P=90\%]}$ )

A meghatározásból következik, hogy a II – V. eseményrendszerekben a választott  $A$  esemény  $P(A)$  valószínűsége független a bázisidőszak éven belüli helyzetétől, s  $P(A)$  rendre 0,10, 0,25, 0,25 és 0,10 értékű. Az I. eseményrendszerben  $P(A)$  évszakos változása fennáll, ez azonban nem jelentős, s a vizsgált állomások mindegyikén hasonló jellegű. Az egymást követő bázisidőszakokban fennálló  $A$  illetve  $\bar{A}$  események sorozatát *ismétlődésnek* nevezzük. A vizsgált

éghajlati alternatív eseménysorozatok homogén *Markov-láncnak* tekinthetők, vagyis valamely  $t$  időpontban fellépő eseményt közvetlenül csak a megelőző  $t - 1$  időpontban fellépett esemény befolyásolja, s ennek a befolyásolásnak a mértéke független attól, hogy a vizsgált  $t$  időpont az idősoron belül hol helyezkedik el. (Ez jó közelítéssel az I. eseményrendszerre is vonatkoztatható.)

Jelöljük az  $A \rightarrow \bar{A}$  egy lépéses átmenet-valószínűséget  $\lambda$ -val, az  $\bar{A} \rightarrow A$  egy lépéses átmenet-valószínűséget pedig  $\mu$ -vel, ez esetben a

$$\Pi = \begin{pmatrix} 1-\lambda & \lambda \\ \mu & 1-\mu \end{pmatrix} \quad (1)$$

átmenet-valószínűségi mátrix determinánsa szolgáltatja a vizsgált alternatív eseménysorozat kapcsolódási mértékét:

$$D = 1 - \lambda - \mu \quad (2)$$

Az  $A$  illetve  $\bar{A}$  események megszakítás nélküli fennállásának (ismétlődésének) időtartamát a következő eloszlásfüggvények írják le

$$P_n^{(A)} = \lambda(1-\lambda)^{n-1} \quad (3/a)$$

$$P_n^{(\bar{A})} = \mu(1-\mu)^{n-1} \quad (3/b)$$

ahol  $n$  a fennállás időtartama a választott bázisidőszak egységének egész számú többszörösében mérve. A (3/a) és (3/b) alatti valószínűségeket az ismétlődések számának összegével szorozva nyerjük az idősorban megjelenő  $n$  hosszúságú szakaszok gyakoriságát.

Könnyen igazolható, hogy annak az időtartamnak az átlagos hossza, amely időn keresztül az  $A$  és  $\bar{A}$  események egyfolytában fennállnak (tehát az ismétlődések átlagos hossza):

$$K_A = \frac{1}{\lambda} \quad (4)$$

$$K_{\bar{A}} = \frac{1}{\mu}$$

A  $\lambda$  és  $\mu$  átmenet-valószínűségeket az idősorokban előforduló  $I_A$  illetve  $I_{\bar{A}}$  összes ismétlődések számától, továbbá a figyelembe vett események  $G(A)$  illetve  $G(\bar{A})$  gyakoriságából határozzuk meg az alábbi összefüggések szerint:

$$\lambda = \frac{I_A}{G(A)} \quad (5/a)$$

$$\mu = \frac{I_{\bar{A}}}{G(\bar{A})} \quad (5/b)$$

Függetlenség esetén a  $t$  időpontban fellépő eseményt nem befolyásolja a  $t - 1$  időpontban fellépett esemény. Tekintsük ekkor az  $A$  és  $\bar{A}$  események  $P(A)$  és  $P(\bar{A})$  valószínűségét, s miután alternatív eseményrendszerrel van szó, vezessük be a  $P(A) = p$ ,  $P(\bar{A}) = 1 - p = q$  jelöléseket, s az idősorban levő bázisidőszakok száma legyen  $N$ . Az események függetlenségét feltételezve egyszerű számolással adódik, hogy az  $A$  és  $\bar{A}$  alternatív események összes ismétlődéseinek száma:

$$I_A = I_{\bar{A}} = N q p \quad (6)$$

s az események gyakorisága

$$\begin{aligned} G(A) &= Np \\ G(\bar{A}) &= Nq \end{aligned} \quad (7)$$

amiből (5/a) és (5/b) szerint következik, hogy függetlenség esetén

$$\begin{aligned} \lambda &= q \\ \mu &= p \end{aligned} \quad (8)$$

s az ismétlődések átlagos hossza

$$\begin{aligned} K_A^* &= \frac{1}{q} \\ K_{\bar{A}}^* &= \frac{1}{p} \end{aligned} \quad (9)$$

Az ismétlődések tartamának eloszlásfüggvényei függetlenség esetén

$$p_n^{(A)} = q p^{n-1} \quad (10/a)$$

$$p_n^{(\bar{A})} = p q^{n-1} \quad (10/b)$$

s az idősorban létrejövő  $n$  hosszúságú szakaszok gyakorisága (6), (10/a) és (10/b) figyelembevételével

$$G_n^{(A)} = N q^2 p^n \quad (11/a)$$

$$G_n^{(\bar{A})} = N p^2 q^n \quad (11/b)$$

A (2) és (8) összefüggések egybevetéséből következik, hogy függetlenség esetén az alternatív eseménysorozat kapcsolódási mértékszám  $D = 0$ .

Az ismétlődések átlagos hosszának értékeit összevetve a függetlenség esetén várható átlagos hosszúsággal, olyan *indexszámot* vezethetünk le, amely alkalmas annak megállapítására, hogy az ismétlődések átlagos hosszúsága ellentmond-e az idősor eseményei véletlenszerű kapcsolódásának. A (4) és (9) egybevetéséből ugyanis következik

$$K_A / K_A^* = \frac{q}{\lambda} \quad (12)$$

$$K_{\bar{A}} / K_{\bar{A}}^* = \frac{p}{\mu}$$

Figyelembe véve a függetlenség esetre vonatkozó (8) összefüggést látható, hogy a hányados értéke ekkor 1. Mivel  $p$  és  $q$  normáleloszlása feltételezhető, felírhatjuk

$$\lambda = q \pm d \sigma_q \quad (13)$$

$$\mu = p \pm d \sigma_p$$

ahol

$$\sigma_q = \sigma_p = \sqrt{\frac{qp}{N}}$$

Valamely tetszőlegesen kicsiny  $\epsilon$  valószínűséghez tartozó  $d_a$  értéket választva, ha teljesülnek az alábbi feltételek

$$q + d_a \sigma_q \geq \lambda \geq q - d_a \sigma_q \quad (14)$$

$$p + d_a \sigma_p \geq \mu \geq p - d_a \sigma_p$$

$1 - \epsilon$  valószínűséggel állapíthatjuk, hogy az ismétlődések átlagos hosszúsága

nem mond ellent a függetlenség fennállásának, míg ha az átmenet-valószínűségek kivülesnek a (14)-ben meghatározott intervallumon, a függetlenség hipotézisét elvethetjük.

Az  $\varepsilon = 0,0027$  valószínűségi szintet választva  $d_a = 3$ , s ily módon a  $K/K^*$  hányadosokra vonatkoztatott függetlenségi intervallum határait a

$$\frac{q}{q \pm 3\sigma_q}, \frac{p}{p \pm 3\sigma_p} \quad (15)$$

összefüggések adják meg.

### Vizsgálati eredmények

Elsőbben az I. alternatív eseményrendszerre vonatkozó vizsgálataink eredményeit tekintjük át. Az I. táblázat tartalmazza a  $C \geq C_m$  és  $C < C_m$  események ismétlődéseire vonatkozó alapvető matematikai-statisztikai paramétereket, míg a II. táblázatban tüntettük föl az eseményrendszer (5/a) és (5/b) szerint értelmezett átmenet-valószínűségeit és az átmenet-valószínűségi mátrix  $D$  determinánsát. Az átlagnál csapadékosabb és szárazabb hónapok ismétlődései hosszabbak a függetlenség esetén várható értékeknél ( $K/K^* > 1$ ) az eltérés azonban az ország legnagyobb részén nem jelentős. A (15) szerinti függetlenségi intervallum határai a vizsgált idősorok  $N$  bázisidőszakainak, továbbá  $p$  és  $q$  országos átlagainak figyelembevételével a csapadékos időszakoknál ( $C \geq C_m$ ) 0,931–1,081, a száraz szakaszoknál ( $C < C_m$ ) pedig 0,912–1,107. Az I. táblázatból kitűnik, hogy a  $K/K^*$  arányszám csak a csapadékos szakaszoknál és csak Pécs, Kalocsa, Nyíregyháza állomásokon esik túl a függetlenségi intervallumon, egyébként a többi idősorra megállapított értéke nem mond ellent a függetlenség hipotézisének. A csapadékos és száraz hónapok ismétlődéseinek véletlen szerinti elrendeződésre való törekvésére utalnak a  $D$  determináns zérushoz közel álló kicsiny értékei (országos átlagban 0,057) is. A közép-európai hőmérsékleti havi idősoroknál ennél nagyobb  $D$  érték (0,16) adódott [1]. Az adatsorok kapcsolódási mértékét jelző  $D$  determináns eloszlásának térbeli rendszerét tekintve, vizsgált állomásaink alapján az állapítható meg, hogy a kapcsolódás mértéke viszonylag nagyobb egy az országot délnyugatról északkelet felé átszelő tengely mentén, míg északnyugaton és az Alföld középső területein a  $D$  számértéke kisebb, tehát itt áll legközelebb a vizsgált alternatív eseményrendszer a véletlen eloszlásnak megfelelő képhez.

### I. TÁBLÁZAT

$A C \geq C_m$  és  $C < C_m$  események ismétlődésére vonatkozó matematikai statisztikai paraméterek

Állomások	$C \geq C_m$					$C < C_m$				
	p	I	K	$K^*$	$K/K^*$	p	I	K	$K^*$	$K/K^*$
Szombat-hely	0,449	294	1,878	1,814	1,035	0,551	293	2,314	2,228	1,039
Keszthely	0,439	286	1,892	1,783	1,061	0,561	287	2,404	2,278	1,055
Magyaróvár	0,435	292	1,839	1,770	1,039	0,565	293	2,375	2,299	1,033
Pécs	0,425	278	1,885	1,739	1,084	0,575	279	2,545	2,353	1,082
Kalocsa	0,436	280	1,918	1,773	1,082	0,564	280	2,486	2,294	1,084
Budapest	0,443	284	1,923	1,795	1,071	0,557	284	2,412	2,257	1,069
Szeged	0,444	287	1,916	1,798	1,066	0,556	287	2,390	2,252	1,061
Eger	0,438	284	1,898	1,779	1,067	0,562	285	2,425	2,283	1,062
Turkeve	0,425	292	1,791	1,739	1,030	0,575	292	2,421	2,353	1,029
Nyíregyháza	0,437	280	1,921	1,776	1,082	0,563	279	2,488	2,288	1,087

## II. TÁBLÁZAT

$A \ C \geq C_m, C < C_m$  alternatív eseményrendszer átmenet-valószínűségi mátrixa

	$1-\lambda$	$\lambda$	$\mu$	$1-\mu$	D
Szombathely	0,467	0,533	0,432	0,568	0,035
Keszthely	0,471	0,529	0,416	0,593	0,055
Magyaróvár	0,456	0,544	0,421	0,579	0,035
Pécs	0,469	0,531	0,393	0,607	0,077
Kalocsa	0,479	0,521	0,402	0,598	0,076
Budapest	0,480	0,520	0,415	0,585	0,065
Szeged	0,478	0,522	0,418	0,582	0,060
Eger	0,473	0,527	0,412	0,588	0,061
Turkeve	0,442	0,558	0,413	0,587	0,029
Nyíregyháza	0,480	0,520	0,402	0,598	0,078

A III. és IV. táblázat a II–V. eseményrendszerekben létrejövő ismétlődésekre vonatkozó főbb matematikai-statisztikai paramétereket tartalmazza. A számítások csak az A eseményekre vonatkoznak ( $C \geq C_{(p=10\%)}, C \geq C_{(p=25\%)}, C \leq C_{(p=75\%)}, C \leq C_{(p=90\%)}$ ) mivel itt az ellentétes események vizsgálatának gyakorlati szempontból sok jelentősége nincsen.

## III. TÁBLÁZAT

A II–V. alternatív eseményrendszerek  $A \rightarrow A$  egy lépéses átmenet-valószínűségei

	II.	III.	IV.	V.
Szombathely	0,863	0,686	0,703	0,826
Keszthely	0,851	0,690	0,704	0,847
Magyaróvár	0,896	0,739	0,739	0,883
Pécs	0,841	0,713	0,759	0,865
Kalocsa	0,886	0,737	0,715	0,865
Budapest	0,926	0,727	0,740	0,897
Szeged	0,935	0,696	0,746	0,891
Eger	0,839	0,711	0,743	0,919
Turkeve	0,813	0,669	0,668	0,874
Nyíregyháza	0,855	0,672	0,707	0,928

A IV. táblázatban levő  $K/K^*$  arányszámokból kitűnik, hogy a jelentősebben csapadékos és száraz szakaszok átlagos hossza a vizsgált magyarországi

## IV. TÁBLÁZAT

A II–V. alternatív eseményrendszerekre vonatkozó  $K_A/K_A^*$  hányadosok értékei

	II.	III.	IV.	V.
Szombathely	1,042	1,091	1,065	1,081
Keszthely	1,059	1,090	1,068	1,063
Magyaróvár	1,004	1,017	1,018	1,016
Pécs	1,067	1,053	0,991	1,038
Kalocsa	1,015	1,019	1,046	1,038
Budapest	0,973	1,032	1,014	1,001
Szeged	0,962	1,078	1,008	1,005
Eger	1,073	1,056	1,007	0,979
Turkeve	1,113	1,122	1,122	1,026
Nyíregyháza	1,053	1,113	1,058	0,969

észlelőállomások felén-egyharmadán nem mond ellent a függetlenség hipotézisének, a többi állomáson viszont e szakaszok nem tekinthetők független események láncolatának. Az arányszámok alapján az is megállapítható, hogy a jelentősen csapadékos szakaszok ( $C \geq C_{(p=10\%)}$ ,  $C \geq C_{(p=25\%)}$ ) eloszlása kevesebb helyen követi a véletlen törvényeit, pontosabban, ezeknél nagyobb az előzményektől való függőség mértéke, míg a jelentősebben szárazabb szakaszok ( $C \leq C_{(p=75\%)}$ ,  $C \leq C_{(p=90\%)}$ ) átlagos hossza az ország nagyobb részén megfelel a függetlenség feltételezésével várható értékeknek. A  $K/K^*$  arányszámokra vonatkozó függetlenségi intervallum határai a vizsgált eseménysorozatoknál rendre a következők: 0,972 – 1,030, 0,953 – 1,052, 0,953 – 1,052, 0,972 – 1,030.

#### V. TÁBLÁZAT

Az I–V. eseményrendszerekre vonatkozó  $D$ , illetve  $K/K^*$  értékek közötti korrelációs együtthatók

	I.	II.	III.	IV.	V.
I.	1,000	-0,222	-0,252	-0,512	-0,385
II.		1,000	0,585	0,547	0,144
III.			1,000	0,702	0,040
IV.				1,000	0,319
V.					1,000

A vizsgált eseményrendszerekre levezetett matematikai-statisztikai paraméterek térbeli eloszlása bizonyos földrajzi rendszert sejtet, jóllehet annak részletesebb feltárásához a rendelkezésre álló 10 észlelőállomás adatát nem tekintjük elégségesnek. Összehasonlítottuk egymással az I. eseményrendszerre levezett  $D$ , valamint a II–V. eseményrendszerekre vonatkozó  $K/K^*$  értékek térbeli eloszlásának szerkezetét, s azok hasonlóságának számszerű kifejezésére analógia indexnek az állomásonként összetartozó értékpárokból meghatározott korrelációs együtthatót választottuk (V. táblázat). Az analógia indexként alkalmazott korrelációs együtthatók azt mutatják, hogy legerősebb hasonlóság a III–IV., II–III. és II–IV. eseményrendszerek vizsgált  $K/K^*$  értékei között áll fenn, míg a többi relációban hasonlóságról nem beszélhetünk, sőt az I. eseményrendszer  $D$  kapcsolódási indexszáma és a II–V. eseményrendszerek vizsgált  $K/K^*$  értékei között negatív korreláció található. Bármely reláció bármely matematikai-statisztikai paraméterének földrajzi eloszlását is tekintjük, megállapítható, hogy az értékek térbeli változékonysága viszonylag csekély, s azok eloszlásában bizonyos sávos elrendeződésre való törekvés észlelhető. Az elmondottak lehetővé teszik, hogy például a táblázatokban közölt átmenet-valószínűségeket térképezve, bármely kívánt pontra azok értékeit jó közelítéssel megállapíthassuk és további számításokhoz felhasználhassuk.

Eredményeink alapján levonható az a következtetés, hogy a havi csapadékösszegek idősorából képezett eseményrendszerek Magyarország jelentős részén nem mondanak ellent annak a feltevésnek, hogy az előzményektől független események láncolatából állanak. Ennek ellenére célszerűnek látszik, ha az eseménysorozatokat Markov-lánc modellel írjuk le. Következőekben az ország nyugati, középső és alföldi területeire kiválasztott egy-egy jellemző állomásra megmutatjuk, hogy néhány ismétlődés tartamának empirikus eloszlásfüggvénye milyen pontossággal közelíthető a Markov-lánc modell alapján levezethető (3/a) és (3/b), továbbá a függetlenség feltételezése esetén érvényes (11/a) és (11/b) eloszlásfüggvényekkel. A IV. táblázatban feltüntettük Szombat-

hely, Budapest és Túrkeve állomásokról a  $C \cong C_m$ ,  $C < C_m$ ,  $C \cong C_{(p=25\%)}$ ,  $C \cong C_{(p=75\%)}$  eseménysorozatok fennállási időtartamának empirikus gyakorisági eloszlását, továbbá a (3/a), (3/b) és a (11/a), (11/b) eloszlásfüggvények sze-

### VI. TÁBLÁZAT

*Isméltetések tartamának gyakorisági eloszlása a = empirikus, b = a(3/a) és (3/b) összefüggés szerint, c = a(11/a) és (11/b) összefüggés szerint*

n	$C \geq C_m$			$C < C_m$			$C \geq C_{(p=25\%)}$			$C \leq C_{(p=75\%)}$		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
Szombathely												
1	157	157	168	130	127	137	147	145	174	153	153	174
2	70	73	75	74	72	75	46	46	43	46	45	43
3	39	34	34	35	41	42	16	14	11	12	14	11
4	15	16	15	19	23	23	2	5	3	6	4	3
5	7	7	7	15	13	12	1	1	1	1	1	1
6	3	4	3	11	8	7	.	1	.	.	.	.
7	2	2	1	4	4	4	1	.	.	.	.	.
8	.	1	1	2	3	2	.	.	.	.	.	.
9	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.
10	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.
11	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
14	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Budapest												
1	138	148	169	125	118	135	160	163	174	171	169	174
2	81	71	75	65	69	75	49	45	43	42	44	43
3	40	34	33	39	40	42	11	12	11	9	11	11
4	12	16	15	21	24	23	3	3	3	5	3	3
5	5	8	7	12	14	13	1	1	1	.	1	1
6	5	4	3	10	8	7	.	.	.	1	.	.
7	2	2	1	2	5	4	.	.	.	.	.	.
8	.	1	1	3	3	2	.	.	.	.	.	.
9	1	.	.	2	2	1	.	.	.	.	.	.
10	.	.	.	2	1	1	.	.	.	.	.	.
11	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.
Túrkeve												
1	163	163	174	115	121	128	140	138	174	134	138	147
2	73	72	74	72	71	74	42	46	43	50	46	43
3	31	32	31	47	42	43	16	15	11	18	15	11
4	15	14	13	26	24	25	5	5	3	3	5	3
5	5	6	6	14	14	14	2	2	1	2	2	1
6	2	3	2	4	9	8	1	1	.	.	1	.
7	1	1	1	10	5	5	.	.	.	.	.	.
8	1	1	1	1	3	3	.	.	.	.	.	.
9	1	.	.	1	2	1	.	.	.	.	.	.
10	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.
11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.

rinti gyakorisági eloszlását. Az empirikus gyakorisági eloszlásokat összevetve az elméleti eloszlásfüggvényekkel meghatározott gyakorisági eloszlásokkal, az illeszkedést a  $\chi^2$  próbával ellenőriztük (VII. táblázat).

Az adatok egyértelműen igazolják, hogy az átmenet-valószínűségek figyelembe vételével elvégzett számítások *jóval pontosabban* írják le az eloszlásokat, mint a függetlenség feltételezésén alapuló modell. Ez utóbbi több esetben egyáltalán nem ad elfogadható közelítést. Az átmenet-valószínűségek *II. és III.*

#### VII. TÁBLÁZAT

$\chi^2$  értékei

	$C \geq C_m$		$C < C_m$		$C \geq C_{(p=25\%)}$		$C \leq C_{(p=75\%)}$	
	ab	ac	ab	ac	ab	ac	ab	ac
Szombathely	1,06	1,99	3,10	5,36	0,89	7,56	1,11	5,08
Budapest	5,38	10,61	1,90	4,92	0,48	1,95	1,47	1,43
Turkeve	0,29	1,41	4,18	5,38	0,42	12,93	2,17	15,02
$\chi^2(p=0,05)$	11,07		12,59		7,82		7,82	
$\chi^2(p=0,80)$	2,34		3,07		1,01		1,01	

*táblázatokban* feltüntetett értékei alapján azok területi eloszlása Magyarországra megszerkeszthető, s így módon a vizsgált események fennállási időtartamának eloszlásfüggvényei közelítő pontossággal az ország bármely körzetére előállíthatók.

#### IRODALOM

- [1] *Teich, M.*: Statistische Untersuchung zur Vorhersagbarkeit monatlicher Temperaturanomalien. *Időjárás (78. évf.) pp. 140–154.* Budapest, 1974.

## Regionális, kül- és belterületi levegőminőség Magyarországon

POPOVICS MÁRIA, Központi Légtérfizikai Intézet, Budapest

*Regional, Rural and Downtown Air Qualities in Hungary.* One station of the "regional" type measuring network for the examination of low concentration processes of air pollution is situated in Hungary near Kecskemét. Measurements of sulphur dioxide and concentration of suspended particulates done throughout one year are analysed and compared to air quality norms. The question whether the measuring place is suitable for the examination air pollution on a regional scale is discussed. Sulphur dioxide concentration at the Kecskemét station is greater than the norm value for specially protected areas. The concentration of suspended particulates is even greater than allowed for protected and industrial areas. The second part of the study is concerned with the air quality of the downtown and outskirts of Budapest. According to the results of the examination the air quality of Budapest has improved during the latest five years, though the concentration of both sulphur dioxide and suspended particulates is greater than would be permissible over an inhabited area.

✱

*Качество воздуха в региональном масштабе, в пригородных и внутригородских условиях в Венгрии.* Одна из станций сети «регионального» типа, созданной для изучения процессов загрязнения воздуха низкой концентрации в мировых масштабах, находится в Венгрии близко от города Кечкемет. В настоящей работе анализируются данные о концентрации двуокиси серы взвешенных твердых частиц, полученные на этой станции за 1 год, причем данные сопоставляются с предельно-допустимой концентрацией. Исходя из этого обсуждается вопрос о репрезентативности места наблюдений для измерения загрязнения воздуха в региональном масштабе. На станции Кечкемет концентрация двуокиси серы превышает норму, предусмотренную для заповедных районов. А концентрация взвешенных твердых примесей превышает даже норму, предусмотренную для прочих районов. Во второй части работы рассматривается качество воздуха в пригородных и внутренних районах Будапешта. Результаты исследований показывают, что качество воздуха в Будапеште хотя и улучшилось за последние 5 лет, но концентрация как двуокиси серы, так и взвешенных твердых примесей больше допустимой для заселенных территорий величины.

✱

### Bevezetés

Ma már nyilvánvaló, hogy az emberi tevékenység nagymértékben befolyásolja a természetes levegőminőséget, amelynek romlása hazánkban — hasonlóan más országokhoz — olyan méretűvé vált, hogy csak összehangolt, tudatos tevékenységgel érhető el az ember és környezete közötti egyensúly helyreállítása, illetve fenntartása.

E célok érdekében világszerte rendszeresen elemzik a levegőminőséget, vizsgálják a káros hatást okozó légszennyező anyagok fajtáit, mennyiségét és gyakoriságát.

A levegőminőség vizsgálata két egymást kiegészítő tevékenységből áll, amelyek a következők: 1. ellenőrző rendszer működtetése, 2. a mért adatok értelmezése [1]. Az ellenőrző tevékenységet így definiálják: a levegőkörnyezet elemeinek, vagy mutatóinak meghatározott célú, ismétlődő megfigyelése térben és időben tervezett rendszer szerint, a mérés és adatgyűjtés szempontjából egybevethető módszer alkalmazva. Ez általánosan elfogadott definíció szerint tehát elsőrendű fontosságú a rendszeresség és a szabványosság, az azonos helyen és időpontban történő mérés nem feltétlen követelmény.

A mért adatok értelmezése a következő rend szerint történik: a) az ellenőrző rendszerben mért és más forrásokból nyert adatok megbízhatóságának ellenőrzése, b) a mérőhálózat hatékonyságának vizsgálata, c) az eredmények egybevetése a levegőminőségi normaértékkel, illetve a levegőegészségügyi küszöbértékekkel.

A légkörben végbemenő folyamatok a meteorológusok vizsgálati területét képezik. A légszennyeződés folyamatának szempontjából ez az emissziós ponttól az immissziós pontig terjedő tartományt jelenti, és egyaránt vonatkozik az öt különböző méretű – lokális, városi, regionális, kontinentális és globális – légszennyezési folyamatra.

A Meteorológiai Világszervezet kezdetben azokat a nagyméretű szennyezési folyamatokat tartotta elsődleges fontosságúnak, amelyek megváltoztatják a légkör összetételét és így időjárás-, illetve éghajlatmódosulást okozhatnak. Ezért először a regionális és a globális méretű, azaz az alacsony koncentrációjú légszennyezési folyamatok világméretű vizsgálatának felelősségét és koordinálását vállalta. Ennek érdekében az egész földfelszínt lefedő, két típusú légszennyezetségmérő hálózat létesítését határozta el, *regionális* és *globális* elnevezéssel. A regionális hálózat 150–200, a globális hálózat 10–20 állomásból fog állni. Az állomások létesítése, fenntartása a nemzeti meteorológiai szolgálatok hatáskörébe tartozik. Globális légszennyezetség azokon a helyeken vizsgálható, ahol a levegőminőséget 100 km sugarú körben, 50 éven belül az emberi tevékenység nem fogja befolyásolni. Nyilvánvaló, Magyarország területe ilyen típusú állomás létesítésére nem alkalmas.

Regionális légszennyezetség beépített területektől távol, általában vidéki környezetben vizsgálható. A mérőállomás környezetének lokális szennyezőforrások befolyásától mentesnek kell lennie. Célszerű, ha az állomás sík területen van, így a domborzat módosító hatása figyelmen kívül hagyható. Az állomás kiválasztásánál legfontosabb szempont, hogy helyi porforrások – pl. művelt talaj – a közeli környezetben ne legyenek. Magyarország területe regionális állomás létesítésére alkalmas, így az Országos Meteorológiai Szolgálat ilyen típusú mérőállomás létesítését vállalta. A hazai regionális mérőállomás üzemeltetése, az adatok nemzetközi szolgáltatása és értelmezése a Központi Légkörfizikai Intézet Levegőkörnyezet Kutató Főosztályának feladata.

A regionális légszennyezetség mérésének célkitűzései a következők: a) az urbanizálódási folyamat hatásának kimutatása a légkör összetételének változására, b) a regionális alapterhelés megállapítása, c) az erősen iparosított szomszéd államokból érkező levegő csökkent terhelhetőségének kimutatása. Mindhárom feladat megoldása a hazai levegőtisztaság-védelem szempontjából is nagyon fontos.

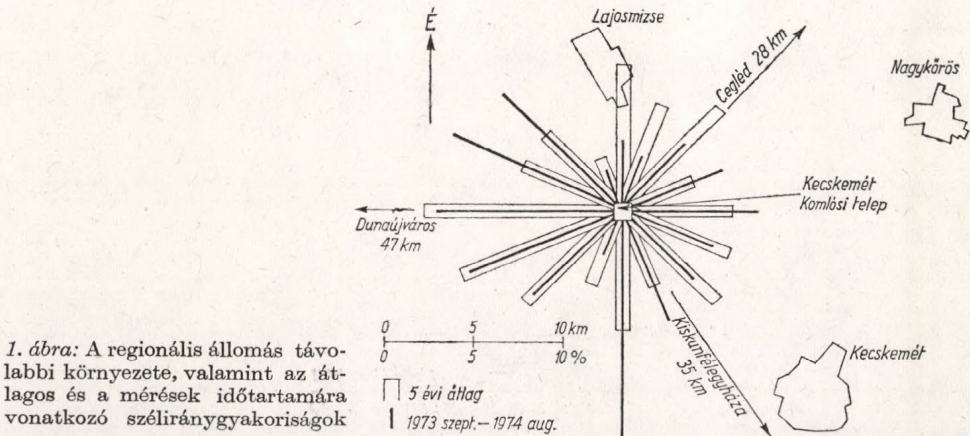
A Meteorológiai Világszervezet a közelmúltban arra az álláspontra helyezkedett, hogy egyre inkább fokoznia kell a lokális méretű, magas koncentrációjú (*impact level*) légszennyeződéssel kapcsolatos tevékenységét is és különös gondot kell fordítania a magas koncentrációjú szennyeződési folyamatok meteorológiai aspektusainak kifejlesztésére.

Figyelembe véve a Meteorológiai Világszervezet ajánlásait, a rendelkezésre álló adatok alapján a regionális (*intermediate level*) és a kül- és belterületi (*impact level*) levegőminőség vizsgálatát megkezdtük és eddigi eredményeinket jelen dolgozatban bemutatjuk.

Egy-egy regionális, valamint kül- és belterületi (városi) mérőhely 1973. szeptember 1 – 1974. augusztus 31. között mért párhuzamos kén-dioxid és lebegő szilárd szennyezőanyag koncentráció adatsorait vizsgáljuk. A mérések 2 m magasságban, 24 órás szakaszos mintavétellel történtek.

## A regionális levegőminőség

A regionális méréseket és az adatok nemzetközi szolgáltatását a magyar meteorológiai szolgálat 1973. július 1-én kezdte meg. A mérőállomást a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet Kecskeméthez közeli „Komlói Imre” telepén, homok talajú erdei tisztásra telepítették. Regionális szempontból a mérőhely megfelel a Meteorológiai Világszervezet előírásainak, mégis előfordulhat, hogy a környezetben levő források egyes adatokat a széliránytól függően befolyásolnak. E kedvezőtlen esetekben mért adatok a regionális mérések követelményeinek nem felelnek meg. Ha a kedvezőtlen szélirányok gyakorisága 20 százaléknál nagyobb, ajánlatos a mérőállomás áttelepítése [2]. Az állomás távolabbi környezete, az átlagos, és a mérések időtartamára vonatkozó szél-



1. ábra: A regionális állomás távolabbi környezete, valamint az átlagos és a mérések időtartamára vonatkozó széliránygyakoriságok

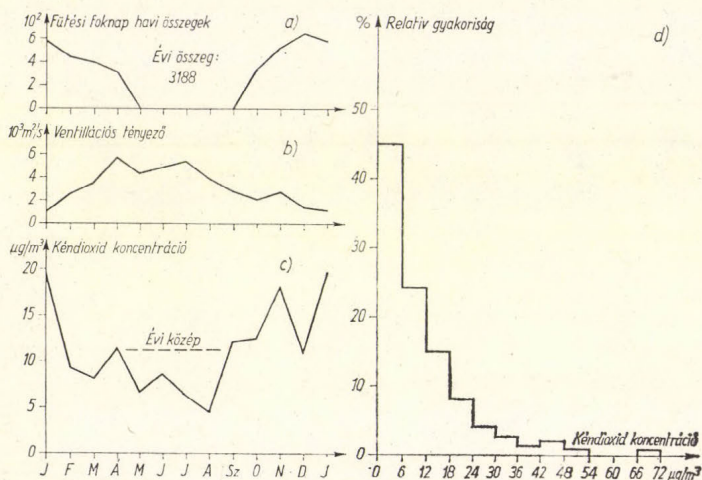
iránygyakoriság az 1. ábrán látható. A legközelebbi nagyobb település Lajosmizse, amely N irányban, a regionális állomástól kb. 5 km távolságra van. Kecskemét SE felé kb. 11 km távolságban terül el. Az E–NE szektorban 17, illetve 28 km távolságra van Nagykőrös és Cegléd. Kiskunfélegyháza 35 km távolságban SE, Dunaújváros 47 km-re W irányban helyezkedik el. A környező források befolyása N és SE irányból, Lajosmizse és Kecskemét felől valószínű.

Az átlagos széliránygyakoriság (az 1. ábrán fehér oszlopok) adatai szerint leggyakoribb a W szél (11%), másodgyakoriságú a WSW szél (9%). A Lajosmizse felől fújó szél 8%, a Kecskemét felől fújó szél 7% gyakoriságú. A mérések időszakában (fekete oszlopok) legnagyobb gyakoriságú (12%) a S szél, másodgyakoriságú a W szél (10%) volt. Az időszak 5%-ában Kecskemét felől, 4%-ában Lajosmizse felől fújt a szél. Ezek szerint Kecskemét és Lajosmizse irányából szennyezett levegő átlagosan egy évi időszak 17%-ában szállítható. A mérések során távolabbi források egy évi időszak 9%-ában szennyezhetők a regionális állomás környezetét. A kedvezőtlen szélirányok gyakorisága a fenti adatok szerint a megengedett 20%-nál kisebb. Objektív értékelés azonban csak akkor adható, ha a mérőhely közvetlen közelében szélregisztrálás lesz.

A regionális állomáson hat féle szennyeződési paramétert mérnek: kén-dioxid, nitrogén-dioxid, lebegő és ülepedő szilárd szennyező anyagok, homályossági tényező és a csapadék kémiai alkotórészei. Ezek közül jelenleg a kén-dioxid és lebegő szilárd szennyezettség adataival foglalkozunk.

## Kén-dioxid koncentráció a regionális állomáson

Elsőként a kén-dioxid koncentráció eloszlásának jellegzetességeit vizsgáljuk. Az egy évi mérési időszakban a kén-dioxid koncentráció évi középértéke  $10,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  volt (2c ábra). A legmagasabb havi középérték ( $19,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) januárban fordult elő. Az abszolút maximum  $66,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , amelyet december 2-án, az év leghidegebb napján mértek (hőmérséklet maximuma  $-7 \text{ C}^\circ$ , minimuma  $-16 \text{ C}^\circ$ ). December többi napján túlnyomórészt alacsony koncentrációk voltak, amelynek következtében  $10,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es alacsony havi középérték alakult ki. Az ábra bal oldalán feltüntettük a levegőtisztaság alakulását befolyásoló



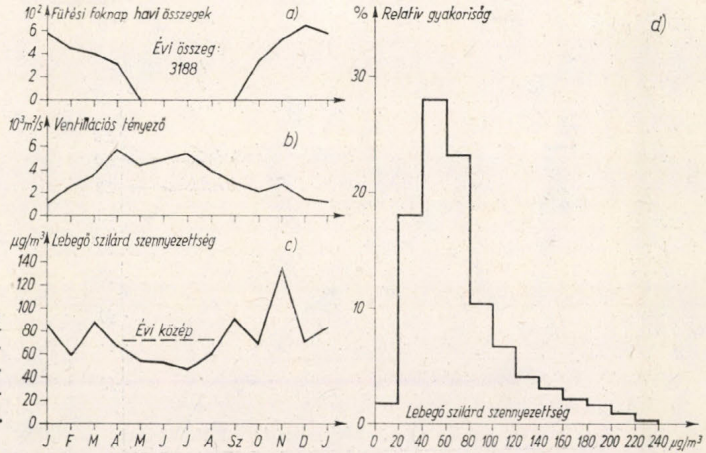
2. ábra: A kén-dioxid koncentráció közepes és gyakorisági értékei. Keekemét, Komlói-telep, 1973. szeptember – 1974. aug.

meteorológiai tényezők eloszlását is. A ventillációs tényező (2b ábra) [3] a légkör hígító képességének mutatója, a szélsébség és a keveredési-rétegvastagság függvénye. Értéke általában fordított arányban van a koncentrációval. Ez a kapcsolat – december kivételével – jelen esetben is fennáll. A 2a ábrán feltüntetett fűtési foknap értékek a léghőmérséklet, illetve a fűtőanyag-szükséglet és a koncentráció közötti egyenes összefüggést fejezik ki. A fűtési foknap tulajdonképpen hőösszeg értéket jelent, amely a helyiség kikötött belső hőmérséklete és a külső levegő azon hőmérséklete közötti különbség bizonyos időtartamra (nap, évszak, hó, év) vonatkozó összegéből keletkezik, amely külső hőmérsékletnél a fűtést meg kell kezdeni azért, hogy a belső kikötött hőmérséklet fennmaradjon. Jelen esetben a lakások fűtésénél általában irányadó  $20^\circ$  (belső hőmérséklet), illetve  $10^\circ$  (külső hőmérséklet) határértéket alkalmaztunk és a havi összegeket a 2a ábrán feltüntettük. Egybevetve a 2c. és 2a ábrán levő adatokat, látható, hogy a kén-dioxid koncentráció menete decembert kivéve jól követi a fűtési foknap értékek menetét. A 2. ábra jobb oldali részén (2d. ábra) a kén-dioxid koncentráció relatív gyakorisági eloszlása látható. Kitűnik, hogy a  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  alatti koncentrációk gyakorisága a legnagyobb (45%), a koncentráció növekedésével a gyakoriság erősen csökken. A  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t meghaladó koncentrációk már nagyon ritkák.

Más irányú vizsgálataink során meghatároztuk városaink kén-dioxid alapterhelését. Ezekből az adatokból kiindulva került megállapításra, hogy Keekeméten levő ipari forrásokból  $6-8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a W felé 47 km távolságban

levő Dunaújváros ipari forrásaiból 2–3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  kén-dioxid szennyezettség juthat a regionális állomás levegőjébe (Várhelyi G. szóbeli közlése alapján).

A szélirány és a kén-dioxid koncentráció adatok egybevetése eredményeként azt találtuk, hogy ha legalább 5 órán keresztül gyenge szél Kecskemét vagy Cegléd felől fúj, akkor a regionális állomáson a kén-dioxid koncentráció 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -rel, ha Lajosmizse felől fúj, 4,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -rel volt magasabb, mint más irányból fújó szélnél. Ha csak a téli félév koncentráció adatait tekintjük, a szélirány befolyása a koncentráció adatokra az előbbinél lényegesen nagyobb. A téli félévben ugyanis Lajosmizse felől fújó szélnél 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Kecskemét felől



3. ábra: A lebegő szilárd szennyezőanyagok koncentrációjának közép és gyakorisági értékei. Kecskemét, Komlósi-telep, 1973. szeptember – 1974. aug.

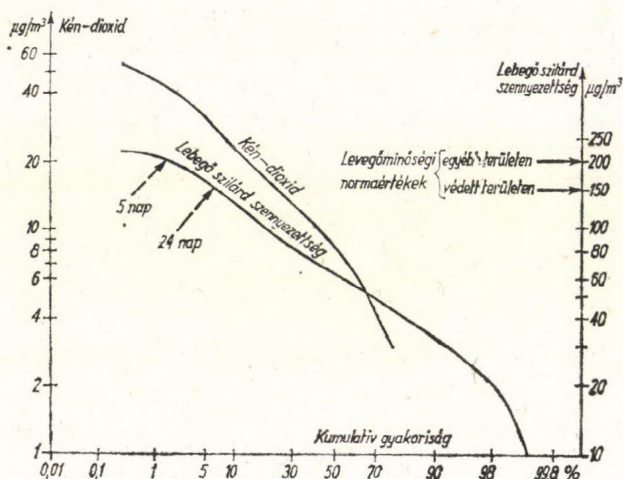
jövő áramlásnál 1,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  átlagos kén-dioxid koncentráció növekedés mutatható ki. Előfordult olyan eset, hogy gyenge N szél több, mint 10 órán keresztül fúj, amelynek következtében egyik napról a másikra 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -rel nőtt a regionális állomáson a kén-dioxid koncentráció és ekkor alakult ki a mérési időszak 66,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  abszolút maximális koncentráció értéke. Az elmondottakból nyilvánvaló, hogy a regionális állomás levegőminőségét a környezetben levő források befolyásolják.

#### Lebegő szilárd szennyezőanyagok koncentrációja a regionális állomáson

A lebegő szilárd szennyezőanyagok koncentrációjának átlagos és gyakorisági adatait a 3. ábrán tüntettük fel. A 3c ábrán látható, hogy a fűtési időszakban a havi középértékek a 72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -es évi középérték körül ingadoznak. November kivétel, mivel fél hónapon keresztül 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  körüli napi középértékek voltak, amelyeknek következtében a novemberi havi közepes koncentráció 134  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  volt. Az egyévi időszak abszolút maximális értéke 228  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , november 4-én mérték. A nyári hónapokban 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  körüli volt a koncentráció, a legalacsonyabb havi középérték (45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) júliusban alakult ki. A lebegő szilárd szennyezőanyagok koncentrációja és a ventillációs tényező (3b ábra) között a kapcsolatot – a novemberi szélső érték kivételével – fennáll, a fűtési foknap értékkel (3a ábra) nem található összefüggés. A 3. ábra jobboldalán feltüntetett relatív gyakorisági eloszlás szerint a leggyakoribb az 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -es koncentráció (28%), 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  felett a koncentrációk gyakorisága erősen csökken.

## A regionális állomáson mért koncentrációk összehasonlítása a levegőminőségi normákkal

A levegőminőséget a norma értékekkel való összehasonlítás révén értékeljük. Azt kell megállapítanunk, hogy a normát meghaladó koncentrációk előfordulnak-e, és ha igen, milyen gyakorisággal. Ezért a regionális állomáson mért kén-dioxid és lebegő szilárd szennyezőanyagok kumulatív túllépési gyakorisági eloszlásait állítottuk elő és ezeket együttesen a 4. ábrán tüntettük fel. Tekintsük előbb a kén-dioxid koncentráció eloszlását (baloldali függőleges



4. ábra: A kén-dioxid és a lebegő szilárd szennyezőanyagok koncentrációjának kumulatív gyakorisági eloszlása. Kecskemét, Komlósi-telep, 1973. szeptember–1974. augusztus

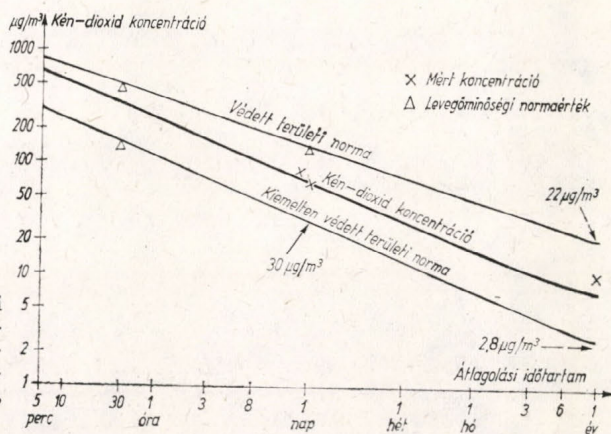
tengely). Az eloszlás 50 százalékos pontjára a  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es koncentráció esik, tehát a mérési időszak felében, közel 6 hónap tartamban a kén-dioxid koncentráció ezt az értéket meghaladta. A regionális állomáson a levegőminőségnek meg kell felelnie a kiemelten védett terület kritériumának. A mérések 24 óra tartamúak, kiemelten védett területre azonban 24 órás normáértéket nem állapítottak meg. Így a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es védett terület 24 órás normával [4] vetjük egybe a kén-dioxid koncentráció eloszlását. Látható, hogy a regionális állomáson ennél jóval alacsonyabbak a koncentrációk, legfeljebb a védett területi norma 1/3-át érik el.

A lebegő szilárd szennyezőanyagok koncentrációjának kumulatív gyakorisági eloszlása is a 4. ábrán szerepel (jobboldali függőleges tengely). Az eloszlás 50%-os pontján a  $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es koncentráció érték van, tehát az időszak felében a koncentráció  $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -nél magasabb. A kialakuló levegőminőséget a védett területi norma függvényében nézve kitűnik, hogy a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  védett területi normánál nagyobb lebegő szilárd szennyezőanyag-koncentráció egy év folyamán 24 nap tartamban fordult elő. Tehát nem teljesült a védett terület kritériuma sem, sőt a koncentráció, amint az ábrán látható, az egyéb területi normát is meghaladta 5 nap tartamban.

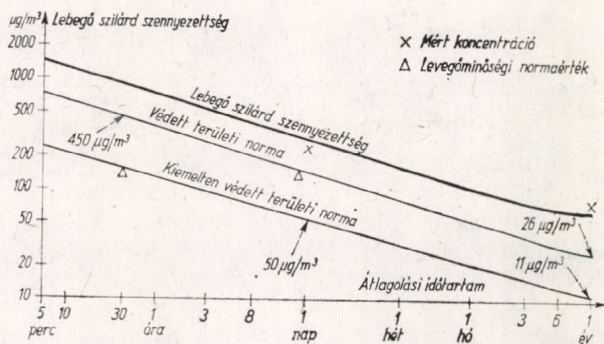
A vizsgált eloszlásokat 24 óra mérési időtartamban mérték. Azonban a levegőminőség értékelése sok esetben szükségessé teszi más mérési időtartamú koncentrációk figyelembe vételét is. Pl. a koncentráció látástávolság csökkentő hatását 1 órás, a növénykárt 4–8 órás maximális koncentráció függvényében vizsgálják. Larsen matematikai modelljének [5] felhasználásával a mért koncentráció adatok tetszőleges átlagolási időtartamra is meghatározhatók. Ennek

érdekében a regionális állomáson mért adatokból különböző átlagolási időtartamokra vonatkozó valószínűségi eloszlásokat állítottunk elő.

A maximális kén-dioxid koncentráció 5 perctől 1 évig terjedő átlagolási időtartamra vonatkozó valószínűségi eloszlását együttesen a norma értékek elméleti eloszlásával az 5. ábránk mutatja be (a mért koncentráció értékeket  $\times$ , a meglevő normákat  $\Delta$  jellel tüntettük fel). Kitűnik, hogy a különböző átlagolási idejű kén-dioxid koncentrációk megfelelnek a védett terület kritériumának. A 30 perces, a 24 órás és az évi átlagos koncentráció is kisebb a normaértéknél.



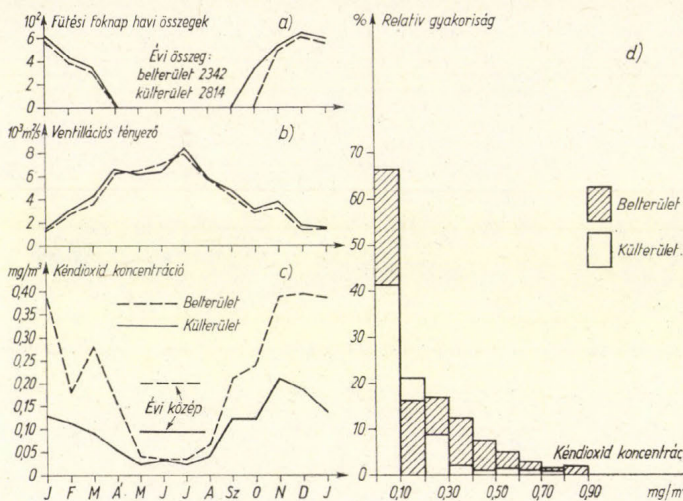
5. ábra: A különböző átlagolási idejű maximális kén-dioxid koncentrációk és a levegőtisztasági norma értékek valószínűségi eloszlásai. Kecskemét, Komlósi-telep, 1973. szeptember – 1974. aug.



6. ábra: A különböző átlagolási idejű maximális lebegő szilárd szennyezettség és a levegőtisztasági norma értékek valószínűségi eloszlásai. Kecskemét Komlósi-telep, 1974. augusztus

Amint említettük, a regionális állomáson a levegőtisztaságnak meg kell felelnie a kiemelten védett terület kritériumának. Mivel kiemelten védett területre normát csak 30 perc átlagolási időre írtak elő, ennek értékéből kiindulva határoztuk meg különböző átlagolási időkre a kiemelten védett területi 24 órás norma elméleti eloszlását. Az adatok szerint a kiemelten védett területi 24 órás norma  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , amelynek a mért maximális koncentráció ( $66,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) kb. kétszerese. Az egy évi átlagolási időszakra vonatkozó norma  $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -nek adódott, amelyet a mért koncentráció ( $10,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) csaknem négyszeresen meghaladta. Fentiek szerint a regionális állomáson a kén-dioxid koncentráció magasabb annál, mint amekkora kiemelten védett területen megengedhető volna.

A lebegő szilárd szennyezőanyagok koncentrációjának valószínűségi eloszlását a védett és kiemelten védett területi normaértékek elméleti eloszlásával a 6. ábrán tüntettük fel, megjelölve a mért koncentrációkat ( $\times$  jel) és a rendeletben előírt normákat ( $\Delta$  jel). Látható, hogy a lebegő szilárd szennyezőanyagok koncentrációja a védett területi 24 órás és a kiemelten védett területi 30 perces normát jelentősen túllépi.



7. ábra: A kén-dioxid koncentráció közép- és gyakorisági értékei Budapest bel- és külterületén. 1973. szeptember – 1974. augusztus

A lebegő szilárd szennyezőanyagok koncentrációjának nem állapították meg a kiemelten védett területi 24 órás, és védett területi 30 perces normaértékeit. A 6. ábráról leolvasható, hogy a meglévő normaértékekből kiindulva a védett területi 30 perces normaértéknek 450  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -nek, a kiemelten védett területi 24 órás normaértéknek 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -nek kellene lennie. A 6. ábrán azt is feltüntettük, hogy egy évi átlagolási időszakra az elméleti norma érték védett területre 26  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -nek, kiemelten védett területre 11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  adódott. Ha szembeállítjuk az utóbbi két adatot a regionális állomáson mért 72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -es évi középértékkel, ismét kitűnik a mért koncentrációk és a normaértékek közötti lényeges különbség.

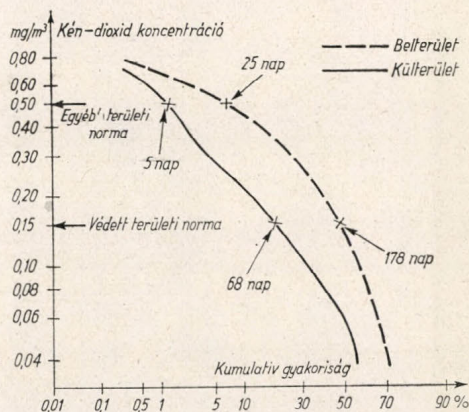
#### A kül- és belterületi levegőminőség

A kül- és belterületi levegőminőséget két budapesti mérőállomás egyidejű adatsora (1973. szept. 1 – 1974. aug. 31.) alapján vizsgáljuk. A belterületi mérőállomás az Eötvös Loránd Tudományegyetem kertjében (VIII., Múzeum körút) települt. A külterületi állomás a Központi Léggörfizikai Intézet (XVIII. Pestlőrinc, Petőfi u.) kertjében működik.

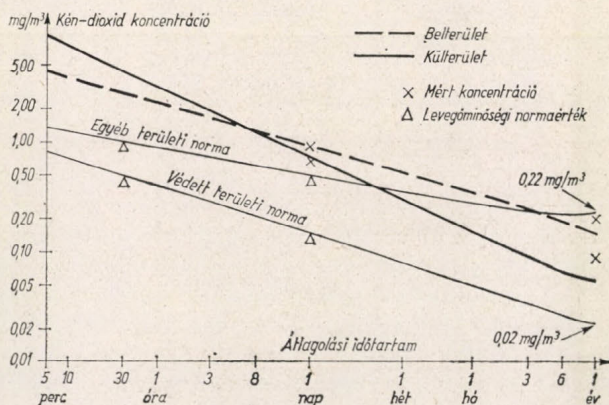
#### Kén-dioxid koncentráció a kül- és belterületen

A kén-dioxid koncentráció kül- és belterületi középértékeit és relatív gyakoriságait a 7. ábra szemlélteti. A havi középértékek menete a két mérőhelyen azonos, azonban a belterületen több mint kétszer magasabb a koncentráció, mint a külterületen. Az évi középérték a belterületen 0,20  $\text{mg}/\text{m}^3$ , a kül-

területen  $0,09\text{mg}/\text{m}^3$  (7c ábra) volt. A koncentráció fordított kapcsolata a ventilációs tényező értékeivel (7b ábra) kifejezett. A kén-dioxid koncentráció és a fűtési foknap (7a ábra) görbék futása szintén szoros kapcsolatot fejez ki. A 7d ábrán feltüntetett relatív gyakorisági adatok szerint a két különböző típusú területen a  $0,1\text{ mg}/\text{m}^3$  körüli koncentrációk fordulnak elő leggyakrabban, a magas koncentrációk gyakorisága kicsi.



8. ábra: A kén-dioxid koncentráció kumulatív gyakorisági eloszlásai Budapest bel- és külterületén. 1973. szeptember – 1974. augusztus



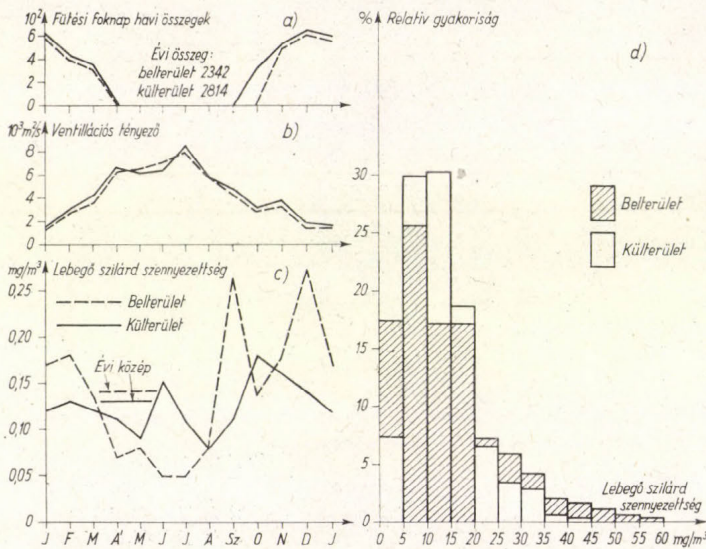
9. ábra: A különböző átlagolási idejű maximális kén-dioxid koncentrációk és a levegőtisztasági normaértékek valószínűségi eloszlásai Budapest bel- és külterületén. 1973. szeptember – 1974. augusztus

### A kül- és belterületen mért kén-dioxid koncentrációk és a levegőtisztasági normák

A kén-dioxid koncentráció kumulatív gyakorisági eloszlásait a 8. ábra szemlélteti, együttesen a védett és egyéb területi normaértékekkel. A bel- és külterületen egyaránt a védett terület kritériumának kellene teljesülnie. Azonban kitűnik, hogy a védett területi  $0,15\text{ mg}/\text{m}^3$ -es normát a belterületen 178 napon, a külterületen 68 napon haladta meg a koncentráció. Az ábra szerint a ritkán előforduló magas koncentrációk tartományában a bel- és külterület görbéje egymáshoz közeledik, és a mért abszolút maximumok között a bel- és külterületen a különbség kicsi.

A maximális kén-dioxid koncentráció különböző átlagolási időtartamú valószínűségi eloszlásait a bel- és külterületi állomásra, valamint a védett és egyéb területi normaértékek elméleti eloszlását a 9. ábrán mutatjuk be.

A belterületen (szaggatott vastag egyenes) a kén-dioxid koncentráció a védett és 4 hónap átlagolási időig az egyéb területi normát is jelentősen túllépi. Ahhoz, hogy a levegőminőség a normaértékeknek megfeleljen, például az évi átlagos koncentrációnak védett területen  $0,02 \text{ mg/m}^3$ -nek kellene lennie, a mért  $0,20 \text{ mg/m}^3$  helyett. A külterületen (folyamatos vastag egyenes) a kén-dioxid koncentráció szintén tetemesen meghaladja a védett területi normaértéket. Az egyéb területi normaértéket a kén-dioxid koncentráció rövidebb átlagolási



10. ábra: A lebegő szilárd szennyezőanyag koncentrációk közép- és gyakorisági értékei Budapest bel- és külterületén. 1973. szeptember – 1974. augusztus

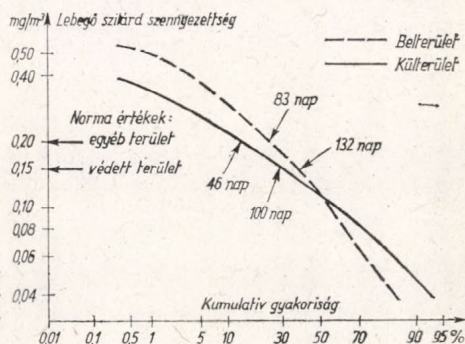
idők esetén túllépi, azonban 3 napnál hosszabb átlagolási időnél a normaérték teljesül. A mért évi átlagos koncentráció például  $0,09 \text{ mg/m}^3$ , amely az egy évi átlagolási időre vonatkozó  $0,22 \text{ mg/m}^3$ -es egyéb területi elméleti normaértéknél kb. egy tized  $\text{mg/m}^3$ -rel alacsonyabb.

A közelmúltban vizsgáltuk Budapest közepes mértékben beépített területén (Nagyvárad tér) a kén-dioxid koncentráció eloszlását, 1968-ban mért adatok alapján [6]. Az 1968-ban mért adatok szerint a 24 óra mérési időtartamú kén-dioxid koncentráció maximum  $1,96 \text{ mg/m}^3$ , az évi átlagos koncentráció  $0,26 \text{ mg/m}^3$  volt. A jelenleg vizsgált 1973/74. évi adatsorból a 24 órás maximum a belterületen  $0,87 \text{ mg/m}^3$ , a külterületen  $0,70 \text{ mg/m}^3$ , az évi átlag értékek  $0,20$ , illetve  $0,09 \text{ mg/m}^3$ . Az adatok szerint tehát az elmúlt 5 évben Budapest levegőminősége javult, azonban a levegőminőségi normaértékeket még mindig jelentősen túllépi.

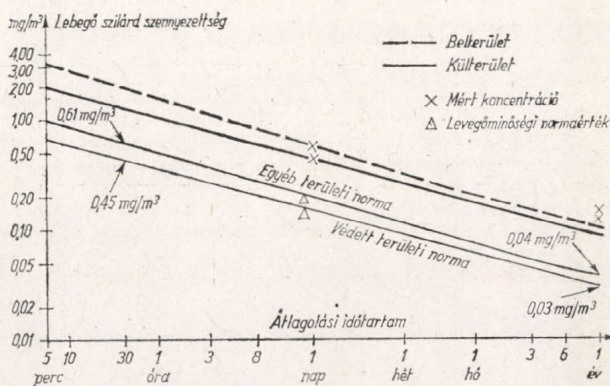
#### A lebegő szilárd szennyezőanyagok koncentrációja a kül- és belterületen

A kül- és a belterületen mért lebegő szilárd szennyezőanyagok koncentrációjának közép- és gyakorisági értékei a 10. ábrán láthatók. A havi középértékek (10c ábra) a belterületen télen magasak, nyáron jóval alacsonyabbak, az évi középérték  $0,14 \text{ mg/m}^3$ . A külterületen a koncentráció havi értékei (10c ábra) erősen ingadoznak, az évi középérték némileg alacsonyabb ( $0,13 \text{ mg/m}^3$ ) mint a belterületen. A mért koncentrációk kapcsolata a ventillációs tényezővel (10b ábra) és a fűtési foknap értékekkel (10a ábra) a belterületen nyilvánvaló.

Mint az ábra jobboldalán látható (10d ábra), a belterületen az  $5 - 10 \text{ mg/m}^3$ , a külterületen a  $10 - 15 \text{ mg/m}^3$  közötti koncentráció a leggyakoribb (26, ill. 36%). A magasabb koncentrációk előfordulása a belterületen sokkal gyakoribb, mint a külterületen.



11. ábra: A lebegő szilárd szennyezőanyag koncentrációk kumulatív gyakorisági eloszlásai Budapest bel- és külterületén. 1973. szeptember – 1974. augusztus



12. ábra: A különböző átlagolási idejű maximális lebegő szilárd szennyezőanyag koncentrációk és a levegőtminőségi normaértékek valószínűségi eloszlásai Budapest bel- és külterületén. 1973. szeptember – 1974. augusztus

### A kül- és belterületen mért lebegő szilárd szennyezőanyagok és a levegőtminőségi normák

A kül- és belterületen mért lebegő szilárd szennyezőanyag-koncentráció kumulatív túllépési gyakorisági értékeit a 11. ábrán tüntettük fel, együtt a védett és egyéb területi normaértékekkel. Kitűnik, hogy a védett területi  $0,15 \text{ mg/m}^3$ -es normát a belterületen 132 napon, a külterületen 100 napon haladta meg a koncentráció. Még az egyéb területi  $0,20 \text{ mg/m}^3$ -es normánál is nagyobb volt a koncentráció 83, ill. 46 napon keresztül.

A lebegő szilárd szennyezőanyagok koncentrációjának valószínűségi eloszlásait különböző átlagolási időtartamokra és a normaértékek elméleti eloszlásait a 12. ábránk mutatja be. Az ábrán a mért koncentrációkat 'x'-szel, a meglévő normaikat 'Δ' jellel ábrázoltuk. Kitűnik, hogy bármely átlagolási időt tekintünk, a normaértékek túllépése jelentős. Ahhoz, hogy az egyéb területi norma betartható legyen, az évi átlagos koncentráció legfeljebb  $0,04 \text{ mg/m}^3$  lehetne, a belterületen mért  $0,14 \text{ mg/m}^3$ , illetve a külterületen mért  $0,13 \text{ mg/m}^3$  helyett. Nyilvánvaló, hogy a védett területi norma sem teljesül. A rendelet sem védett, sem ipari területre nem ír elő 30 perces átlagolási időre normaértéket. A 24 órás normaértékekből kiindulva a 30 perces normaérték védett területre

0,45 mg/m<sup>3</sup>-nek, egyéb területre 0,61 mg/m<sup>3</sup>-nek adódott, amely normaértékeknel lényegesen magasabbak mind a kül-, mind a belterületen mért 30 perc átlagolási idejű lebegő szilárd szennyezőanyag-koncentrációk.

Az eddigiekből kitűnik, hogy sem a kül-, sem a belterületen nem teljesül a védett terület kritériuma sem a kén-dioxid, sem a lebegő szilárd szennyezőanyagok koncentrációja szempontjából. Valószínű, hogy a meglevő levegőminőség mind a kül-, mind a belterületen egészségügyi és gazdasági károkat okoz.

### I. TÁBLÁZAT

*Egészségi és gazdasági károsodást okozó küszöbkoncentrációk*

Károsodás jellege	Légszennyező anyag [mg/m <sup>3</sup> ]	
	kén-dioxid	lebegő szilárd
Direkt napsugárzás csökkenése Látástávolság csökkenés (ha a relatív nedvesség 70 százaléknál kisebb)	0,29 szilárd szennyezettség jelenlétében	0,10 – 0,15 0,15
Fémek korróziója fokozódik, építőanyagok, festett felületek, textíliák, bőrök károsodása	0,08 (évi közép)	0,06 – 0,18 (évi közép) (kén-dioxid jelenlétében)
Erdőállomány károsodása	0,05 (évi közép) 0,92 (4 órai közép) 1,44 (2 órai közép)	
Légúti megbetegedések előfordulásának növekedése idősebb embereknél	0,63 (napi közép)	és 0,30 (napi közép)
Munkából való hiányzás növekedése	0,25 (napi közép)	és 0,20 (napi közép)
Légúti betegségek következtében halálozási arányszám növekedése	0,10 (évi közép)	és 0,16 (évi közép)

Az *I. táblázatban* láthatók azok a koncentráció küszöbértékek, amelyek feletti koncentrációk káros hatásúak [1], [7]. Ha egybevetjük az *I. táblázatban* levő küszöbkoncentrációkat a *9. és 12. ábrán* levő koncentráció eloszlásokkal, látható, hogy mind a kül-, mind a belterület levegőminősége következtében folttelezhető ezen károsodások előfordulása.

#### *Összefoglaló következtetések*

A Kecskemét, Komlósi-telepi regionális állomáson a rendelkezésre álló 1 évi mérési sor alapján a kén-dioxid szennyezettség a kiemelten védett terület

kritériumát nem elégíti ki. A védett területekre előírt levegőminőség a regionális állomáson teljesül.

A távolabbi környezetben levő forrásokból kén-dioxiddal szennyezett levegő a regionális állomásra egy átlagos év 17%-ában szállítódik. Egyelőre tehát úgy tűnik, a jelenlegi mérőhely a regionális méretű kén-dioxid szennyezettség vizsgálatához megfelel a Meteorológiai Világszervezet előírásainak. Végleges következtetés hosszabb adatsor birtokában vonható le. Feltétlenül szükségesnek tartjuk, hogy a regionális állomáson széliró műszer kerüljön felállításra.

A regionális állomáson a lebegő szilárd szennyezőanyag-koncentráció rendkívül magas. A koncentráció nemcsak a védett, hanem az egyéb területi normaértéket is túllépi. Azonban ez a levegőminőség nem azonosítható a regionális méretű szennyezési folyamattal, mivel a szennyezés forrása részben a mérőállomás homok talaja. A regionális lebegő szilárd szennyezettség mérésére a jelenlegi helyet nem tartjuk megfelelőnek.

A kül- és belterületen a kén-dioxid koncentráció a védett és az egyéb területi normaértékeket egyaránt jelentős mértékben túllépi. Egybevetve az 1973/74-es év levegőminőségét az 1968-ban meglévő levegőminőséggel mégis az mondható, hogy a kén-dioxid szennyezettség némileg csökkent Budapesten.

A kül- és belterületen a lebegő szilárd szennyezőanyag-koncentráció mind a védett, mind az ipari területek levegőminőségi normaértékét jelentősen meghaladja. Ahhoz, hogy legalább az egyéb területekre előírt normaérték teljesüljön, a belterületen kb. harmadára, a külterületen felére kellene csökkentenie a lebegő szilárd szennyezőanyag-koncentrációnak.

A kén-dioxid koncentráció következtében jelenleg kialakuló levegőminőség a belterületen kb. hússzor, a külterületen kilencszer rosszabb, mint a regionális állomáson. A belterületen kb. kétszer rosszabb minőségű a levegő, mint a külterületen.

A lebegő szilárd szennyezőanyagok koncentrációja következtében kialakuló levegőminőség a kül- és a belterületen közel azonos, a regionális állomáson tapasztalt levegőminőséghez képest mintegy kétszer rosszabb.

#### IRODALOM

- [1] Global Environmental Monitoring System, SCOPE 3. (1973). Int. Council of Sci. Unions, Scientific Comm. On Problems of the Environment
- [2] WMO. (R)IOP, Annex. 1974
- [3] Fiscal Year 1969. Summary Report of Div. of Meteorology (1970). ESSA Technical Memorandum, Air Resources Lab., No. 18
- [4] A Minisztertanács 1/1973 (I. 9.) számú rendelete a levegő tisztaságának védelméről
- [5] Larsen, R. I. (1971): Mathematical Model for Relating Air Quality Measurements to Air Quality Standards. EPA, Off. of Air Programs Publ. No. AP-89
- [6] Popovics M. (1973): Városi levegőminőségi adatok korszerű értelmezése. Időjárás 77, 5 sz. 338 - 348
- [7] Air Quality Criteria for Sulfur Oxides (1969). NAPCA Publ. AP-50

## Az analógia elvén alapuló prognosztikai módszerek matematikai modellje

KABA MAGDOLNA, FARAGÓ TIBOR, GULYÁS OTTÓ, Központi Meteorológiai Intézet, Budapest

*Mathematical Model of Forecasting Methods Based on the Principle of Analogy.* In the study the general mathematical model of forecasts using the principle of analogy is presented. Both the coding of the sample field and the selection of the analogy index are discussed. The connections of the forecasts based on analogies with the optimal decision rule minimizing the average loss on the one hand and with the method of the "nearest neighbour" are contained. Finally a rough comparison between the methods of forecasting used by different national meteorological services and the presented mathematical model is made.

✱

*Математическая модель прогностических методов основанных на аналогии.* В работе излагается общая математическая модель прогнозов, основанных на принципе аналогов. Рассматривается как кодирование выборочного пространства, так и выбор индекса аналогичности. Затем выяснена связь прогнозов по аналогам, с одной стороны, с правилом оптимального решения, в смысле минимализации среднего риска; с другой стороны, с методом т. н. «ближайшего соседа». В заключение дается общее сопоставление нескольких прогностических методов, применяемых в различных национальных метеорологических службах, с предлагаемой математической моделью.

✱

A többváltozós, sokszor áttekinthetetlenül bonyolult fizikai rendszerek vizsgálatakor gyakran alkalmazzák az analógia elvén alapuló előrejelzési-döntési modellt. *Multanovszkij* és *Baur* (1948) munkáit követően ma már a meteorológia több területén — így a hosszútávú előrejelzésben is — többször találkozhatunk az analógia fogalmával, illetve az analógia-keresésre épülő különböző prognosztikai módszerekkel.

Az analógiás modell alkalmazásának előfeltétele a vizsgált rendszer működésének előzményeit leíró adatbázis. Erre támaszkodva a rendszer olyan rögzített múltbeli állapotát (esetleg állapotegyütteseit) keressük, amely bizonyos, előre megadott vonatkozásban hasonlít a rendszer aktuális állapotához. Ezt követően az így kapott ún. analóg helyzet múltbeli változásából következtünk a rendszer adott, aktuális állapotának várható alakulására. (E módszer realizálása rendszerint számítógép alkalmazását teszi szükségessé.)

Bár az eljárás alapelve roppant egyszerű és gyakorlati alkalmazásának hatékonyságáról számos meteorológiai kísérlet is tanúskodik, mégis sok esetben a módszer tudományos megalapozottsága bizonytalannak tűnik.

Dolgozatunkban megadjuk az analógia elvén működő döntések (extrapolációk, prognózisok) egy elég általános modelljét; megvilágítjuk a módszer kapcsolatát az ismert és matematikailag optimális eljárásokkal; röviden kitérünk a realizálás egyes meteorológiai és számítástechnikai vonatkozásaira; végül bemutatjuk a módszer — többek között a brit és a magyar meteorológiai szolgálatnál alkalmazott —, néhány konkrét, távprognosztikai célokat szolgáló felhasználását.

### *A matematikai modell és az alkalmazott jelölések*

Tekintsünk egy  $\xi$  valószínűségi vektor változót, amely szimbolizálhat például légköri állapotjelzőket, a légköri állapotjelzők mezejének egy kitént-

tett tartományát (légköri rendszert), illetve az állapotjelzők egész mezejét, vagy akár egy tetszőleges időjárási eseményt. Jelölje a  $\xi$  változó értékkészletét  $X$ , annak konkrét megfigyeléseit (a realizációkat)  $x \in X$ . Az  $X$  teret *mintatér*-nek,  $x$ -et *megfigyelésnek* nevezzük. Az analógia elvén alapuló prognózis adatbázisa a  $\xi$  valószínűségi változó  $x$  megfigyeléseinek (számítógépes adathordozón tárolt) rendezett sorozatából áll. Például időrendi sorrendben jelölje ezt:

$$x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(n)}, \dots ; x^{(n)} \in X.$$

Legyen  $\theta$  az a valószínűségi változó, amelyet *prognosztizálandónak*, illetve a  $\xi$  *kategóriájának* nevezzük. E változót az  $x$  megfigyelésből, a  $\xi$  és  $\theta$  kapcsolatának statisztikai jellemzőiből, illetve az adatbázisra támaszkodva kívánjuk becsülni, előrejelezni. A meteorológiai-prognosztikai alkalmazásokban  $\theta$  az  $x$  megfigyelési időpontját követő időjárási esemény bekövetkezése vagy annak valamilyen mérőszáma.

Jelölje a  $\theta$  változó értékkészletét  $\Theta$ , e változó konkrét értékeit, azaz  $\theta$  realizációit  $\theta \in \Theta$ , és az  $x^{(n)}$  megfigyelések indexezésének megfelelő kategóriák sorozatát:

$$\theta^{(1)}, \theta^{(2)}, \dots, \theta^{(n)}, \dots ; \theta^{(n)} \in \Theta.$$

Az archívumban így tárolt

$$(x^{(1)}, \theta^{(1)}), (x^{(2)}, \theta^{(2)}), \dots, (x^{(n)}, \theta^{(n)}), \dots$$

rendezett párok sorozatát *tananyag*nak nevezzük.

*Prognózis*nak egy olyan  $d$  függvényt tekintünk, amely az egyes megfigyelésekhez bizonyos kategóriákat rendel, tehát:

$$d: X \rightarrow \Theta$$

és

$$d(\xi) = \hat{\theta},$$

ahol  $\hat{\theta}$  a valóságos  $\theta$  kategória becslése. Ezt a  $d$  függvényt a matematikai statisztikában *döntésfüggvénynek* is nevezik.

A tényleges  $\theta$  érték és a  $\hat{\theta}$  becslés, azaz a  $\theta$  illetve a  $\hat{\theta} = d(x)$  realizációk eltéréseinek — a *veszteségnek* — mérésére bevezetjük az ún. *veszteségfüggvényt*, amelyet  $w(\theta, \hat{\theta})$ -val jelölünk. A következőkben a veszteségfüggvény két formáját fogjuk használni: véges értékkészletű  $\theta$  változó esetén a

$$w_p(\theta, \hat{\theta}) = \begin{cases} 1 & \text{ha } \theta \neq \hat{\theta} \\ 0 & \text{ha } \theta = \hat{\theta} \end{cases}$$

„nulla-egy” *veszteségfüggvényt*, valamint tetszőleges  $\theta$  változóra a

$$w_2(\theta, \hat{\theta}) = |\theta - \hat{\theta}|^2$$

*négyzetes veszteségfüggvényt*.

Mivel  $\hat{\theta}$  valószínűségi változó, definiálhatjuk a veszteségfüggvény várható értékét. Ezt *rizikófüggvénynek* nevezzük, és felhasználásával az átlagos veszteséget — rizikót — a következő módon mérjük:

$$R(d) = Mw(\theta, \hat{\theta}) = Mw(\theta, d(\xi)).$$

A prognózis akkor megfelelő, ha a veszteség, illetve a rizikó kicsi; és a  $d_1, d_2$  prognózisok közül  $d_1$  a jobb, ha  $R(d_1) \leq R(d_2)$ .

A prognosztikai feladat optimális megoldása az a döntésfüggvény, amely a rizikófüggvényt minimalizálja.

Elég általános föltételek mellett ez a feladat megoldható. Elvben az ún. *Bayes-féle döntésfüggvény* biztosítja az optimális prognózist, amelyet  $d^*$ -gal, a megfelelő rizikót pedig  $R^* = R(d^*)$ -gal jelöljük, vagyis  $R(d^*) \leq R(d)$  tetszőleges  $d$  döntésfüggvényre. Ezen optimumok meghatározása feltételezi  $\xi$  és  $\theta$  együttes eloszlásának ismeretét. Például a „nulla-egy” veszteségfüggvény esetén, föltéve, hogy  $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k\}$ , a  $d^*$  döntésfüggvény a következőképpen határozható meg:

$$d^*(x) = \theta_j, \quad \text{ha } P(\theta_j/\xi = x) \leq P(\theta_i/\xi = x)$$

minden  $i = 1, 2, \dots, K$  indexre, ahol  $P(\theta_i/\xi = x)$  a föltételes eloszlást jelöli. Tehát döntésünk  $\theta_j$ , ha adott  $x$  megfigyelés mellett e kategória valószínűsége a legnagyobb.

Konkrét feladatokban, ha pontosan nem is, de – valamilyen aszimptotikával  $d^*$  és  $R^*$  megközelítően előállítható. Az optimális rizikó  $R^*$ , illetve ennek egy jó becslése azért fontos, mert ez az érték mutatja meg, hogy az adott feladatban egy  $d$  döntés birtokában mennyi erőfeszítést érdemes befektetnünk ennél kisebb veszteségű prognózisok előállítására.

Térjünk át a döntések készítésének egy igen fontos, speciális típusára, az *analógiák elvén alapuló prognosztikai módszerekre*. Ennek megvalósításához az adattár  $x \in X$  elemeinek hasonlóságát kifejező mérőszámot kell bevezetnünk, amelyet *analógia-indexnek* nevezünk. Tekintsük a  $\xi$  valószínűségi változó realizációpárjain értelmezett  $\Delta$  függvényt, amely tetszőleges két  $x, y \in X$  elemhez egy  $\Delta(x, y)$  számot, azok analógiájának vagy más szóval hasonlóságának mérőszámát rendeli. Tegyük fel, hogy az analógiaindexnek az alábbi a tulajdonsága:

$$\begin{aligned} \Delta(x, y) &= \Delta(y, x) \geq 0, \\ \Delta(x, x) &= 0, \\ \Delta(x, y) &\leq \Delta(x, z) + \Delta(z, y), \end{aligned}$$

minden  $x, y, z \in X$  elemre, vagyis  $\Delta$  metrika az  $X$  térben. (Léteznek olyan analógiaindexek is, amelyek a fenti axiómáknak nem mindenben tesznek eleget, de ezek az eltérések általában lényegtelenek, s így gyakran a fentivel azonos típusúvá transzformálhatók.)

Példák analógiás indexekre:

a) Legyen a megfigyelés egy véges számsorozat (vektor). Ebben az esetben igen elterjedt az euklideszi metrika:

$$\Delta(\underline{x}, \underline{y}) = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2},$$

vagy a szupremum metrika:

$$\Delta(\underline{x}, \underline{y}) = \text{maximum}_{1 \leq i \leq N} |x_i - y_i|$$

alkalmazása, ahol  $\underline{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ ,  $\underline{y} = (y_1, y_2, \dots, y_N)$ .

Ha a komponensek mindegyike egy véges sok elemet tartalmazó  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_l\}$  halmaz eleme, azaz  $x_i, y_i \in U$  minden  $i = 1, 2, \dots, l$ -re és adott egy  $b(u_s, u_t) = b_{st} \geq 0$  veszteségmátrix (például a „nulla-egy” veszteségfüggvényhez hasonló), akkor a fenti két megfigyelés összehasonlítása például a

$$\Delta(\underline{x}, \underline{y}) = \text{maximum}_{1 \leq i \leq N} b(x_i, y_i),$$

vagy pedig a

$$\Delta(x, y) = \sum_{i=1}^N \beta_i b(x_i, y_i)$$

analógia-index segítségével történhet, ahol  $\beta_i \geq 0$  ( $\sum_{i=1}^N \beta_i = 1$ ) súlyozó konstans.

Az euklideszi metrika és az ún. korrelációs analógiaindex között szoros kapcsolat áll fenn. Speciálisan, ha az eredeti megfigyeléseket feldolgozásuk előtt standardizáljuk, azaz

$$x_i = \frac{x_i - m_x}{\sigma_x}, \quad y_i = \frac{y_i - m_y}{\sigma_y}$$

ahol  $m_x, m_y$  a megfelelő átlagok, és  $\sigma_x, \sigma_y$  empirikus szórások, valamint

$$R(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i y_i$$

az empirikus korreláció, akkor az  $x', y'$ -re alkalmazott euklideszi metrika négyzete és a korrelációs analógiaindex között az alábbi kapcsolat áll fenn:

$$\begin{aligned} \Delta^2(x', y') &= \sum_{i=1}^N (x'_i - y'_i)^2 = \sum_{i=1}^N x_i'^2 - 2 \sum_{i=1}^N x'_i y'_i + \sum_{i=1}^N y_i'^2 = \\ &= 2N - 2NR(x, y) = 2N [1 - R(x, y)]. \end{aligned}$$

Megjegyezzük ezzel kapcsolatban még, hogy az  $\frac{1}{N} \Delta^2(x', y')$  kifejezés szolgál a szerkezeti függvény alapjául.

Az  $R(x, y)$  mérőszám nem metrika, azaz nem elégíti ki a metrika axiómáit, ezért is célszerűbb az euklideszi metrika alkalmazása.

b) Meteorológiai mezők összehasonlításánál gyakran alkalmazzák a lényegében *Bagrov*-tól származó analógiás indexet, amely szerint

$$\Delta(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mu_i,$$

ahol  $\mu_i$  értéke 0, ha az  $x_i$  és  $y_i$  koordináták eltérése a sokévi átlagtól egyező irányú, és 1, ha ellenkező irányú;  $N$  az állomások vagy a rácspontok száma.

Tegyük fel, hogy rendelkezésünkre áll egy  $\{(x^{(n)}, \vartheta^{(n)}), n = 1, 2, \dots\}$  tananyag, egy  $\Delta$  analógiaindex és a  $\xi$  valószínűségi változó  $x$  aktuális, megfigyelt értéke.

Az  $x$  megfigyelés legközelebbi társának nevezzük az  $\{(x^{(n)}, \vartheta^{(n)}); n = 1, 2, \dots\}$  tananyag azon  $x^{(i)}$  elemét, amelyre az analógiaindex minimális, azaz

$$\Delta(x, x^{(i)}) \leq \Delta(x, x^{(n)}) \quad n = 1, 2, \dots$$

Definíció szerint az aktuális  $x$  megfigyeléshez tartozó prognózis az  $x$  legközelebbi társához rendelt kategória, vagyis

$$d_{NN}: \quad d_{NN}(x) = \vartheta^{(i)}.$$

Ezt a döntést a matematikai statisztika terminológiájában *legközelebbi társ szerinti döntésnek* (Nearest Neighbor Decision Rule, innen a továbbiakban NN), a meteorológiában *analógiák elvén alapuló prognózisnak* nevezik.

Az analógiák alapján történő extrapoláció hibavalószínűségével, vagyis a „nulla-egy” veszteségfüggvény rizikójával kapcsolatos első általános ered-

ményeket Cover és Hart (1967), valamint Cover (1968) érte el. Ezek alapján a Bayes-rizikó és NN-rizikó kapcsolatáról a következőt mondhatjuk: ha a tananyag elemei függetlenek, egyforma eloszlásúak és a megfelelő sűrűségfüggvények folytonosak, valamint  $\Theta = (1, 2, \dots, K)$ , akkor a „nulla-egy” veszteségfüggvény esetén

$$R^* \leq \lim_{n \rightarrow \infty} R_{NN} = R_{NN}^{(n)} \leq R^* \left(2 - \frac{K}{K-1} R^*\right).$$

A fenti összefüggésben  $R^*$  a Bayes-döntés,  $R_{NN}^{(n)}$  pedig az  $n$ -hosszúságú tananyagra alkalmazott NN-döntés rizikója. Ez az egyenlőtlenség kifejezi, hogy az analógiákon alapuló döntés csak abban az esetben adhat jó eredményt, ha az optimális döntés hibavalószínűsége kicsi ( $R^* \leq R_{NN}$ ), ekkor láthatóan az  $R_{NN}$  aszimptotikus hibavalószínűség nem is lehet nagyértékű ( $R_{NN} \leq 2R^*$ ).

Elég általános eredmények találhatók más veszteségfüggvények esetére is Cover dolgozatában (többek között négyzetes veszteségfüggvényre). Számos dolgozatban találkozhatunk azzal az esettel, amikor nemcsak a legközelebbi társat, hanem több, az aktuális megfigyeléssel még jó analógiát mutató, tananyagbeli elemet is figyelembe vesznek. Az  $R_{NN}^{(n)}$  konvergenciájának sebességével Fritz (1973) foglalkozott.

Megjegyezzük, hogy az NN-módszernek bizonyos kedvezőtlen számítás-technikai tulajdonságai vannak. A jó döntés feltétele ugyanis a nagy tananyag, azonban ez igen memóriaiigényes és ezzel párhuzamosan a műveletek száma durván egyenes arányban áll a tárolt megfigyelések számával. Irodalmi ismereteink szerint e nehézségek leküzdésére két mód nyílik: Egyrészt pl. Hart dolgozatában kimutatja, hogy a tananyag bizonyos pontjai, a hiba jelentős növekedése nélkül, esetenként elhagyhatók. Ez az eljárás ugyan számításigényes, de egy adott feladattal kapcsolatban csak egyszer kell elvégeznünk és az ezután következő NN-döntések már könnyebben elvégezhetők. A másik mód a kódolás helyes megválasztása.

#### *A kódolás. (A mintatér transzformációi)*

Az előző pontban vázolt NN-döntésfüggvény konstrukcióját sok esetben az adatok előzetes átalakítása, más szóval a mintatér bizonyos transzformációja előzi meg. Ez igen lényeges módon befolyásolhatja a döntés megbízhatóságát, a rizikót.

Az adatok kódolásának, illetve transzformációjának több oka is lehet. Így például meteorológiai vizsgálatoknál egyrészt gyakran nincs meg a kívánt adatmennyiség (néhány szükséges paraméter ismeretlen); másrészt pedig egy-egy paraméter diszkrét tér- és időbeli pontokra vonatkozó, esetleg kvantált értékeit ismerjük csak. Célunk is lehet az adatredukció, amelynek során bizonyos adatokat kiszűrünk, vagy összeolvasztunk a számítástechnikailag kezelhetetlenül magas dimenziószám vagy a számítógép adta korlátok miatt. Az átalakítások egy harmadik típusát azok a kódok, illetve transzformációk képezik, amelyeket fizikai, statisztikai stb. elővizsgálatok nyomán kiemelt, a későbbi döntések céljaira alkalmasabb indikátorok alkotnak. Ilyen tipikus kódokat képeznek például a különböző sorfejtések – Fourier vagy a természetes sorok – együtthatói.

Döntési feladatunkat a  $(\xi, \theta)$  valószínűségi változópar realizációiból alkotott  $\{(x^{(n)}, \theta^{(n)}); n = 1, 2, \dots\}$  tananyag határozza meg. A  $\xi$  valószínűségi vál-

tozót az  $F$  transzformációnak vetjük alá,  $\eta = F(\xi)$  úgy, hogy  $F$  a  $\xi$  valószínűségi változó minden  $x$  realizációjához egy  $y = (y_1, y_2, \dots, y_N)$   $N$ -dimenziós vektort rendel:

$$F: X \rightarrow Y \\ F(x) = \underline{y} = (y_1, y_2, \dots, y_N).$$

A meteorológiai gyakorlatból is számos ilyen transzformáció ismert. Így például egy-egy állapotjelzőre vonatkozóan általában nem használják fel valamennyi állomás minden mérését, hanem igen gyakran csak különböző idő-, illetve térbeli átlagokkal számolnak. Elégé elterjedt még a periodikusság vizsgálatában a trigonometrikus Fourier-sorok használata; erre a típusra alábbi b) példánkban térünk ki.

Példák a mintatér transzformációira:

a) Legyen  $\underline{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$   $N$  állomáson mért napi középhőmérsékletek rendezett sora, és  $m_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$  a megfelelő állomáson mért sokévi átlagérték. Ekkor az

$$F(x) = \underline{y} = (y_1, y_2, \dots, y_N) \\ y_i = \text{sign}(x_i - m_i) = \begin{cases} 1 & \text{ha } x_i > m_i \\ 0 & \text{ha } x_i = m_i \\ -1 & \text{ha } x_i < m_i \end{cases}$$

transzformáció láthatóan a már említett *Bagrov*-féle analógiaindex egy új értelmezése;  $F(x) = \underline{y}$  itt az ún. előjeles anomáliamező.

b) Tekintsük a  $\xi = \xi(\alpha)$  paraméteres valószínűségi változót ( $\alpha$  itt hely vagy időparaméter), vagyis egy ún. sztochasztikus folyamatot,  $\alpha \in A$ , ahol  $A$  a paramétertér. Legyen  $\{e_k(\alpha)\}$  az  $A$  paramétertérten értelmezett függvényrendszer, amely leggyakrabban az ún. természetes ortonormált-rendszer, de választásának számos más módja is lehetséges. Tegyük fel, hogy az  $x(\alpha)$  realizációk egyértelműen sorbafejthetők a következőképpen:

$$x(\alpha) = \sum_{k=1}^{\infty} c_k e_k(\alpha).$$

Ekkor az alábbi transzformációt alkalmazhatjuk:

$$F_N: F_N(x) = \underline{y},$$

ahol

$$\underline{y} = (c_1, c_2, \dots, c_N)$$

(azaz a transzformáció a realizáció sorának első  $N$  együtthatóját rendeli  $x(\alpha)$ -hoz).

c) Széles körben használatos a következő transzformáció is: az  $X$  mintatér  $x$  elemeihez valamilyen véges sok szimbólumot tartalmazó absztrakt kódhalmaz megfelelő elemeit rendelik hozzá. Az ezekkel kapcsolatos analógiaindexekről a fentiekben már szóltunk, egy konkrét példát pedig – amikor a nyomásmezőt makroszinoptikus típusokkal kódoljuk – a későbbiekben mutatunk be.

Az NN-döntéshez tehát az  $F$  transzformáció alkalmazása után az  $\{(x^{(n)}, \vartheta^{(n)}); n = 1, 2, \dots\}$  tananyag helyett most az  $\{(y^{(n)}, \vartheta^{(n)}); n = 1, 2, \dots\}$  tananyag áll rendelkezésre.

Jelölje  $d^*$  az eredeti,  $d_\eta^*$  pedig a transzformált prognózis-feladat Bayes-döntését, és legyen  $R_\xi^* = R(d_\eta^*)$ ,  $R_\xi = R(d_\eta)$  a megfelelő rizikók értéke. Így bizonyos feltételek teljesülése esetén, például a „nulla-egy” veszteségfüggvény alkalmazásakor könnyen igazolható, hogy  $R_\xi^* \equiv R_\eta^*$ , ami azt jelenti,

hogy az adatok transzformációjával az optimális döntés rizikója általában növekszik (pontosabban nem csökken). Más szóval a prognózis apriori lehetősége a fenti transzformációk révén bizonyosan nem javul, sőt a legtöbb esetben csökken. Fontos kérdés tehát a transzformáció jóságának a vizsgálata, amelyet a legegyszerűbben az  $J_k(F) = R_{\eta}^* - R_{\xi}^*$  mennyiséggel jellemezhetünk. A „nulla-egy” veszteségfüggvényre e mérőszám analízisével többek között Faragó – Gulyás (1973), Faragó – Györfi (1974a), (1974b) és Faragó (1974) is foglalkozik.

Alkalmazzuk az analógia elvén alapuló prognózist a transzformált feladatra. Ennek előfeltétele, hogy a transzformáció a fenti értelemben elég jó tulajdonságú legyen. Az így nyert feladatban a megfelelő döntésfüggvényt  $d_{NN,\eta}(y)$ , ennek rizikóját pedig  $R_{NN,\eta}$  jelölje. Természetesen a kódolás fenti megbízhatósága mellett igen lényeges döntésünk relatív hibájának  $J_D(d_{NN,\eta}) = R_{NN,\eta} - R_{\eta}^*$  becslése is, amellyel az előző részben foglalkoztunk.

#### *Analógia-keresésen alapuló néhány távprognosztikai módszer*

A meteorológiai analógiákkal kapcsolatos kutatások elengedhetetlen alapfeltétele az analóg helyzetek meghatározása. Általánosságban, a különböző konkrét feladatoktól függetlenül Lorenz (1969) definícióját szokták elfogadni: eszerint a légkör két, egymással közel ekvivalens állapotát nevezzük analógnak. Adott – például távprognosztikai – feladatok esetében azonban a konkrét szempontok már részletesen meghatározott analógia-fogalmat tesznek szűkséggé. Mivel lehetetlen a különböző légköri állapotok minden részletre kiterjedő, egzakt összehasonlítása, ezért az analóg helyzetek kiválasztását mindig csak bizonyos légköri állapotjelzők mezőinek összevetésére vezetik vissza. Így tehát a feladatunk szempontjából konkrétan analógia-fogalmat is csak megközelítően definiálhatjuk: eszerint a légkör két állapota akkor tekinthető ekvivalensnek, illetve analógnak, ha az adott – például a távprognosztikai feladatnak megfelelően választott – légköri állapotjelzők vagy ezek bizonyos, előre meghatározott együttes rendszerei a két kérdéses állapotot követő megadott időtartamban közel azonosan alakulnak. E kritérium sok esetben, a feladat bonyolultsága miatt nehezen vagy csak részben realizálható. Ilyenkor az úgynevezett stabilitási kritériumot használják, miszerint feltételezhető, hogyha a légkör két állapota tágabb értelemben analóg, akkor hasonló lesz a vizsgált feladat szempontjából is. Ebben az esetben – az adott feladattól csak bizonyos mértékben függő – általános analógia-kritériumról beszélhetünk.

Rákóczi (1974) a különböző mezők analógiájának vizsgálatában három típust különböztet meg, azok hasonló

- a) statisztikai szerkezete,
- b) geometriai tulajdonságai és
- c) dinamikus jellemzői alapján.

Bár az analógia fogalmának fenti, általánosabb érvényű meghatározása tartalmazza annak fizikai és minőségi lényegét, azonban az analógia-keresés alapproblémáját mégsem oldja meg, hiszen nagyon nehéz meghatározni azt a mennyiségi mutatót, amelynek segítségével a különböző légköri állapotok összehasonlítása elvégezhető. Ennek megfelelően az analóg helyzetek megállapításánál – mint már említettük – bizonyos légköri állapotjelzők (nyomás, hőmérséklet, csapadék, borultság stb.) mezejének hasonlóságát, analógiáját vizsgáljuk mennyiségi mutatók, az ún. *analógiaindexek* felhasználásával.

Ezen indexek bevezetése már az analógia mértékének megadását is lehetővé teszi. Segítségükkel valamely légköri állapotjelző két mezejének, két légköri rendszernek vagy két időjárás eseménynek a hasonlósága egzakt módon jellemezhető.

Néhány konkrét analógia-keresésen alapuló távprognosztikai módszer bemutatásával talán szemléletessé tehetjük az előbbieken vázolt (kódolás – analógia – analógiás döntési eljárás) modellt. Mielőtt azonban erre rátérnénk, feleletet kell adnunk arra a bevezetőben is említett, gyakran elhangzó kérdésre: *indokolt-e a hasonló meteorológiai helyzetek kiválasztására támaszkodó táv-előrejelzési módszer?* E kérdésre egyfelől pozitív választ ad a fentebb már vázolt Cover és Hart féle matematikai tétel, amelynek szerves része egy ún. folytonossági feltétel is, és ez a konkrét meteorológiai feladatunkban a már említett – elég általános érvényű – stabilitási kritériummal kapcsolatos. Másfelől adatbázisunk alapján mindinkább tökéletesíthetjük tudásunkat az általános cirkulációt befolyásoló, tehát végsősorban az időjárás változását kialakító nagytérű fizikai folyamatokkal kapcsolatban, és ennek következtében konkrét távprognosztikai céljainknak egyre megfelelőbb paramétereket, kódolásokat és analógiás indexeket választhatunk, illetve az így leszűrt absztrakciókat már esetleg konkrét analógia-keresés nélkül – vagy azzal párhuzamosan – közvetlenül alkalmazhatjuk.

A) Több, elsősorban angol és német előrejelző szolgálatnál alkalmaznak különböző *időjárás katalógusokon alapuló analógiás módszereket*. A kutatók ezen katalógusok (Lamb, Ward, PSCM és Hess – Brezowsky) összeállítását az időjárás helyzetek osztályozásával – a természetes szinoptikai periódus (*Multanovszkij*), vagy más elnevezéssel a makroszinoptikus helyzetek (*Baur*) megállapításával – heurisztikus úton végezték el. Mivel az osztályba sorolásnál eleve más kitüntetett területet tartottak szem előtt, így a meteorológiai szempontból azonos helyzeteknek más-más elnevezést adtak – ennek következményeként az azonos időszakokra vonatkozó eredmények összehasonlítása igen nehézkes.

A brit szolgálatnál több éve eredményesen alkalmazzák többek között a Lamb-féle katalóguson alapuló analógia-keresési módszert. A katalógus 27, kifejezetten a Szigetekre vonatkozó fő makroszinoptikus helyzetet tartalmaz. Az analógiák kiválasztását a következő lépésekben hajtják végre:

a) Az elkészítendő prógnózis időszakát megelőző 30 napra vonatkozó időjárás típusok sorozatát rendre összehasonlítják a megelőző évek hasonló időszakának megfelelő típus-sorozataival – és az analógiák mértékét egy igen gondosan felépített „scoring” táblázat alapján határozzák meg.

b) A fenti összehasonlítást a 30 nap hosszúságú időszak 14 napos előre-, illetve visszatolásával megismétlik, s az így kapott 29 érték közül a legnagyobb hasonlóságot jelentő számmal jellemzik az adott, éppen vizsgált múltbeli évet.

c) Ezeket a lépéseket 1873-tól rendre megismétlik, majd az éveket, a hozzájuk tartozó értékek alapján, érdem szerinti sorba rendezik. Következő lépésként a legnagyobb – abszolút értékben is nagy – hasonlóságot mutató éveket mint analóg helyzeteket tekintik.

Az a), b) és c) vizsgálatokat háromszor végzik el, ugyanis külön-külön állapítják meg az északi-irányítás, a blocking helyzet és a ciklonális mértéke szerinti hasonlóságot – természetesen más-más scoring-táblázat alapján.

Korábbi terminológiáinknak megfelelően itt először az egyes napok időjárás helyzetének – időjárás katalógusokra támaszkodó – kódolásáról, majd ezt követően ezek bizonyos hosszúságú sorozatainak összehasonlításáról, illetve

a már említett „legközelebbi társ” kereséséről van szó. (A korábban bevezetett veszteségmátrixoknak itt a scoring-táblázatok felelnek meg.)

B) A brit szolgálat kéthetenként készülő havi előrejelzéseinél már hosszabb idő óta jó eredménnyel alkalmazzák a már többször említett *Bagrov*-féle kódolás analógiaindexes eljárását a havi középhőmérsékletek anomália-mezőire.

Az északi félgömb 130 pontból álló rácsára vonatkozóan 1881-től készítették el a fenti mezőket. Az Észak-Amerikától Kelet-Szibériáig terjedő térséget lefedő 30 állomás megfelelő havi anomália-értékeit ún. szélperforált kártyákra vitték, majd ezeket a hónapoknak megfelelően 12 szekcióba sorolták. Minden állomásnak a kártyák szélén két bevágás felel meg: a baloldali lyukasztás pozitív, a jobboldali pedig negatív anomáliát jelent. Az adott hónapot megelőző hónap kártyáiból kiválasztó tű segítségével – bizonyos kulcs-állomásokon kezdve – végzik el a kártyák rostálását. Ezt követően a kapott analóg anomália-mezők, és a megfelelő szinoptikus térképek vizsgálatával, melyek során főként az általános cirkuláció állapotára vonatkozó jellemzők egyezőségét nézik – újabb kiválasztást végeznek. Végül a megmaradt analóg évek kérdéses hónapjának időjárás térképei alapján készítik el a havi prognózist. Ha a végső szűrés során kapott analóg években a kérdéses hónapok időjárása lényeges eltérést mutat, akkor az első rostálással kapott analógiák újabb, szigorúbb vizsgálatára kerül sor. Természetesen a fenti szélperforált kártyák adatai mágnesszalagokon is tárolhatók, s az analógia-keresés gépi úton is elvégezhető.

C) A jelenleg használatos, analógia-keresésen alapuló előrejelzési módszerek közül talán a legnagyobb matematikai, illetve számítógépes felkészültséget a különféle mezők sajátvektoros (természetes) sorfejtésére épülő rendszerek igénylik. Dolgozatunkban már említettük a sorfejtéses kódolási típusokat, itt azonban ezeknek bizonyos értelemben optimális fajtájáról van szó. Ugyanis *Watanabe* (1965) tétele értelmében, adott pontosság mellett, a vizsgált mezők akkor adhatók meg a lehető legkevesebb együtthatóval, ha sajátvektoraik szerint fejtjük sorba őket. Következésképpen e módszer a kérdéses mezők lehetőségeink szerinti legegyszerűbb – bár ugyanakkor a feladat szempontjából nem feltétlenül optimális – összehasonlítását teszi lehetővé, és ezért, a már említett nehézségek ellenére is igen gazdag, meteorológiai tárgyú irodalma van. E sorfejtés ötlete *Loeve*-től és *Karhunen*-től ered, meteorológiai alkalmazásával legkorábban *Lorenz* (1956), majd *Bagrov* és *Grimmer* foglalkozott.

Mint tudjuk, a pillanatnyi időjárás helyzetére nézve, az 500 mb-os mező diagnosztikai szempontból elsődleges fontosságú. Így természetes, hogy több szerző is foglalkozott azzal a kérdéssel, hogy milyen úton térhetünk át a rácspontra vonatkozó, nagyszámú, nehezen kezelhető és kölcsönösen összefüggő nyomásértékekről, a mező lényegesen kisebb számú, egymástól lineárisan független sajátvektoraival történő reprezentálására.

A feltett probléma megoldását *Craddock* (1958), (1970 a, b), (1974) a következő lépésekben végezte el:

a) Az 1949–1967-ig terjedő időszakra vonatkozóan az északi félgömb jelentős részét lefedő 130 rácspontra leolvasta az 500 mb-os mezők naponkénti tényleges geopotenciális magasságát.

b) 1965, 1966, 1967 adataiból adatmátrixot állított elő, amelyből

c) a három év 500 mb-os közepes nyomásmezőjének (időbeli átlagolás) és valamennyi állomás varianciájának meghatározását követően

d) előállította a megfelelő kovariancia mátrixot, s megoldotta a mátrix sajátérték-egyenletét. Eredményként a  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{130}$ , saját értékeket, illetve

a megfelelő sajátvektorokat kapta. (Mivel valamennyi sajátvektorhoz földrajzi koordináták tartoznak, így ezek térképes formában is ábrázolhatók.)

e) A szerző vizsgálatai szerint az első 50 sajátértékkel a teljes variancia 97,1%-ra érhető el, így a további 80 túlnyomórészt „zajokat” reprezentáló sajátértékek elhagyásával – állítása szerint – nem veszített lényeges információt.

f) Előbbi megállapításával összhangban elvégezte a napi mezők első 50 sajátvektor szerinti sorfejtését.

Ezzel tulajdonképpen a napi 500 mb-os mezők összessége – mint adatbázis – alapján történő analógia-kereséshez a mintatér megfelelő transzformációját hajtotta végre.

Bár, mint már említettük, e módszer rendkívül munkaigényes, alkalmazása mégis olyan eredményesnek bizonyult, hogy ma már az 500 mb-os abszolút topográfia és az 500/1000 mb-os relatív topográfia mellett a havi átlagos csapadék anomália-, és a havi átlagos hőzépmérsékletek anomália-mezőinek sajátvektoros reprezentálásával, illetve az ezekre támaszkodó analógiás módszerek vizsgálatával is foglalkoznak.

Az OMSZ Központi Meteorológiai Intézetében a havi, illetve az évszakos prognózisok statisztikai úton történő elkészítésekor a már többször említett, Bagrov-féle analógiaindexet alkalmazzuk a havi középhőmérsékletek anomália-mezőinek összehasonlítására. A Hrabrov, Maskovics és Rafailova által kidolgozott módszer szerint az északi hemiszféra két, fent említett mezeje hasonló, ha az analógiaindex  $k = n/N$  ( $n$  az egyező előjelű anomáliákat mutató,  $N$  pedig az összes rácsponatok száma) 0,6 vagy annál nagyobb érték.

Koppány az előbbi módszerrel kapott analógiák párhuzamosságának időtartamára, azaz az analógiák lehetséges extrapolációjának mértékére nézve végzett kutatásokat. Az extrapoláció hosszának és az extrapoláció hibájának kapcsolatát kifejező ún. megmaradási index fogalmát vezette be. Az erre vonatkozó vizsgálatainak eredménye szerint az analógiák megmaradási indexe nem csökken monoton az idővel, hanem csillapított hullámként viselkedik. Mivel a vizsgált (1966. januártól 1972. októberig terjedő) időszakra vonatkozóan ez az index a 11. hónapban meghaladja a szignifikancia szintet, ezért kutatásait a 11. hónapnál hosszabb extrapolációkra is kiterjesztette.

Számszerű vizsgálatai alapján az analógiák extrapolációját felhasználó módszerét a következő formában alkalmazzák: a rendelkezésre álló utolsó havi középhőmérséklet anomália-mezeje alapján a Bagrov-féle analógia-indexek meghatározásával kiválasztják az utolsó hónap szerintianalógia-éveket (ahol  $k \geq 0,6$ ). Ezt követően a prognosztizálandó hónapot megelőző 21., 18., 15., 12., 9., 6., 5., 4., 3.) és természetesen az utolsó hónaphoz rendelt analóg évek megfelelő (prognosztizálandó) hónapjához tartozó anomália adatokat írják ki. Ha az így kapott anomáliák teljes ingadozása kisebb, mint a havi középhőmérsékletek átlagos ingásának kétszerese (a középérték az 1921–1960-ra vonatkozik), akkor az anomáliák relatív és teljes ingadozásának kapcsolata határozza meg a következő hónap hőmérsékleti anomáliáját. Ellenkező esetben az ún. „ismétlődő analógiák”-hoz kell fordulnunk, vagyis azon évekre kell a fenti műveleteket elvégeznünk, amelyek az elmúlt 10 hónap során legalább háromszor ismétlődtek. Ha ezekre is nagy a teljes ingadozás, akkor az ún. „extrém-analógiák”-at használjuk, vagyis azokat, amelyek extrapolációjából a kérdéses hónapokra szélsőséges hőmérsékleti anomáliákat kaptunk.

Az előzőekben vázolt, az analógia elvén alapuló távprognosztikai módszerek mindegyike csak egy-egy légköri állapotjelző mezejének (illetve a makroszintoptikus helyzetek sorának) összehasonlításán alapult. Természetesen ezeknél

lényegesen jobb eredmény várható akkor, ha bizonyos makroszinoptikus helyzetekre épülő időjárás-katalógusokat, illetve a különböző légköri állapotjelzők előre megadott rendszerét együttesen tekintjük az analógia-keresés alapjának.

Az itt közölt tanulmány egy nemrégiben megkezdett, és természetesen még további hosszúságú meteorológiai és matematikai vizsgálatok első fázisaként értékelhető. A fentiekben vázolt modell, jelölés — és fogalomrendszer felhasználásával az analógia-keresés alapuló prognosztikai módszerek számos aspektusával szándékozunk foglalkozni. Így — az analógiaindexek optimalizálásának kérdése; a különböző légköri elemek ( $p, t, \dots$ ) mezőit összehasonlító mennyiségi mutatók statisztikai vizsgálatát, s végső célként egy konkrét, több légköri elem együttes analógiájára épülő távprognosztikai modell kidolgozása lesz további kutató munkánk tárgya.

#### IRODALOM

- Bagrov, H. A. 1959: Analiticeseszkje predsztavlenyje poszledovatyelnosztyi meteorooiczeszkih polej poszredstvov jesztjesztvennih ortogonalnih szosztavljauscsih. *Trudy* 174. 1959.
- Baur F. 1948.: Einführung in die Grosswetterkunde, Wiesbaden. 1948.
- Cover, T. M. 1968.: Estimation by the nearest neighbor rule. *IEEE Trans. on IT*. 1968. 1.
- Cover, T. M.—Hart, P. E. 1967: Nearest neighbor pattern classification *IEEE Trans. on IT*. 1967. 1.
- Craddock, J. M.—Flood, C. R. 1969.: Eigenvectors for representing the 500 mb geopotential surface over the Northern Hemisphere. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. 95. N° 405. July. 1969.
- Craddock, J. M.—Flintoff, S. 1970 a: Eigenvector representation of Northern Hemispheric fields. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. 96. N° 407. Jan. 1970.
- Craddock, J. M.—Colgate, M. G. 1974.: The use of eigenvectors for smoothing and prediction. Reprinted from the *Bull. of the Inst. of Math. and this Appl.* Vol. 10. N° 5/6 May/June 1974.
- Craddock, J. M. 1970 b: Work in synoptic climatology with a digitized data bank. *Meteorological Magazine*. Vol. 99, 1970.
- Craddock, J. M. 1958.: Research in the Meteorological Office concerned with long-range forecasting. *Meteorological Magazine*. Vol. 87. 1958.
- Faragó, T. 1974.: O nyekotorih otobrozsenijah prosztransztva obrazov v sztatistycieszkjoj tyeorii resenyij. *Probl. Per. Inf.* (megjelenik 1975. 2. sz.)
- Faragó, T.—Györfi, L. 1974 a: The error distortion function for two hypotheses decision. *Proc. of IFAC Conf.* Budapest, 1974.
- Faragó, T.—Györfi, L. 1974 b: On the continuity of the error distortion function for multihypotheses decision. *IEEE Trans. on IT*. (megjelenés alatt)
- Faragó, T.—Gulyás, O. 1973.: O metode vigyelenyija priznakov v raszpoznavanyii obrazov. *Proc. of Computer Science Conf.*, Székesfehérvár., 1973.
- Fritz, J. 1973.: Distribution free exponential error bound for nearest neighbour pattern classification. *IEEE Trans. on IT*. (megjelenés alatt)
- Hart, P. E. 1968.: The condensed nearest neighbor rule. *IEEE Trans. on IT*. 1968. May.
- Hess, P.—Brezowsky, H. 1952.: Katalog der Grosswetterlagen Europas. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US Zone*. Nr. 33. Bad. Kissingen, 1952.
- Koppány, Gy. 1974.: Az analógiák extrapolációjának felhasználása a havi és évszakos előrejelzések készítéséhez. *Időjárás*, 78. 1974/2. 97—108. old.
- Lorenz, E. N. 1969.: Atmospheric predictability as revealed by naturally occurring analogues. *Journal of the Atmospheric Sciences*. Vol. 26. N° 4 1969. July.
- Péczy Gy. 1957.: Grosswetterlagen in Ungarn. *Kleinere Veröffentlichungen der Zentralanstalt für Meteorologie*. Nr. 30. Budapest. 1957.
- Péczy Gy. 1961.: Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek éghajlati jellemzése OMSZ *Kisebb Kiadványai*. 32. sz. Budapest. 1961.
- Rákóczi F. 1974.: Meteorológiai folyamatok vizsgálata analógia — index segítségével. *Beszámoló az 1974. évben végzett kutatásokról*. Kézirat. OMSZ. Budapest. 1974.
- Watanabe, S. 1965.: Karhunen-Loève expansion and factor analysis. *Trans. on 4th. Prague Conf. on IT*. 1965.

## A hőmérséklet napi ingásának statisztikai elemzése

KISS ÁRPÁD, József Attila Tudományegyetem, Szeged

*A Statistical Analysis of Daily Variation of Temperature.* The study deals with the analysis of daily temperature variations from a statistical and large-scale synoptical point of view referring to two points of observation on the South of Hungary i. e. Szeged and Kecskemét. Tables I. and II. contain the parameters of frequency distributions for the variations on the basis of a data series of 30 years. The idea of relative variation is introduced in the study as the value of daily variation expressed with the monthly mean as a unit. It is seen that the expectable relative variations of a given probability are nearly the same for both places and supposingly this holds for larger territories too. Fig. 2. shows the values of expectable daily relative variations with the same probabilities in different months and those of different probabilities in the same months. As to the results of large-scale synoptical analysis the greatest daily variations are connected with low values of cloudiness and warm advections.

✱

*Статистический анализ суточной амплитуды температуры.* Дается статистический и макросиноптический анализ суточных амплитуд температуры по данным двух станций наблюдений, расположенных в Южной Венгрии в г.г. Сегеде и Кечкемете. Параметры распределения повторяемости амплитуд по ряду данных за 30 лет представлены в таблицах I—II. В работе вводится понятие относительной амплитуды, представляющей собой выражение суточной амплитуды в единицах месячной средней величины. Обнаружено, что относительные амплитуды, ожидаемые с заданной вероятностью, почти аналогичны на обеих станциях наблюдений и можно предполагать, что этот вывод действителен и для более крупных районов. С рис. 2 можно отсчитывать относительные суточные амплитуды, ожидаемые в различных месяцах с одинаковой вероятностью, а также ожидаемые в отдельных месяцах с различной вероятностью. Результаты макросиноптического анализа показывают, что максимальные суточные амплитуды возникают при макросиноптических положениях, характеризующихся незначительной облачностью и теплой адвекцией (положения A, As, Ae и mC).

✱

A napi maximum és minimum hőmérsékletek különbségének, a hőmérséklet napi ingásának vizsgálata meglehetősen elhanyagolt területe a klimatográfának. A napi ingás átlagos értéke általában minden olyan munkában megtalálható, amely adott terület vagy megfigyelőhely hőmérsékleti viszonyaival foglalkozik, ám a napi ingások részletes statisztikai elemzésével alig találkozhatunk. Pedig a napi ingás nemcsak fontos éghajlati jellemző, hanem az életjelenségeket befolyásoló meteorotrop tényező is. Emellett a napi ingás várható értékének adott időjárási helyzetben prognosztikai jelentősége is van. Antal 10 évi budapesti sorozatban eléggé szoros sztochasztikus kapcsolatot talált az advekcióna nemtől napok borultságának foká és a napi ingás nagysága között [1]. Egyébként Antal nem a hőmérséklet napi ingásáról, hanem „fölmelegedés”-ről értekeznek, s ez több prognosztikai tartalmat sejtet, mint a megszokott napi ingás kifejezés.

Jelen tanulmányunkban két dél-alföldi megfigyelőhely, Szeged és Kecskemét napi hőmérsékletingásainak matematikai-statisztikai elemzését mutatjuk be. Vizsgálatainkhoz Szegedről az 1931—1960 közötti, Kecskemétről pedig az 1931—1944 és 1949—1964 közötti 30 év adatait használtuk fel. Kecskeméti adatsorunk az 1945—1948 közötti adathiány miatt sajnálatos módon nem teljesen egyidejű a szegedi adatsorával, az eltérés azonban a klimatográfiai

elemzés szempontjából nem jelentős. Az ingások makroszinoptikus szempontú elemzésének eredményeit az idősorok különbözősége még csekélyebb mértékben befolyásolhatja, hiszen a különböző makroszinoptikus helyzetekben a napi ingások többnyire az illető helyzetre jellemző módon alakulnak.

A két megfigyelőállomás között a távolság kisebb 100 km-nél, földrajzi szélességük különbsége háromnegyed fokot sem tesz ki, s bár földrajzilag azonos tájtypushoz tartoznak, felállításuk különböző. Szegeden a városban, beépített környezetben elhelyezett megfigyelőállomáson folytak az észlelések, míg a kecskeméti állomás a városon kívül települt, homokos talajon, ligetes környezetben. A két megfigyelőállomás felállításából eleve az várható, hogy a kecskeméti megfigyelőhelyen alakulnak ki nagyobb hőmérsékleti ingások.

A napi ingások havi gyakorisági eloszlásait 0,5-es osztályközökben vizsgáltuk. A négy évszak középső hónapjaiban, a januárban, áprilisban, júliusban és októberben feljegyzett ingások havi eloszlásainak paramétereit egy korábbi munkánkban már közzétettük [2], jelenleg ezek a jellemzők az év minden hónapjáról rendelkezésünkre állnak. A következő paramétereket határoztuk meg: középérték, szórás, Pearson-féle variációs együttható, medián, alsó és felső

### I. TÁBLÁZAT

*A napi ingás havi gyakorisági eloszlásainak paramétereit Szegeden és Kecskeméten*

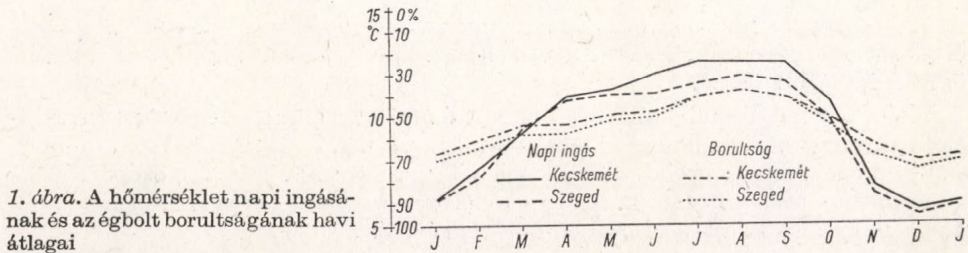
Hónap	Közép- érték C°	Szórás C°	Variációs együt- tható %	Medián C°	Alsó kvartilis C°	Felső kvartilis C°	Inter- kvartilis félterjede- lem C°	Köppen- féle szim- metria szám
<b>S z e g e d</b>								
I.	5,99	2,70	45,1	5,6	3,7	7,8	4,1	-0,08
II.	7,14	3,25	45,5	6,9	4,7	9,2	4,5	-0,07
III.	9,33	3,88	41,6	9,1	6,3	12,4	6,1	-0,07
IV.	10,62	3,53	33,2	10,6	7,8	13,3	5,5	-0,07
V.	10,89	3,34	30,7	11,1	8,7	13,5	4,8	+0,02
VI.	11,0	3,03	27,6	11,3	9,0	13,3	4,3	+0,05
VII.	11,44	2,96	25,9	11,7	9,5	13,5	4,0	+0,10
VIII.	11,79	3,16	26,8	12,1	10,0	14,0	4,0	+0,04
IX.	11,55	3,53	30,6	12,0	9,3	14,2	4,9	+0,08
X.	9,90	3,82	38,6	9,9	7,1	13,7	6,6	+0,02
XI.	6,41	3,00	46,8	6,2	4,0	8,4	4,4	-0,09
XII.	5,99	2,56	46,8	5,3	3,5	7,3	3,8	-0,09
Év	9,29							
<b>K e c s k e m é t</b>								
I.	6,02	3,05	50,7	5,6	3,6	7,7	4,1	-0,12
II.	7,50	3,31	44,1	7,0	4,9	9,7	4,8	-0,09
III.	9,24	4,08	44,2	8,8	6,0	12,2	6,2	-0,08
IV.	10,82	3,95	36,5	10,6	7,7	13,8	6,1	-0,02
V.	11,16	3,55	31,8	11,5	8,7	14,0	5,3	+0,05
VI.	11,90	3,42	28,7	12,2	8,8	14,3	5,5	+0,04
VII.	12,44	3,46	27,8	12,6	10,2	15,0	4,8	+0,08
VIII.	12,42	3,77	30,4	12,6	9,8	15,2	5,4	+0,02
IX.	12,39	4,05	32,7	12,8	9,6	15,2	5,6	+0,05
X.	10,72	4,17	38,9	10,8	7,5	14,1	6,6	+0,03
XI.	6,78	3,30	48,7	6,4	4,2	9,0	4,8	-0,09
XII.	5,67	2,92	51,5	5,4	3,4	7,6	4,2	-0,08
Év	9,76							

kvartilisek, interkvartilis terjedelem és Köppen-féle aszimmetria-szám. A felsorolt paramétereket az *I. táblázat* tartalmazza.

Bár az ingások havi középértékei már ismertek [3], nem tartjuk szükségtelennek, hogy a középértékeket a borultság havi átlagaival együtt az *I. ábrán* bemutassuk. Korrelációsszámítás nélkül is szembevetendő a borultság és a napi ingások évi menetének ellentétes kapcsolata.

A decemberi minimumtól az augusztus—szeptemberi maximumig több mint kétszeresére növekszik a napi ingás havi középértéke, majd decemberig csökken. A növekedés februárról márciusra, a csökkenés pedig októberről novemberre a legnagyobb. Április és október, valamint november és január között az ingás havi középértéke viszonylag keveset változik.

Kecskeméten az ingás évi átlaga  $0,47^\circ$ -kal nagyobb mint Szegeden, s március hónapot kivéve az ingás havi középértékei is nagyobbak Kecskeméten. Nagyon valószínűnek látszik, hogy ez a Kecskemét javára mutató különbség a két megfigyelőállomás különböző felállításának hatásaképpen alakul ki. Bár Kecskeméten a borultság évi átlaga  $3\%$ -kal kisebb mint Szegeden, ez a csekély különbség nem magyarázhatja az ingás nagyságában mutató különbséget.



*I. ábra.* A hőmérséklet napi ingásának és az égbolt borultságának havi átlagai

térést. Június, július és augusztusban azonos a két megfigyelőhelyen a borultság átlaga, mégis az említett hónapokban figyelhetők meg a legnagyobb különbségek a szegedi és kecskeméti ingás között.

Az ingás szórása mindkét megfigyelőhelyen márciusban és októberben a legnagyobb, decemberben pedig a legkisebb, de a két maximum között június—júliusban határozott másodminimum is mutatkozik; a szórásnak kettős hullámú évi menete van. A kecskeméti szórás átlagosan  $0,36^\circ$ -kal nagyobb a szegediekénél. A szórás legnagyobb és legkisebb szegedi értékei között  $1,32$ , kecskeméti értékei között pedig  $1,25^\circ$  különbség állapítható meg.

*Antal* vizsgálatai szerint [1] az advekciónapokon a borultság foka és a fölmelegedés (napi ingás) közötti sztochasztikus kapcsolatban a 7 tizednél kisebb borultságú napokon a legnagyobb szórás szintén márciusban és októberben mutatkozik, s különösen határozott ez a viszony a 3 tizednél kisebb borultságú, valamint a teljesen derült napokon. *Antal* a tavaszi és őszi szórás kiemelkedő értékeit a Nap deklinációjának gyors változásával magyarázza. Mindenesetre figyelemre méltó, hogy az azonos borultságú és a teljesen derült napokon éppen úgy márciusban és októberben mutatkozik a legnagyobb szórás, mint a teljes populációban.

A Pearson-féle variációs együttható értéke decembertől júliusig csökken, júliustól decemberig növekszik; évi menete hullámvölgyhöz hasonlítható. A variációs együttható szegedi és kecskeméti évi átlagai mindössze  $2,25\%$ -kal térnek el egymástól, s ez a csekély érték azt fejezi ki, hogy a

szegedi és kecskeméti napi ingás szórása a havi középértékhez képest közel azonos nagyságú.

A napi ingás havi eloszlásának interkvartilis terjedelme a szóráshoz hasonlóan szintén márciusban és októberben a legnagyobb. Októbertől márciusig alig van eltérés az interkvartilis terjedelem szegedi és kecskeméti értékei között, áprilistól szeptemberig azonban, s főképpen a nyári hónapokban a szegedi értékek jóval kisebbek. A szegedi napi ingás interkvartilis terjedelme a nyári hónapokban nem nagyobb, mint a téli hónapokban. Ebben a viszonyban föltehetően a szegedi megfigyelőállomás városi, zárt felállításának hatása fejeződik ki.

A Köppen-féle aszimmetria-számok novembertől ápriliséig mindkét megfigyelőhely napi ingásainak eloszlásában baloldali, májustól októberig pedig jobboldali aszimmetriát jeleznek. Április és október kivételével a baloldali aszimmetria a téli félév, a jobboldali aszimmetria pedig a nyári félév hónapjaiban mutatkozik. A borultság és az aszimmetria kapcsolatára utal az a körülmény, hogy azokban a hónapokban, amelyekben az eloszlásnak jobboldali aszimmetriája van, kisebb a borultság, mint a baloldali aszimmetriájú eloszlás hónapjaiban. Az aszimmetria mértéke egyébként csekély, egyedül a kecskeméti januári aszimmetria-szám abszolút értéke nagyobb 0,1-nél.

A napi ingás makroszinoptikus szempontú elemzését a *Péczeley*-féle típusok [4, 5] szerint végeztük. Ezeket a vizsgálatainkat jelen tanulmányban csupán röviden foglaljuk össze.

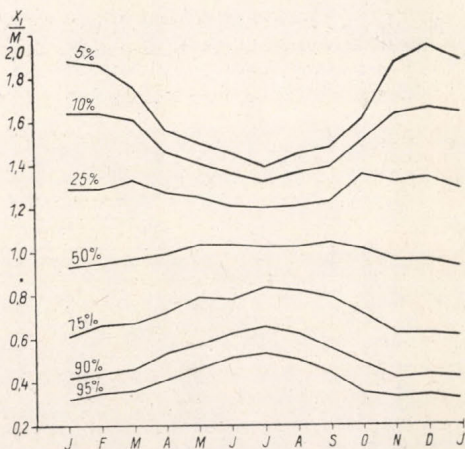
Mindkét megfigyelőhelyről, minden hónapra meghatároztuk a 13 *Péczeley*-féle makroszinoptikus helyzetben kialakult napi ingás statisztikai paraméterei közül a középértéket, szórást és a variációs együtthatót. A havi középértékekből évi átlagot számítottunk. Az egyes helyzetekben megfigyelt napi ingás évi átlaga nagyság szerinti sorrendben a következők:

	A	As	Ae	mCw	zC	AF	An
Szeged, C°	11,45	10,82	10,68	10,18	9,42	8,69	8,56
Kecskemét, C°	11,88	11,73	11,17	10,46	9,51	9,26	9,23
	Aw	AB	CMw	mCc	C	CMc	
Szeged, C°	8,45	8,32	8,29	7,67	7,01	6,21	9,29
Kecskemét, C°	9,11	8,94	8,09	7,46	6,34	6,56	9,76

A fenti sorok élén álló 3 makroszinoptikus típus közül az *A* helyzet anticiklon (centrum Magyarország területe fölött). Ebben a többnyire advekciónélküli helyzetben figyelhető meg a legkisebb borultság valamennyi makroszinoptikus helyzet között. Az *As* és *Ae* típusok anticiklonális peremhelyzetek, az átlagosnál kisebb borultsággal és a teljes populáció havi hőmérsékleti átlagaihoz viszonyítva minden hónapban pozitív hőmérsékleti anomáliával (kivéve az *Ae* helyzet januári középhőmérsékletét). A pozitív hőmérsékleti anomália ezekben a makroszinoptikus helyzetekben általában meleg advekciónélküli következménye. Az utóbbi két makroszinoptikus helyzet meleg advekciónélküli és az átlagosnál kisebb borultsága egyaránt kedvez a nagyobb ingás kialakulásának. A sorban következő *mCw* típus meridionális irányítású ciklon előoldali áramrendszere, délies légáramlással, erős pozitív hőmérsékleti anomáliával. Az *A*, *As*, *Ae* és *mCw* helyzetekben följegyzett napi ingás havi középértéke mindkét megfigyelőhelyen minden hónapban, vagy egy-két hónap kivételével az egész évben nagyobb a teljes populáció havi átlagánál.

Az évi átlagok nagysága szerint felállított sorok végén található  $C$ ,  $CMc$ , valamint  $CMw$  helyzet ciklonális típus, erős borultsággal.

A zonális irányítású ciklonális  $zC$  helyzetben megfigyelt ingás havi középértéke Szegeden öt, Kecskeméten pedig hat hónapban nagyobb, mint a havi átlag. Az  $Aw$ ,  $AF$ ,  $An$  és  $AB$  anticiklonális peremhelyzetekben kialakult napi ingás havi közepe általában a szóban forgó makroszinoptikus helyzetekben megfigyelt borultság fokától és hőmérsékleti anomáliájától nem függetlenül az évnek csak néhány, és két megfigyelőhelyen nem mindig azonos hónapjában nagyobb a havi átlagnál. Az  $mCc$  helyzetben észlelt ingás havi középértéke mindkét megfigyelőhelyen csak egyetlen hónapban múlta felül a havi átlagot.



2. ábra. A relatív napi ingás különböző valószínűséggel várható értékei

Megállapítható, hogy a különböző makroszinoptikus helyzetekben kialakult napi ingás havi középértékének a teljes populáció átlagtól számított eltérése bizonyos mértékig összefüggésben van az illető helyzetekben följegyzett borultságnak és hőmérsékletnek az átlagtól való eltéréseivel.

A makroszinoptikus szempontú vizsgálataink e rövid és teljességre számot nem tartó összefoglalása után tanulmányunkat szeretnénk a teljes populáció statisztikai elemzésének egy újabb eredményével befejezni. Megállapítottuk, hogy az egyes hónapokban az azonos valószínűséggel várható szegedi és kecskeméti ingásnak a havi átlaghoz viszonyított értéke rendkívül csekély mértékben különbözik egymástól. Ebből kiindulva mindkét megfigyelőhelyre meghatároztuk az egyes hónapokban 5, 10, 25, 50, 75, 90 és 95% valószínűséggel várható ingásnak a havi középértékkel mint egységgel kifejezett értékét, vagyis az  $X_p\%/M$  hányadosokat. Az ilyen módon kifejezett ingást a továbbiakban *relatív ingásnak* nevezzük. A két megfigyelőhelyen azonos valószínűséggel várható s egymástól alig különböző relatív ingást átlagoltuk. Így a különböző valószínűséggel várható relatív ingásnak egy olyan értéksorát állítottuk elő, mely mindkét megfigyelőhelyre s föltehetően az egész Dél-Magyarországra érvényesnek fogadható el. Ezeknek az adatoknak felhasználásával készült a 2. ábra, melyről a különböző hónapokban azonos valószínűséggel és az egyes hónapokban különböző valószínűségekkel várható napi ingás relatív értéke egyaránt leolvasható.

Magyarország területéről a napi ingás gyakorisági eloszlása mind ez ideig nem ismeretes. A napi ingás havi átlaga azonban igen sok megfigyelőhelyről rendelkezésünkre áll, s a relatív ingás ismeretében a napi ingás gyakorisági eloszlása, különböző valószínűségekkel várható értéke — Dél-Magyarország s

föltehetően a Nagy-Alföld területén — mindazokra a megfigyelőhelyekre elő-  
állítható, amelyekről az ingás havi átlaga ismeretes.

#### IRODALOM

- [1] *Antal, E.*: A fölmelegedés mértékének összefüggése a felhőzettel. *Időjárás*, 61. 3. 1957. pp. 165–172.
  - [2] *Kiss, A. — Károssy, Cs.*: Charakteristiken der Tagesschwankung der Temperatur auf dem südlichen Teil der Ungarischen Tiefebene. *Acta Climatologica Univ. Szegediensis* Tom. XII. 1973. pp. 19–46.
  - [3] *Kakas J. (szerk.)*: Magyarország éghajlati atlasza, II. Adattár. Akadémiai Kiadó, Budapest 1967.
  - [4] *Péczely, G.*: Grosswetterlagen in Ungarn. Kleinere Veröffentlichungen der Zentralanstalt für Meteorologie. Budapest, Nr. 30. 1957.
  - [5] *Péczely, G.*: Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek éghajlati jellemzése. *Orsz. Met. Int. kisebb kiadványai*, 32. sz. Budapest 1961.
-

PROBÁLD FERENC: Budapest városklímája. Akadémiai Kiadó, Budapest 1974. 128 (B/5) oldal, 43 ábra, 48 + 1 (Függelék) táblázat. Ára 33, — Ft.

Az ember tájalakító tevékenysége a városi műtáj létrehozatalával avatkozott be legjobban a természeti táj fejlődésébe. Ám e műtájban tudatoson vagy előre nem látottan — többnyire saját komfort-érzésének rovására —, létrehozta a természeti táj éghajlatának is olyan mérvű változását, hogy az így kialakított „mű-klíma”, a „városklíma”, „városi atmoszféra”, — különösen az ipari forradalom kiteljesedése óta —, az ember és környezete közötti kapcsolatnak gazdaságilag is, egészségügyileg is, egyre inkább gondot jelentő kérdése lett. E gond a sürgetője a városéghajlati vizsgálatok intézményes és céltudatos megszervezésének, amint azt hazai geográfusaink legkiválóbbjai már jónéhány esztendővel ezelőtt Budapestről szólva is hangoztatni kezdték.

Ezért üdvözljük, s vettük kézbe várakozásteli érdeklődéssel *Probáld* Ferencnek, a budapesti Eötvös Lóránd Tudományegyetem természeti-földrajzi tanszéke adjunktusának könyvét, mely a város és természeti környezete közötti bonyolult kölcsönhatások szövevényébe bevilágítva, a nagyváros Budapest sajátos klímáját, ennek különleges, egyedi tulajdonságait tárja az olvasó elé. Azt, ami a város légterének éghajlatát városklímává teszi. S várakozásunkban nem is csalódtunk.

Pedig *Probáld* Ferenc műve, noha elégánsan gördülékeny, sőt vázlatos, a stílusa, tömör, világos az okfejtése — nem tartozik az „olvasmányos” könyvek közé. Ámde akár a szűkebb szakma: a klimatológia, akár a tágabban érdekelt várostervezés, városfejlesztés hivatott, s a jövőért felelősséget érző képviselője mindennapi munkájához valamennyi fejezetben számos, új megfogalmazásban különösen érdekes és hasznos megállapítást talál. A klimatológia hivatásos művelői nyilván elismeréssel látják a Szerző korszerű metodikára építő tárgyalásmódját, a hazai éghajlattani irodalmunkban meglehetősen késedelmesen érvényre jutott fizikai-földrajzi, energetikai szemléletet a főváros légterének energia-háztartási alapjait elemző fejezetekben.

Természetesen nem elmarasztalóan írjuk *Probáld* könyvéről szólva a „nem olvasmányos” jelzőt. S bizonyára nem veszi elfogultságnak részünkről a szakmától távolabb álló olvasó, ha ezt a jelzőt éppen elismerésnek szánjuk. Az egy híján félszáz — igaz, számszerű adatközlésben nélkülözhetetlen —, táblázatban, az ugyancsak közel félszáz saját — s tegyük hozzá —, egyéni szerkesztésű ábrán, a városklíma-kutatás kezdeteinek a múltjának újabban is igazolt vagy korrigálható, vitatható, sőt vitatott eredményeit egyaránt számbavevő 198 irodalmi hivatkozással a Szerző tetemes mennyiségű ismeretanyagot halmoz fel alig 120 oldalas művében. Megállapításaink ilyen „masszív” alapozása nyilván helyénvaló, sőt szükséges egy kandidátusi értekezésben (a mű valójában ebből is született), a szoros szakterületen kívülállónak, a téma iránt nem hivatásszerűen érdeklődő olvasónak azonban — gyanítjuk —, időközönként nagyon is meg kell pihennie az ismeretanyag befogadása közben. Meg bizony, bármennyire is biztos kézzel megrajzolt, szöszaporítástól mentesen eléinktárt a szintézis eredménye: *Budapest éghajlati energiaforgalmának képe*. Ám mindenképpen megéri a legnagyobb figyelemmel átolvasni *Probáld* művének ezt a fejezetét is.

Az energetikai alapvetés után, a városi és természetes felszín energiaháztartásában immár számszerűen is kimutatott eltérések következményeit feltárva, az éghajlati elemeknek a főváros területén mutatkozó eloszlását taglalja a Szerző. Itt is következetesen tartja magát ahhoz a fizikai-földrajzi szemlélethez, amely a városklímát egyfelől sajátos, *antropogén mezoklímának* tekinti, mely energiaforgalmának változásával híven követi a település funkcionális és szerkezeti fejlődését, másfelől az egyes elemek területi eloszlását a domborzat, a tengerszint fölötti magasság és a felszínminőség, valamint a levegőforgalom megszabta légállapot-változások rendszerét egymással szoros kölcsönhatásban álló tényezők eredményeként mutatja be. Más szerzők régebbi művei is kimutatták már az ún. városi hőszigetet, de *Probáld* a város hőmérsékleti többlete szempontjából nagyon figyelemre méltóan különbséget tesz: „az elsődleges hőháztartási tényezők és azon másodlagos tényezők között, melyek a városi hőszigetnek csak az intenzitását módosítják a nap folyamán. (Utóbbiak a megnövekedett felület és a felszínalkotó anyagok hőtani tulajdonságai.) Ez a különbségtéves a városklímával foglalkozó művekben eddig — az energiaforgalom részletes elemzése híján — nem történt meg” (62. old.).

Messze vezetne, ha méltatásként e recenzió keretében az éghajlati elemek területi eloszlásában a városi múltaj okozta különbségek részletezésébe kezdenénk. Annyit azonban meg kell állapítanunk, hogy a Szerző itt is nagy körültekintéssel foglalta össze más szerzők Budapestre vonatkozó publikációinak eredményeit, de ugyanolyan gonddal élt azokkal a lehetőségekkel, amelyeket eredeti, saját, fáradságos feldolgozásai számára a Meteorológiai Intézet archívumának újabb keletű, feldolgozásra váró anyaga nyújtott. Kákán csomókeresésnek tekintenék, ha most az ebben a fejezetben a nem mindig elírásból vagy a sajtóhibából eredő korrigálandókat sorolnánk fel. De éppen a könyv tehetséges geográfus-szerzőjére tekintettel is meg kell említenünk: 1. Térkép. *lépték nélkül*, nem térkép. Akkor sem az, ha éghajlati elemet ábrázol is. 2. Budapest ekkorára méretezett (1:250 – 300 000?) csapadéktérképeim az 1956 – 1970 közötti állomáshálózat adataiból túlnagyvonalú a 25 mm-enkénti skálázás. Különösen, ha a nyári félév s az év csapadékának %-arányát 1 %-os skála tünteti föl. 3. Budapest első részletes, a főváros 1932-ben létesített állomásainak adatait is felhasználó csapadéktérkép nem 2 (!), hanem 7 év (1932 – 1938) átlagát mutatja be. 4. A *légnedvesség* paraméterei mind a hazai, mind a külföldi meteorológiai szakirodalomban: a) *abszolút* (vagyis tényleges) *nedvesség* [gr/m<sup>3</sup>], b) *párányomás* („fizikusabban” gőznyomás) [Hgmm], c) *relatív* (vagyis viszonylagos) *nedvesség* [%]. A többit nem említjük, a Szerző sem használja őket. De, sajnos, annál többször szól „*abszolút légnedvesség-tartalom*”-ról, „*relatív légnedvesség-tartalom*”-ról. Szakirodalmunkban nem látunk szívesen ilyen szóhasználatot. Egyébként is bántóan kirínak a Szerző pedáns, szabatos fogalmazású fejezetéből. Probáld Ferenc „*elsőkönyves*” szerző. Reméljük, még sokszor találkozunk írásaival. Ezért nem hallgatjuk el a fentieket.

Probáld Ferenc könyvének minden főfejezete élére mottó-szerűen illusztris szerzők művéből vett idézeteket illeszt. A *nagyvárosi légszennyeződés Budapestén* c., IV. fejezet élén *Széchenyi Istvánt* (Pesti por és sár, 1837) idézi. Mert másfél évszázaddal ezelőtt még csak jobbára por szennyezte a város levegőjét. Geográfusaink a század végén már a porszennyezettség – mint éghajlati elem – mérésének a meteorológiai megfigyelések keretébe vonását javasolták. Azóta gondjaink a levegőn szennyezett volta miatt úgy megszaporodtak, hogy mérése, figyelemmel kísérése első renden nem a meteorológusok, sokkal inkább a közegészségügy, közlekedésügy, városépítéstelepülésfejlesztés gondjává vált. A Budapesti levegőjének szennyezettségéről írott fejezet, a ma meteorológusa számára – talán szabad így mondani – lehangolóan izgalmas. De a három népgazdasági ágazathoz tartozó illetékesek számára – bár újat aligha mond – máris *hatékony intézkedéseket sürgető mementó*. Még akkor is, ha a Szerző szerint „a budapesti légszennyeződés részletesebb klimatológiai jellemzéséhez még hosszú mérési, adatgyűjtési munkára van szükség”.

Záró fejezetként a mű Budapesti éghajlati tekintetben közismerten változatos területén elhatárolható körzeteket mutat be. Az előző fejezetekben foglaltak végső szintéziseként *különb-séget tesz a természetes tényezők* (domborzat, tszf. magasság, Duna víztükre) befolyására kialakult *természetes alapú*, valamint a fő vonásaiban a város által meghatározott mezoklimacsoportot alkotó *mesterséges* (antropogén) *alapú* éghajlatok között. Ebből kiindulva a Szerző további kategóriákat állapít meg a városi felszínnek a beépítés jellegétől, majd a városi levegőszennyező hatásától függő effektusok érvényesülésének mérve szerint.

Teljes mértékben egyetértünk a Szerzővel abban, hogy ezek az objektív kritériumokkal elhatárolható mezoklimák, adott esetben mikroklímák „megismerésének voltaképpeni jelentőségét az ésszerű alkalmazkodás és a kisebb-nagyobb, sőt – a mikroklíma esetében – gyökeres megváltoztatás lehetősége adja, ennek célja pedig nem lehet más, mint az emberi tevékenység káros hatásainak elkerülése, és a sokasodó városiak számára bioklimatológiai szempontból is elfogadható, sőt kedvező környezet megteremtése.” (120. old.). Ezért ajánljuk az Akadémiai Nyomdától megszokott szép kiállítású mű tanulmányozását meteorológusaink, geográfusaink föltétlen figyelmébe, a budapesti lakótelepek, lakóházak, középületek, parkok tervezésére készülő főiskolások, egyetemi hallgatók, közlekedési szakember-jelöltek számára pedig a két utolsó fejezetet egyenesen *tananyagként*.

Jó könyvvel lett gazdagabb a magyar éghajlattani irodalom.

Kakas József

## A XV. METEOROLÓGIAI VILÁGNAP

alkalmából a Magyar Meteorológiai Társaság március 20-án ünnepi ülést tartott az OMSZ székházában. A Világnap témájának megfelelően a meteorológia és a távközlés kapcsolatának jelentőségéről *Kapovits Albert* osztályvezető (OMSZ), a meteorológiai távközlés fejlődéséről és fejlesztésének terveiről *Mezősi Miklós* műszaki vezető (OMSZ) tartott előadást.

Az előadók kiemelték, hogy az időjárás előrejelzéséhez a nagyterségű időjárási helyzet folyamatos, állandó ismerete szükséges. A meteorológiai távközlés feladata, hogy a nemzetközi meteorológiai állomáshálózat megfigyeléseinek adatait rendszeresen és gyorsan – az adatközpontokon keresztül – az előrejelző meteorológusokhoz juttassa.

A meteorológiai hírközlés a meteorológiai szolgálatok létrejötte óta a mindenkori technikai fejlettségnek megfelelően látta el feladatát. A kezdeti postai táviratozástól és Morse rádióadástól a mérések és az adat-igények gyors növekedésének hatására az ötvenes évek második felében eljutott az önálló meteorológiai távgépíró hálózatiig. Az elmúlt tíz évben a WMO kidolgozta az egész Földet átfogó Globális Távközlési Rendszer (GTS), terveit, melyben már a távközlési műholdak is szerepet kapnak, és az egyes országok korszerű adatátviteli berendezésekkel és távközlési számítógépek segítségével cserélik adataikat. Az új távközlési hálózat kiépítésében az OMSZ is részt vesz.

Az előadások után az ünnepi ülés népes közönsége hasonló nagy tetszéssel és érdeklődéssel fogadta a WMO-tól kölcsönzött ismeretterjesztő filmek bemutatását.

*Gajzágó L.*

✱

## MAGYAR—JUGOSZLÁV METEOROLÓGIAI EGYÜTTMŰKÖDÉS

1975. február 14-én egynapos látogatást tett az Országos Meteorológiai Szolgálatnál *Dr. D. Radinovič*, a Jugoszláv Szövetségi Hidrometeorológiai Intézet igazgatója és *D. R. Markovič*, az Intézet hirdológiai ágazati aligazgatója. Ez alkalommal került sor a két intézmény között létrejött, az 1975–1980-as évekre szóló tudományos és technikai együttműködésről szóló egyezmény aláírására. Az egyezmény szinopti-

kus és radar adatok cseréjét, valamint a dinamikus, hidro- és agrometeorológia területén közös kutatások végzését, illetve a kutatási eredmények cseréjét irányozza elő.

Jugoszláv vendégeink a hivatalos tárgyalások befejezése után meglátogatták az OMSZ Könyvtárát és a KMI Adatközpont Főosztályát, délután pedig a Központi Előrejelző Intézetet tekintették meg.

*Götz G.*

✱

## A SZOCIALISTA ORSZÁGOK SZINOPTIKUS- ÉS REPÜLSÉMETEOROLÓGIAI MUNKACSOPTJÁNAK (RGSAM) HETEDIK ÜLÉSE

A szocialista országok hidrometeorológiai, ill. meteorológiai szolgálatainak szinoptikus- és repülésmeteorológiai munkacsoportja 1975. március 18-a és 26-a között tartotta meg hetedik ülését. A konferencia rendezését a Bolgár Népköztársaság Hidrometeorológiai Szolgálata vállalta magára. Az értekezlet színhelye Várna volt.

Az ülésen a Bolgár Népköztársaság 5, a Német Demokratikus Köztársaság 3, a Csehszlovák és Román Szocialista Köztársaság 2–2, a Lengyel, a Magyar és a Mongol Népköztársaság, valamint a Szovjetunió 1–1 fős delegációval vett részt.

Az ünnepélyes megnyitó, az elnöki beszámoló és a napirend elfogadása után már az első napon megkezdődött a napirendi pontok érdemi megvitatása. A tárgyalássorozat egy hétig tartott és ezalatt a szinoptikus- és repülésmeteorológia számos fontos kérdése került szóba.

Elsőként vitatták meg a szuperszónikus közforgalmi repülések meteorológiai biztosításának előkészítéseként a nagy magasságot (10 mb) elérő rádiószondázó hálózat kérdését. Általános volt az a vélemény, hogy a kijelölt állomások – köztük Budapest is – a jelenleg használt, felhasználás előtt gondos preparálást igénylő ballonokkal nem képesek eleget tenni a követelménynek. Egyes szolgálatok, preparálást nem igénylő francia és japán ballonokkal ugyan megközelítőleg jó eredményeket értek el, de ezeknek a ballonoknak a rendszeres használatára – gazdasági okok miatt – nem kerülhet sor. Felvetődött annak szükségessége, hogy a műszerfejlesztési munkacsoport (RGUMIIP) fokozott figyelmet szenteljen az

iparral való együttműködésre abból a célból, hogy a szocialista országok is állítsanak elő jó minőségű, előkészített nem igénylő rádiószondázó ballonokat. Az mindenképp korainak látszik, hogy már 1976-ban megkezdődjék a kijelölt állomásokon a 10 mb-t legalább 90 százalékban elérő rádiószondázások sorozata.

A Moszkvai Meteorológiai Világközpont (MMVK) a közeljövőben az északi féltekéről rácspontra kidolgozott, ill. előkészített meteorológiai adatokkal rendelkezik majd, amelyeket bármely szolgálat rendelkezésére bocsát. Az egyes szolgálatoknak még 1975 második negyedében ki kell jelölni azokat a területeket, amelyekről előkészített adatokat akar kapni (elsősorban a főzobárszintek geopotenciálja és hőmérséklete jön számításba, de fel lehet vetni egyéb karakterisztikák szükségességét is). A kijelölt területeket még a második félév kezdete előtt ismertetni kell az RGSAM elnökével.

A legutóbbi Igazgatói Konferencia ajánlásának megfelelően az RGSAM megegyeszer felülvizsgálta azokat az új paramétereket és karakterisztikákat, amelyek a repülések biztonságát szolgáló új típusú repülőter-klimatológiai kézikönyv összeállításánál kerülnek felhasználásra. A munkacsoport, a Szovjetunió szolgálatának javaslata alapján arra a véleményre jutott, hogy az új típusú kézikönyv kidolgozásához szükséges feladatok megoldása nem más, mint a repülőteri időjárási megfigyelések klimatológiai feldolgozása, ezért az RGSAM munkájába be kell vonni az RGK szakértőit is. Ezt a véleményt az RGSAM elnöke továbbítja az RGK elnökének.

A közforgalmi szuperszónikus repülések meteorológiai biztosításának előkészítését szolgálja az RGKNIR (tudományos kutatási munkacsoport) 16. témája, amelynek célja egy repülésklimatológiai kézikönyv összeállítása. Az Igazgatói Konferencia megbízta az RGSAM-ot azzal, hogy vizsgálja felül az egyes szolgálatok lehetőségeit a témában eddig még ki nem osztott feladatok átvételére. A magyar szolgálat a feladat első fázisában tevékenyen részt vett, a további munkafázisok elvégzésére az ülésen azonban egyetlen szolgálat sem jelentkezett.

Az Igazgatói Konferencia által az RGSAM figyeimébe ajánlott másik RGKNIR téma (19. sz. téma), a meteorológiai információk komplex felhasználásának kérdése volt. E témával kapcsolatban az NDK egy kérdőívet bocsátott ki, amelyet a meteorológiai szolgálatok különböző területén dolgozó szakértőknek kell kitölteni, majd visszaküldeni. A kérdőívek kiértékelése még 1975 második negyedében megtörténik, és az eredményt a harmadik negyedében Potsdamban sorra kerülő szakértői értekezleten vitatják meg. Több delegátus kifogásolta a kérdőívek bonyolultságát. A lengyel delegátus kifogásolta azt is, hogy a meteorológiai információk komplex felhasználására bejelentett RGKNIR kutatási témák tartalma nem minden esetben tesz eleget a

„komplex” szó fogalmának, ezek a kutatások elsősorban az időjárási radarinformációk felhasználására támaszkodnak.

Ez után az Igazgatói Konferencia által az RGSAM számára kijelölt perspektivikus feladatok megvitatása következett. A vita eredményeként az RGSAM elnöke azzal a kéréssel fordul az RGKNIR elnökéhez, hogy a perspektivikus feladatok megoldásához szükséges kutatásokat vegye fel a munkacsoport témái közé és az eddig elért kutatási eredmények közül adjon információkat azokról, amelyeknek ebben a témakörben, azaz az RGSAM előtt álló távlati tervek megvalósításában jelentősége van. Megállapítást nyert az is, hogy egyes témakörökben az RGK-val kell szorosan együttműködni. A perspektivikus feladatokkal kapcsolatban került sor a látástávolság előrejelzésére kidolgozás alatt álló módszer által felvetett problémára, a METAR, ill. SYNOP kódok hiányosságaira. Ehhez a kutatáshoz, ill. a módszer használatához ugyanis a hőmérsékletnek és harmatpontnak tízfok pontosságú ismeretére lenne szükség, amelyet az említett kódok nem tesznek lehetővé. Sőt ezeknek az elemeknek a futópálya mentén történő tízfok pontosságú mérése sincs legtöbb helyen biztosítva. A vita eredményeként javaslat született a probléma megoldására, valamint arra, hogy az Igazgatói Konferencia sorolja át ezt a feladatot az 1980-ig megoldandó kutatási témák közé.

Ugyancsak a legutóbbi Igazgatói Konferencia megbízásából az RGSAM megvizsgálta az 1971–1975 között közösen végzett kutatómunka hatékonyságát és egyhangúlag megállapította, hogy a szocialista országok által összehangolt kutatómunka garancia a feladatok tényleges megoldására.

A repülésmeteorológia témakörében három kérdés került megvitatásra. Elsőként a WMO Repülésmeteorológiai Bizottságának rendkívüli ülésén (Montreal 1974) kidolgozott új Technikai Szabályzatot (C.3.1/Annex 3) vizsgálta meg a konferencia. Megállapította, hogy a szabályzatmódosítás nem igényel alapvető változtatásokat a szocialista országok repülésmeteorológiai szolgálatainál eddig érvényben levő munkamódszerekben. A szükségesnek látszó kisebb módosításokat, valamint a szocialista országok repülésmeteorológiai szolgálatainál a szélsőséges, a távolság és a magasság meghatározására használható mértékegységek listáját az RGSAM javaslatba foglalta, amelyet a munkacsoport elnöke eljuttat a KGST Közlekedési Állandó Bizottságához.

A második repülésmeteorológiai vitatéma a meteorológus szakértőknek az automatizált légiforgalmi irányítási rendszer kidolgozásában való közreműködése volt (ALIR). Az egyes szolgálatok beszámoltak arról, hogy specialistaikat bevonták a nemzeti projektek kidolgozásába. A vita során egyértelművé vált az a nézet, hogy szükséges az ALIR részére tervbe

vett meteorológiai műszerek és berendezések kidolgozásának és beszerzésének összehangolása. Cél szerűnek látszik, hogy a júniusban sorra kerülő ALIR szakértői értekezleten minden szolgálat képviseltesse magát. Szükséges továbbá az is, hogy a bevezetésre kerülő műszerek kérdésében szoros kapcsolat alakuljon ki az RGUMIP és az RGSAM specialistái között.

A repülésmeteorológiai hírközlési rendszer (MOTNE) a közeljövőben tér át működésének ötödik fázisára, s ez a hírközlés sebességének megkétszereződését jelenti. Abban az átmeneti időszakban, amikor a szocialista országok még nem térnek át a kétszeres sebességre, problémák várhatók a hírközlési rendszerben, azaz az információk egy része a szocialista országok hírhálózatából kiesik. A résztvevő szolgálatok képviselői egyértelműen megállapították, hogy szükségük van mindazokra a bulletinekre, amelyeket eddig a MOTNE negyedik fázisában megkaptak. A bulletinekben azonban sok olyan állomás szerepel, amelyre az egyes szolgálatoknak nincs szükségük. Az információk anyag csökkentése tehát csak akkor történhet meg, ha a hírközlési centrumok ezt állomás szelektáció és nem bulletin-szelektáció útján végzik.

A repülésmeteorológiát az időjárásiradarokkal kapcsolatos kérdések követték. Először a Radarszakértők 2. értekezlete jegyzőkönyvének megtárgyalására került sor. Az RGSAM elnöke elmondta, hogy a radarechók felső határának megállapítására javasolt statisztikai vizsgálatokat néhány szolgálat már meg is kezdte, sőt a magyar delegátus beszámolt az első évben elért eredményekről is. A munkacsoport elnöke észrevételezte, hogy a Radar szakértői munkacsoport még nem adta át azokat a módszereket, amellyel az egyes szolgálatok a légkörben előforduló jégesők klimatológiai feldolgozását elvégezhetnék. A delegátusok többször hangsúlyozták a bi- és multilaterális kapcsolatok fontosságát az időjárásiradarinformációk cseréjében.

Hosszú vita követte a Csehszlovák Szocialista Köztársaság szolgálatának előterjesztését a Szlovákiában épülő Regionális Időjárásiradar központ alapszabályára vonatkozóan. Az RGSAM alapos átdolgozás után az alapszabály tervezetét az Igazgatói Konferencia elé terjesztendő javaslatként elfogadta.

A 7. napirendi pont keretében történt meg a szocialista országok hírközlési rendszerében áramló információk megvitatása. Nagy hangsúlyt helyeztek azokra a követelményekre, amelyeket a rohamosan fejlődő turizmus állít a meteorológiai szolgálatok elé. Itt elsősorban a téli sportkörzetek hóviszonyainak, valamint a tengerek, nagyobb tavak fűrdőhelyein mért víz hőmérsékletek továbbbítésének módját és rendszerét kellett újra leszögezni tekintettel arra, hogy ezeknek az adatoknak a továbbításában az elmúlt időszakban fennakadások voltak. Az RGSAM VII. ülése pontos listát állí-

tott össze mindazokról az alap- és különleges információkról (legyenek digitális vagy grafikus információk), amelyekre az egyes szolgálatoknak a közeljövőben bevezetésre kerülő új hírközlési rendszerben szükségük lesz. Ezeket a részletes listákat egy ajánláshoz csatolta, és megküldte az RGMT elnökének.

Az ülés utolsó napján került sor az ajánlások revíziójára, valamint az RGSAM előtt álló további feladatok végleges rögzítésére. Az RGSAM nevében az ülés elnöke, dr. H. Wehner és a Szovjetunió delegációjának vezetője A. Vjunnyik mondott köszönetet a Bolgár Népköztársaság Hidrometeorológiai Szolgálatának a konferencia gördülékeny lebonyolításáért és a szívélves vendéglátásért.

Vissy K.

\*

## TECHNIKAI KONFERENCIA WASHINGTONBAN AZ AUTOMATIZÁLT METEOROLÓGIAI RENDSZEREKRŐL

Az 1966-ban Genfben rendezett „Automatikus meteorológiai állomások” témájú konferencia sikere, valamint az időközben rohamosan fejlődő megfigyelési és távközlési technika a WMO-t újabb, hasonló rendszerény szervezésére ösztönözte. Ilyen előzmények után került sor e témában 1975. február 14. és 19. között Washingtonban a második technikai konferenciára 135 résztvevővel „Automatizált meteorológiai rendszerek” címmel. Hazánkat e sorok írója képviselte.

A konferencián elhangzott 45 előadás az alábbi témák köré csoportosult:

a) Automata állomások, ill. rendszerek, beleértve a repülőtéri alkalmazásokat is.

b) Speciális automaták: korlátozott mérési programú rendszerek, kazettás adatgyűjtők, klímaautomaták, lehívható csapadékmérő hálózatok stb. E csoportban hangzott el a magyar résztvevő előadása is „Mezoskálájú távzsejmérő-rendszer” címmel.

c) Érzékelők: az automatákhoz adaptálható felhőalap-, látás-, napfénytartam-, szél- és nedvességmérők.

d) Az automatizálás perifériális kérdései: a felhasználók követelményei, komputer-programok a táviratok editálására és az érzékelők pontosságának ellenőrzésére, hitelesítési kérdések.

Az előadások alapján megállapítható, hogy különösen a repülőtéri megfigyelések automatizálása terén születtek értékes — és operative működő — megoldások. Valamennyi bemutatott rendszer a felhőalap- és látástávolságmérők tartozékát képező minikomputert használja fel az egyéb időjárás jellemzők real-time naplózására. Arra is van példa, hogy az észlelővel nem rendelkező kisebb repülőterek adatait automaták jelzik az „anya-repülőterre”, ahol az eligazító szolgálat dolgozik.

Automata főállomásokról – többnyire mint működő *rendszeréről* – több beszámoló hangzott el. A szovjet és NDK félautomata hálózatok már ismertek az olvasó előtt, most a franciák, angolok és a kanadaiak jelentkeztek értékes eredményekkel. A *MOWOS* angol állomás felügyelet nélkül dolgozik, érzékelőit havonta egyszer tisztítják, negyedévenként pedig a helyszínen hitelesítik. A fél-automata kanadai *MARS* állomás új generációjából – 2 évi sikeres próbaüzem után – megkezdődött 14 db-nak a telepítése. A *MARS* felhőalapot és látástávolságot is mér, az adatok begyűjtését komputer vezérlésű központ irányítja. Az USA – meglepetésre – csak újabb prototípusokat mutatott be, elsősorban a felügyeletnélküli üzemre szánt, legújabb technikára alapozott *RAMOS*-t. A *RAMOS* hálózatszerű alkalmazása azonban még csak terv s ennek okát abban látjuk, hogy az amerikaiak korábban kissé elhanyagolták az automatizálás rendszertechnikáját és nem elemezték a tervezésnél az automaták beilleszkedését a meglévő megfigyelő és adatfeldolgozó alaprendszerekbe. Így érthető, hogy más országokban a jó koncepcióval párosult szolidabb technika operatív és jól használható hálózatokat eredményezett.

A konferencia a felhasználó oldaláról nézve – és technikailag is – a speciális automaták terén nyújtotta a legtöbb új információt. Néhány példát külön is érdemes kiemelni a világszínvonal illusztrálására. Ilyenek például az erdőtüzek megelőzését szolgáló, 12 állomással egy éve üzemelő kanadai szél-, hőmérséklet- és nedvesség-táv mérő rendszer, a 920 állomásból álló, óránként lekérdezzett, az adatokat azonnal feldolgozó és az információt szétosztó japán csapadékmérő hálózat, az expedíciós mérésekre szánt, mikrokomputeres, amerikai *MESONET* adatgyűjtő-rendszer (prototípus-stádiumban), a Grönlandon telepített, évenként csak egyszer látogatható, 6 érzékelőt óránként naplózó dán klímaautomaták, a mágneskazetás kanadai klímaautomaták (10 db üzemel), a geostacioner műholdon át kommunikáló kanadai és angol bójaállomások (prototípus állapotban).

A konferenciával egyidőben műszerkiállítás is rendeztek, főleg amerikai cégek gyártmányaiából. A kiállítást találoán úgy jellemezhetjük – s ez vonatkozik az egész konferenciára –, hogy azon az elektronika dominált és háttérbe szorultak a felhasználót elsősorban érdeklő érzékelők. Egyszerű üzleti megfontolások magyarázzák ezt a sajnálatos körülményt: a fejlett ipari háttérrel rendelkező országokban bármilyen automata állomás elektronikája prototípus szinten 6–12 hónap alatt összeállítható, ugyanakkor egy érzékelő fejlesztésénél 2–3 évi munka után, a tartós üzemi próbák alatt derül ki, hogy a konstrukció esetleg nem sikerült.

A résztvevők meglátogatták a NOAA washingtoni központját, ahol megismerkedhettek

az *AFOS* távközlési rendszerrel (természetesen prototípus állapotban). Az *AFOS* az egész amerikai időjárás szolgálatot egyetlen 2400 Bd-os (percenként 18 000 karaktert továbbító), „hurokba kötött”, duplex összeköttetésről látja el majd feldolgozott információkkal, előrejelzési térképekkel. A hurokrol leágazó 52 „Előrejelző Központ” (gyakorlatilag az USA minden állomásában egy ilyen központot terveznek) mindegyike a saját minikomputerén tárolja a nemzeti központból kapott anyagot. Az előrejelzést készítő meteorológus a kívánt grafikus vagy numerikus információt 5 display-re (képcsöves megjelenítőre) kivetítve tanulmányozhatja. Az új rendszer váltja majd fel a jelenleg kiterjedt nemzeti fakszimile és távgépíró összeköttetéseket. Az *AFOS* 50 millió dollárra becsült beruházása várhatóan hét év alatt megtérül a fakszimile-papír és a párhuzamos vonalberletek megtakarításából.

A vendéglátók további tanulmányi kiránduláson mutatták be a *Sterling Research Center*t Washington közelében, ahol az automata állomások prototípusait különféle klímaberendezésekben (sós-köd- és jég-kamra, szélesatorna stb.) vizsgálták.

Mezősi M.

✱

## TÁVPROGNOSZTIKAI TÉMAÉRTEKEZLET VARSÓBAN

A szocialista országok meteorológiai (hidrometeorológiai) szolgálati Igazgatói Konferenciájának 1974. évi pozsonyi határozata alapján az 1. és 2. számú RGKNIR témák közös témaértekezletét 1975. március 24. és 28. között Varsóban rendeztek meg. E két – a Szovjetunió meteorológiai szolgálatát által koordinált – téma tárgya: „Távélejelzési módszerek kidolgozása a GGO hidrodinamikai-statisztikai modellje alapján”, illetve „Hosszú és ultrahosszú távú előrejelzési módszerek kidolgozása helio- és geofizikai tényezők figyelembevételével”. A tudományos ülésen a vendéglátó ország szakértőin kívül a Szovjetunió, Csehszlovákia és Magyarország meteorológiai szolgálatának képviselői vettek részt.

A Lengyel Népköztársaság Hidrometeorológiai Szolgálatának nevében *B. Godlewski* első elnökhelyettes köszöntötte a témaértekezlet résztvevőit. Az ünnepélyes megnyitót követően a GGO professzora *M. I. Judyin* „A nem lineár mechanika aszimptotikus módszereinek alkalmazása a légkör dinamikai feladataiban” című előadása, majd a másik szovjet delegátus, *E. Vorobjeva* „A hosszútávú előrejelzés érvényességi időtartama növelésének egyes lehetőségei” című beszámolója hangzott el.

A témaértekezlet során a küldöttek referáltak az elmúlt időszak alatt az 1. és 2. sz. RGKNIR témákban szolgálatunknál végzett tudományos kutatómunkák eredményeiről. A

koordináló ország delegátusainak vezetésével, figyelembe véve a fenti témákban résztvevő meteorológiai/hidrometeorológiai szolgálatoknak az 1976–80. közötti időszakra vonatkozó kutatási terveit, meghatározták, az egyes témák további konkrét célját, illetve részfeladatait. Ennek megfelelően az RGKNIR 1. sz. témában a GGO hidrodinamikai-statisztikai modellje alapján olyan numerikus számítási séma kidolgozása lesz az elkövetkező öt év fő feladata, amelynek segítségével a 10–15 napos középtávú prognózisok készítésénél használt légköri dinamikusan egyenletek integrálása elvégezhető. Várhatóan, a témaértekezlet során körvonalazott részfeladatok megoldását követően, a GGO finomított hidrodinamikai-statisztikai modelljének alkalmazása lehetővé teszi majd mind a „szűrt”, mind a direkt módon integrált módszerek hibáinak kiküszöbölését.

Az 1976–80. közötti időszakban az RGKNIR 2. sz. témában résztvevő szolgálatok kutatómunkájának fő célja e tárgyban a hosszútávú prognózisok érvényességi idejének növelése érdekében eredményesen használható teresztrikus és extrateresztrikus faktorok, illetve az időjárás változását eredményező nagytérségű fizikai folyamatok kapcsolatának vizsgálata lesz.

A rendelkezésre álló empirikus anyag, s az eddigi kutatások alapján a hőmérséklet-, és a csapadékmezőkben kimutatható ciklikus ingások tér- és idő-struktúrájának fő vonásai megközelítően ismeretesek, s ez elvi alapot teremt a havi és évszakos, illetve az ún. ultratávú (1–2 éves) prognózisok készítéséhez. Ezzel párhuzamosan a Nap és a légkör kapcsolatára vonatkozó eddigi megfigyelések is azt mutatják, hogy ezek a ciklikus ingások a hosszú és ultratávú előrejelzésekben várhatóan majd eredményesen hasznosíthatók. A konkrét felhasználás érdekében azonban tovább kell mélyíteni a teresztrikus és extrateresztrikus tényezők és a nagytérségű légköri folyamatok kapcsolatára vonatkozó vizsgálatokat: mind a már ismert, s a múltban is tanulmányozott helio- és geofizikai információk lehetséges prognosztikai tartalmának analízise, mind pedig a még felhasználható helio- és geofizikai prediktorok keresésének illetve analízisének irányában. Az ötéves időszakra tervezett kutatómunka eredménye várhatóan a helio- és geofizikai információk figyelembevételével egy olyan optimális prediktorhalmaz kidolgozása lesz, amely a metodikai útmutatások összeállítását követően a hosszú és ultratávú prognózisok készítésének módszerére vonatkozóan konkrét javaslatot eredményezhet.

Az 1976–80 közötti időszak kutatási részfeladatait és ezek ütemezését megvitatva a témaértekezlet javaslatot tett a konzultációs látogatásokra, illetve a legközelebbi munkakonferencia időpontjára és helyére.

A záróülésen M. Szadovszki a Lengyel Népköztársaság Hidrometeorológiai Szolgálatának

igazgatója értékelte a témaértekezlet munkáját. A vendéglátók segítőkészsége és kedvessége valamennyi delegátus számára kellemessé tette a varsói RGKNIR értekezletet, amelyen a magyar meteorológiai szolgálatot e sorok írója képviselte.

Kaba M.

✱

## NEUMANN JÁNOS TEVÉKENYSÉGÉNEK METEOROLÓGIAI VONATKOZÁSAI

A Globális Légkörkutatási Program Egyesített Szervező Bizottságának 1974 novemberi budapesti ülése, — amelyről korábbi számunkban már hírt adtunk —, alkalmat adott egy tudománytörténeti tény tisztázásához. Az ülés alkalmával hazánkban tartózkodott *Joseph Smagorinsky* professzor, a NOAA princetoni Geofizikai Folyadékdinamikai Laboratóriumának igazgatója, az 1974. évi WMO-díj köztitizeteletben álló elnyerője. Vele folytatott beszélgetéseink során megtudtuk, hogy *Neumann János* tanítványa és munkatársa volt, s a világhírű matematikus tevékenységének a meteorológiai tudomány szempontjából is nagy jelentőséget tulajdonít.

Ez a közlés számunkra rendkívüli fontos és érdekes, hiszen azt jelenti, hogy a meteorológiai tudomány fejlődéséhez hozzájáruló magyar tudósok sorát egy igen fontos és jelentős személyiséggel egészíthetjük ki. Éppen ezért megkértük *Smagorinsky* professzort, hogy írjon folyóiratunk számára rövid állásfoglalást *Neumann János* meteorológiában jártott szerepéről, hisz nála hivatottabban arról a kérdéstről ma aligha nyilatkozhat más. Ezt az írást megkaptuk. Az eredeti angol, majd magyarra fordított szöveget az alábbiakban közöljük:

*“John von Neumann’s attraction to meteorological problems was a direct outgrowth of his search for meaningful applications of his new logical design for a high-speed digital electronic computer at the end of World War II. The project to build such a computer at the Institute for Advanced Study in Princeton was to be “a multifaceted one embracing engineering, formal logics, logical design, programming, mathematics, and some significant revolutionary application. This latter evolved in 1948 as numerical meteorology”\*. To implement this objective, he created under Dr. Jule G. Charney a meteorology group within the Electronic Computer Project of the Institute.*

*In a memorandum written in 1945, von Neumann expressed the view that such a machine, among other things, would “certainly revolutionize the purely mathematical approach to the theory of nonlinear differential equations... It may render a computational approach to the decisive phases of (incompressible) viscous hydrodynamics possible: To the phenomena of turbulence*

\* Herman H. Goldstine: *The Computer from Pascal to von Neumann*, Princeton University Press, 1972.

and to the more complicated forms of boundary layer theory."

It was during the period 1948–1955 that the foundations for numerical weather prediction were laid under von Neumann's general guidance at the Institute for Advanced Study. Even the theory of the dynamics of climate received its initial impetus under his aegis. John von Neumann's inspiration not only demonstrated the feasibility of the idea, but brought to fruition during his few remaining years the computing machine as a uniquely powerful means for providing a "laboratory" for geophysical experiments. What has happened since is eloquent testimonial to his perceptive vision. Meteorology is proud and grateful to have shared in John von Neumann's scope of interests."

J. Smagorinsky

\*

„Neumann János vonzódása a meteorológiai problémák iránt a II. világháborút követő időben abból eredt, hogy jelentős alkalmazási területeket keresett a logikailag általa megtervezett nagysebességű digitális elektronikus számítógép számára. E számítógép megépítésének terve a Princetoni Institute for Advanced Study keretein belül..." „sokrétű terv volt, amely magában foglalta a technikai mérnöki munkát, a formális logikát és logikai tervezést, a programozást, matematikát és néhány jelentős, forradalmi alkalmazást. Ez utóbbi 1948-ra numerikus meteorológiaiaként bontakozott ki." E cél megvalósítása érdekében Neumann János meteorológus csoportot hozott létre az Intézet Electronic Computer Project-jének keretén belül Dr. Jule G. Charney vezetésével.

Egyik memorandumában Neumann János 1945-ben kifejtette, hogy egy ilyen számítógép, egyebek között, „bizonyára forradalmasítja majd a nemlineáris differenciálegyenletek elméletének matematikai megközelítését... Számítások számára megközelíthetővé teheti az (összenyomhatatlan) viszkózus folyadékok dinamikájának döntő fázisait: a turbulens jelenségeket és a határreteg elmélet bonyolultabb eseteit".

Az 1948 és 1955 közötti időszak volt az, amelynek során a numerikus időjárás előrejelzés alapjait Neumann János általános irányításával az Institute for Advanced Studyban lefektették. Még az éghajlat dinamikájának elmélete is az ő idejében kapta meg az első lökést. Neumann János inspirációja nem korlátozódott a számítógép ötletének igazolására, életének hátralevő néhány éve alatt egyedülállóan hatékony eszközként gyümölcsözővé is tette azt, „laboratóriumot" teremtve a geofizikai kísérletek számára. Ami azóta történt, az éleslátásának fényes bizonyítéka. A meteorológiai tudomány pedig büszke és hálás, hogy Neumann János érdeklődésében részesülhetett."

## ÉRTEKEZLET A REPÜLSÉMETEOROLÓGIAI ADATOK TOVÁBBÍTÁSÁRÓL

A Nemzetközi Polgári Légiforgalmi Szervezet (ICAO) repülsémeteorológiai távközlési kérdésekkel foglalkozó munkacsoportja (MOTNE Planning Group) február 2-től 12-ig tartotta meg 10. ülését Párizsban, az ICAO európai irodájában. Szolgálatunk szakembere mint megfigyelő, első ízben vett részt a Légina-vigációs Bizottság fentemlített csoportjának ülésén, e sorok írójának személyében.

A tárgyalásokat, amelyek angol és francia nyelven folytak, W. Del Conte (Olaszország), a csoport állandó elnöke vezette. Az ülésen 17 ország 32 képviselője vett részt.

A feladatok a következők voltak: a MOTNE 4. fázisának ügyei; technikai felkészülés a MOTNE 5. fázisára; adatcsere a MOTNE 5. fázisában.

A csoport fő feladata a MOTNE 5. fázisának az előkészítése, azaz a hálózat adatainak továbbítási sebességének 100 baudra történő növelése volt. A jelenlegi MOTNE 4. fázisban levő 50 baudos sebesség ui. nem teszi lehetővé a repülés növekvő igényeinek meteorológiai adatokkal történő kielégítését. Foglalkoztak még ezen kívül a MOTNE 4. fázisának aktuális problémáival is. Itt elsősorban az Európán kívüli adatoknak a MOTNE hálózatba való juttatását és gyors szétosztását tárgyalták. Ezek az adatok ui. AFTN (Aeronautical Fixed Telecommunication Network) vonalakon, valamint rádióadás útján kerülnek a bécsi, brüsszeli és párizsi repülsémeteorológiai adatbankba.

Az ülés legfontosabb eredménye az volt, hogy kidolgozták a MOTNE 5. fázisára vonatkozó részletes adásrendet. A 100 baudos adatcsere bevezetésének időpontjául pedig 1976. március 31-ét jelölték ki.

Lépp I.

\*

## SZOCIALISTA EGYÜTTMŰKÖDÉSI SZERZŐDÉS

Kovács Gábor, az Öntözési Kutató Intézet igazgatója és Kozák Béla, az OMSZ Központi Légtérfizikai Intézetének igazgatója 1975. február 13-án szocialista együttműködési szerződést írt alá, amely az 1975–1977-es évekre érvényes.

Az együttműködés a két intézet kutatási területeinek megfelelően a mezőgazdasági vízgazdálkodással kapcsolatos tudományos és gyakorlati feladatok megoldására vonatkozik, ezen belül elsősorban: a) a különböző mezőgazdasági kultúrák energiaháztartási rendszerére; b) különös tekintettel a rizstermesztés agrometeorológiai problémáinak megoldására; c) a Szarvas–Kondorosvölgyi Vízfűjtő hidrometeorológiai problémáinak megoldására; d) a kutatási eredmények mezőgazdasági, vízgazdálkodási és meliorációs hasznosítására.

A két intézmény szükségesnek véli a fenti témákban folyó kutatások összehangolását, amelyet különösképpen elősegít az a tény, hogy 1974-ben megkezdte munkáját a szarvasi Agror meteorológiai Observatórium.

Az együttműködés keretében kölcsönösen tájékoztatják egymást a szerződő felek kutatási eredményeiről, s ennek hatékonyabb tétéle céljából meghívják egymás képviselőit mindazon tudományos napokra, vitákra, amelyeknek tárgya az egyezményben kiemelt témákhoz kapcsolódik. Támogatják közös munkacsoportok létrehozását, a laboratóriumi felszerelések, egyes műszerek és berendezések kölcsönös használatával az anyagi eszközök racionális felhasználását, alkalmyszerűen kutató-cserét is biztosítanak.

A közös kutatási, kísérleti munkákból származó tudományos eredmények közlésénél a közös publikációkra törekednek.

Az együttműködő felek szorgalmazzzák, hogy az agrártudományok mellett az érintett egyetemeken, főiskolákon a hallgatók korszerű meteorológiai oktatásban részesüljenek a tudományág legújabb hazai és nemzetközi eredményeinek alapján.

A fenti célkitűzések megvalósítására az együttműködő intézmények évenként rögzítik a feladatokat, és adott esetekben operatív megállapodásokat kötnek.

Az egyezmény végrehajtásának koordinálójá az Öntözési Kutató Intézet részéről *Posgay Elemér* tud. főosztályvezető, a Központi Légkörfizikai Intézet részéről *Antal Emánuel* tud. főosztályvezető.

*Tóth E.*

✱

## A METEOROLÓGUSKÉPZÉS KÉRDÉSEI ÉS KÖRNYEZETVÉDELMI VONATKOZÁSAI

címmel rendezett szimpóziumot a Meteorológiai Világszervezet 1975. február 17. és 22. között Caracas-ban. A szimpóziumon, amelyen 39 ország képviseltette magát, Magyarország részéről *Dobosi Zoltán*, az ELTE tanszékvezető docense vett részt. Az előadások az alábbi tárgykörök körül csoportosultak: 1. a Meteorológiai Világszervezet szerepe a meteorológusképzésben, 2. egyetemi meteorológusképzés (meteorológus I.), 3. operatív személyzet (meteorológus II.) képzése, 4. környezetvédelem, 5. időjárásműködés, 6. alkalmazott meteorológia a meteorológusképzésben, 7. a meteorológusképzés általános kérdései.

A felsorolt tárgykörökben 21 előadás hangzott el. *Dobosi Zoltán* „Meteorológusképzés és környezetvédelem” címmel tartott előadást.

A kitűnően rendezett szimpóziumon képet adott a fejlődő és a fejlett országok meteorológusképzési rendszereiről, a Meteorológiai Világszervezet munkájáról a fejlődő országokban folyó oktatás támogatása érdekében, és annak

érdekében, hogy a meteorológia új irányai is helyet kapjanak a tantervekben.

Az előadások és az elhangzott javaslatok minden bizonnyal hasznosan járulnak hozzá a különböző országokban a meteorológia oktatásának a fejlődés megkövetelte korszerű szinten tartásához.

*Dobosi Z.*

✱

## METEOROLÓGIAI TANULMÁNYOK A XII. ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KÖNFERENCIA ELŐADÁSAIN

Az egyetemek és főiskolák hallgatóinak két évente sorrakerülő nagyszabású tudományos seregszemléjét az idén április 1. és 3. között Szegeden rendezték meg. A leendő természet-tudományi szakemberek mostani tanácskozásának a József Attila Tudományegyetem adott otthont. A matematikai, fizikai, biológiai és geotudományi szekciókban mintegy 200 előadást nyújtottak be, ezek közül 9 meteorológiai témájú dolgozat került a zsűri elé.

Örvendetes, és e dolgozatok magas tudományos színvonalát fémjelozte, hogy a bemutatott és megvitatott meteorológiai tanulmányok közül 7 részesült országos pályadíjban, illetve dicséretben, s közülük egyet a legmagasabb elismerésre, az Oktatásügyi Minisztérium díjára is méltónak talált az országos zsűri.

A pályadíjnyertes meteorológiai dolgozatok a díjak értéksorrendjében a következők voltak:

Az Oktatásügyi Minisztérium díjában részesült *Oross Gabriella* IV. éves matematika-földrajz szakos hallgató (JATE, Szeged): Csapadékidősorok periódusainak vizsgálata c. tanulmánya. A dolgozattal kapcsolatban említést érdemel, hogy szerzője az egész Földre kiterjedő globális matematikai elemzést adott a csapadék évi összegeinek szekuláris adatsorai-ban mutatkozó ritmusokról, s feltárva és térképezve ezek földgömbi rendszerét, új eredményekkel járult hozzá az általános légkörzés periódusainak megismeréséhez.

Intézményi különdíj I. fokozatával jutalmazták *Fekete László* IV. éves matematika-földrajz szakos hallgatót (JATE, Szeged): Csapadékös és csapadék nélküli iterációk elemzése Markov-láncok alapján c. dolgozatát. Intézményi különdíj III. fokozatát kapta *Makra László* IV. éves matematika-földrajz szakos hallgató (JATE, Szeged): Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek periodicitásai c. tanulmánya.

Országos dicséretben és az ezzel járó helyi kari pályadíjakban részesültek (az elért pontszámok sorrendjében felsorolva) a következő dolgozatok:

*Práger Tamás* végzett meteorológus (ELTE, Budapest): Ponttrajagin-féle optimális vezérlési módszer néhány meteorológiai alkalmazása, *Jeges Mariann-Hódi Imre* III. éves matema-

tika—földrajz szakos hallgatók (JATE, Szeged): Erős hőmérsékleti kontrasztok kialakulása Magyarországon. *Mika János* III. éves matematika—meteorológia szakos hallgató (ELTE, Budapest): A magyarországi makroszínoptikus helyzetek és a naptevékenység különböző fázisai, továbbá *Pintér Márta* III. éves biológia—földrajz szakos hallgató (ELTE, Debrecen): A napi szélirányváltozások relatív gyakoriságának statisztikai elemzése és kapcsolata a szélsébséggel Debrecenben.

A bemutatott nivós meteorológiai tárgyú dolgozatok azt igazolják, hogy az egyetemi ifjúság körében a meteorológiai kutatók szépszámu utánpótlása érlelődik, s különösen örvendetesnek tekinthetjük, hogy a leendő fiatal kutatók érdeklődése egyre inkább a nagy, sőt globális dimenziójú meteorológiai folyamatok elemzése és matematikai modellezésük felé fordul.

*Péczely Gy.*

✕

### GRÖNLANDI ÚTIBESZÁMOLÓ

A Magyar Meteorológiai Társaság 1975. március 13-án tartott előadóülést, ahol *Papp Béla* (VITUKI) hidrometeorológus ösztöndíjas tanulmányútjának során tett grönlandi utazásáról tartott élménybeszámolót.

Az előadó a Nemzetközi Atomenergia Ügy-nökség ösztöndíjasaként kilenc hónapot töltött a koppenhágai egyetem Oerstedről elnevezett intézete Geofizikai Izotóp Laboratóriumában.

Itt különböző mérési módszereket tanulmányozott, így az  $O_{18}$ , a deutérium,  $C_{14}$  és lézeres méréseket. A laboratórium többek között a Föld különböző helyein levő kb. 100 állomásról begyűjtött havi csapadékmintákat elemez az említett módszerekkel.

A laboratórium Grönland szigetén speciális glaciológiai vizsgálatokat végez. A sziget, amely Dánia belterületének számít, csak speciális engedély birtokában látogatható a bennszülött lakosság védelmére hozott adókedvezmények miatt. Az előadó nyári glaciológiai mintagyűjtő expedícióban vett részt, ahol igen szélsőséges időjárási körülmények között kellett dolgozniuk. Az előadást rendkívül szép színes diaposzítívok vetítése kísérte, ahol a hallgató-ság a jégvilág szépségei mellett a gleccserek természetével és a rövid északi nyár élénk-tarka virágú flórájában is gyönyörködhetett.

*Simon A.*

✕

### METEOROLÓGIA ÉS TURISZTIKA

A Magyar Meteorológiai Társaság Pécsi Csoportjának 1974. november 28-án tartott előadóülésén *Kéri Menyhért* „Meteorológia és turisztika” címen beszélt a nagyszámú és élénk érdeklődést tanúsító hallgatóságnak. A téma sok fiatal hallgatót és vezetőiket olyan lelkes barátjává tett a meteorológiának, hogy lehetővé vált az MMT Pécsi Csoportja ifjúsági tagozatának megalakítása.

*Fodor I.*

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

---

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

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



75.0470 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás  
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

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

---

