

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA
95. ÉVF. * 6. SZÁM * 1991. NOVEMBER – DECEMBER

TARTALOM

<i>Mika J.</i> : Nagyobb globális felmelegedés várható magyarországi sajátosságai _____	265
<i>Bartholy J., Bottyán Zs., Ihász I., Pálvölgyi T. és Práger T.</i> : Hemiszférikus éghajlati adatbázis létrehozása a fluktuációk vizsgálatára _____	279
<i>Lakatos L. és Szász G.</i> : A légköri hatások szerepe a talajok N-szolgáltató képességének alakulásában _____	289
<i>Tőkei L., Varga K. és Karácsony J.</i> : Az időjárási tényezők összefüggése a szélerosztó okozta mezőgazdasági károkkal _____	301
<i>Irodalom</i> _____	309
<i>Krónika</i> _____	313
<i>Atmospheric Environment</i> folyóirat 25A. évf. 11–12. (1991) számának tartalomjegyzéke _____	315

CONTENTS

<i>J. Mika.</i> : Regional features of a stronger global warming over Hungary _____	265
<i>J. Bartholy., Zs. Bottyán, I. Ihász, T. Pálvölgyi and T. Práger</i> : Compilation of a hemispherical data base for the investigation of climatic fluctuations _____	279
<i>L. Lakatos and G. Szász</i> : Climatic effects on the changes of the N-supplying power of soil _____	289
<i>L. Tőkei, K. Varga and J. Karácsony</i> : Connection between meteorological factors and agricultural damages caused by wind erosions _____	301
<i>Literature</i> _____	309
<i>Chronicle</i> _____	313
Contents of journal <i>Atmospheric Environment</i> Vol. 25A Nos. 11–12 (1991) _____	315

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 95 * NO. 6 * NOVEMBER – DECEMBER 1991

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata
Journal of the Hungarian Meteorological Service

Felelős szerkesztő – Editor-in-Chief

MÉSZÁROS ERNŐ

Szerkesztő – Editor

TÄNCZER TIBOR

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD

ANTAL E. (Budapest)	MAJOR GY. (Budapest)
BOTTENHEIM, J. (Downsview, Ont.)	MILOSHEV, G. (Sofia)
CZELNAI R. (Geneva)	MÖLLER, D. (Berlin)
DÉVÉNYI D. (Budapest)	PANCHEV, S. (Sofia)
DRÁGHICI, I. (Bucharest)	PRÁGER T. (Budapest)
FARAGÓ T. (Budapest)	PRETEL, J. (Prague)
FISHER B. (London)	PRUPPACHER, H. R. (Mainz)
GEORGII, H.-W. (Frankfurt a. M.)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
GÖTZ G. (Budapest)	RENOUX, A. (Paris-Créteil)
HAMAN, K. (Warsaw)	ŠAMAJ, F. (Bratislava)
HASZPRA L. (Budapest)	SPÄNKUCH, D. (Potsdam)
IVÁNYI Zs. (Budapest)	STAROSOLSZKY Ö. (Budapest)
KALNAY, E. (Washington, D.C.)	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
KOLB, H. (Vienna)	WILHITE, D.A. (Lincoln, NE)
KONDRATYEV, K. YA. (Leningrad)	WIRTH E. (Budapest)

Műszaki szerkesztő – Technical Editor

MÁTHÉ GYULÁNÉ

Szerkesztőség: 1525 Budapest, Postafiók 38.

Megrendelhető: Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán,
1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.

Megjelenik kéthavonként

Editorial Office: H-1525 Budapest, P. O. B. 38. This journal, published bimonthly, can be purchased from the distributor: KULTURA, H-1389 Budapest, P. O. B. 149. The actual subscription rate is determined by the distributor.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 95. évf. 6. szám, 1991. november – december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 95 No. 6 November – December 1991

Nagyobb globális felmelegedés várható magyarországi sajátosságai

Mika János

Központi Légekfizikai Intézet, 1675 Budapest, Pf. 39

A kisebb globális klímaváltozás hazai sajátosságainak megállapítása (Mika, 1988) után, s kiegészítve a nagyobb változásokra kapott eredményeket (Mika, 1987); főleg szakirodalmi paleoklíma-rekonstrukciók és általános cirkulációs modell-eredmények interpolációjára támaszkodva összefoglaljuk a globális felmelegedés valószínű magyarországi sajátosságait. A +4 fokig terjedő felmelegedésre vonatkozó egyensúlyi becslések szerint a hazai nyári hőmérséklet és a félgömbi évi átlaghőmérséklet megváltozásainak hányadosa fokozatosan 1 alá csökken, míg a téli hőmérséklet esetében mintegy másfélszeres marad. A nyári csapadék egy fokos félgömbi felmelegedésnél még lényegesen a mai érték alá esik csakúgy, mint az évi csapadékösszeg. Két fokos félgömbi felmelegedésnél az évi összeg megváltozása zérus, vagy kissé pozitív, ám a nyári csapadék még négy fokkal sem haladja meg lényegesen a mai értéket.

*

Regional features of a stronger global warming over Hungary. After assessing features of moderate global changes (Mika, 1988) and completing the results for stronger changes (Mika, 1987), a comprehension of the likely features of a global warming for Hungary is presented, mainly based on paleoclimate reconstructions and general circulation model results. According to the equilibrium estimations of the warming up to 4 K, the ratio of local summer temperature to annual mean hemispheric temperature gradually decreases below 1, while for the winter temperature it remains about one and a half. For global changes up to +1 K summer precipitation decreases substantially below its present value and this is the case for the annual sum, too. In the case of a two-degree hemispheric warming, the annual sum exhibits no change, but the summer precipitation does not substantially exceed its present value even at a 4 K global warming.

I. Bevezetés

A légkör üvegházhatásának erősödése folytán a Föld átlaghőmérséklete számottevően megemelkedhet. Az éghajlati hatáselemzés nélkülözhetetlen előfeltétele ugyanakkor, hogy rendelkezünk a globális klímaváltozás különböző fokozataihoz tartozó regionális forgatókönyvekkel.

A kis (kb. fél fokos) félgömbi felmelegedésre vonatkozóan korábban közöltünk eredményeket (Mika, 1988) a műszeres mérések korának adataira támaszkodva. A nagyobb félgömbi változások évi átlagos, magyarországi sajátosságait pedig a meteorológiai elemek éves menetén alapuló módszerünkkel vizsgáltuk (Mika, 1987). A jelen dolgozatban valamennyi, elérhető információ bevonásával igyekszünk teljessé tenni a globális felmelegedés magyarországi sajátosságairól összefoglalható tudományos becsléseket. Nem törekszünk ugyanakkor sem a becslések közé eső globális változások sajátosságainak interpolációjára, sem pedig arra, hogy eredményeinket valamely konkrét jövőbeni időpontra vonatkoztassuk. E két feladat egyesített megoldására Mika és Pálvölgyi (1990) tett kísérletet.

Dolgozatunkban először rendszer-szemléleti keretbe foglaljuk a regionális szcenárió-készítéséhez használt módszereket. Ezután röviden ismertetjük, majd új szempontok alapján tárgyaljuk az éves meneten alapuló becsléseket. Végül szakirodalmi paleoklíma rekonstrukciók és általános cirkulációs modell-eredmények Magyarországra interpolálásával +4 fokos globális melegeedésig megadjuk a regionális sajátosságok főbb vonásait.

2. A regionális éghajlati szcenáriók módszertani alapjai

Napjainkban a legfejlettebb globális klímamodellek sem alkalmasak az időfüggő klímaváltozás regionális sajátosságainak megbízható előrejelzésére. Emiatt számos közben-ső módszer alakult ki, amelyek diagnosztikai kapcsolatot állapítanak meg a leginkább prognosztizálható, globális hőmérsékleti jellemzők függvényében. E módszerek – a felhasznált információ forrása szerint – hat csoportba sorolhatók (lásd bővebben *Mika, 1988*):

- a) műszeres mérések idősorai;
- b) történeti információk;
- c) paleoklíma-rekonstrukciók;
- d) általános cirkulációs modellek paleoklíma-szimulációi;
- e) általános cirkulációs modellek másodfajú prognózisai;
- f) az éves menet, mint analóg folyamat.

A lokális szcenárió-készítéshez ajánlható módszereket egy általánosabb, *rendszerelméleti keretbe* is foglalhatjuk, aminek célja, hogy együtt lássuk az egyes módszerek előnyeit és korlátait. Induljunk ki abból, hogy egy rendszer (jelen esetben *az éghajlati rendszer*) elemei közötti kapcsolatokat a

$$\Phi(\eta, \Psi, \Omega) = 0 \quad (1)$$

összefüggés írja le, ahol η a rendszer belső változóinak együttese, Ψ a külső kényszerek összessége, Ω pedig a rendszer állapotát befolyásoló, de a vizsgálatandó időszakban állandó kezdeti- és határfeltételek. Konkrétan az éghajlati rendszerben az egyes vektorkomponensekre

$$\eta = \eta_i(\varphi, \lambda, t) \quad (2)$$

$$\Psi = \Psi_j(\varphi, \lambda, t) \quad (3)$$

$$\Omega = \Omega(\varphi, \lambda) \quad (4)$$

írható, amennyiben a magasság (nyomás) szerinti eloszlást eleve diszkrét szinteken, külön vektor-komponensekként értelmezzük (φ és λ a földrajzi koordinátákat, t pedig a kezdeti állapot óta eltelt időt jelöli). A regionális sajátosságokat becsülő módszerek *alapfeltételezése*, hogy az η_i és Ψ_j argumentumok a vizsgálni kívánt (φ_0, λ_0) pontra gyakorolt hatás szempontjából tovább bonthatók $\eta_i(\varphi_0, \lambda_0, t)$ és $\Psi_j(\varphi_0, \lambda_0, t)$ tagokra, illetve többféle, globális (félgömbi) átlagban jellemző $\langle \eta_k \rangle(t)$ és $\Psi_l(t)$ mennyiségekre. E feltétel más szóval azt jelenti, hogy a más térségekben kifejlődő, ám a globális átlagban nem mutatkozó anomáliák hatásai klímaváltozások körülbelül egy évtizedes időskáláján eltűnnek.

A rendszert egy kiválasztott pontban, hosszabb idő átlagában leíró kapcsolatok ekkor az

$$\Phi[\eta_i(\varphi_0, \lambda_0, t), \Psi_j(\varphi_0, \lambda_0, t), \langle \eta_k \rangle(t), \langle \Psi_l \rangle(t), \Omega(\varphi, \lambda)] = 0 \quad (5)$$

alakot öltik, ahonnan már kiolvashatóak a *felsorolt módszerek korlátai*. Ezeket most a

hibaforrások szerint csoportosítjuk, zárójelben említve azokat a módszereket, amelyeknél a probléma hangsúlyozottan jelentkezik:

1. A Φ összefüggés nem olyan, mint a valóságban (standard modell-prognózisok, paleo-szimulációk).

2. Nem, vagy pontatlanul ismert a lokális meteorológiai elem (történeti adatok, paleo-adatok).

3. A lokális adatok nem (φ_0, λ_0) -ra vonatkoznak, hanem például nagyobb területre (standard modell-prognózisok, paleo-szimulációk).

4. A módszer feltételezi, hogy a $\Phi = 0$ kapcsolat invariáns a vizsgált-időszak során (történeti adatok, paleo-adatok, évszakos menet).

5. A Ψ_j eltérő hatásának (például város hatás) elhanyagolása az analóg időszakban (műszeres adatok).

6. Nem, vagy pontatlanul ismertek a $\langle \Psi_l \rangle(t)$ globális jellemzők (történeti adatok, paleo-adatok).

7. A külső kényszer nem olyan, vagy nem akkora (túl nagy, vagy túl kicsi), mint amire szükség lenne (a teljes, mintegy +4 K fokig terjedő tartományt egyik módszer sem fogja át).

8. Az Ω állapotjellemző feltételek nem azonosak a jövőbeni, fokozatos felmelegedéshez tartozókkal (évszakos menet, standard modell-kísérletek, paleo-adatok, paleo-szimulációk).

Ezen túlmenően valamennyi, tényelegetesen alkalmazott módszer erősen *leszűkíti az (5) formulában szereplő argumentumokat*, amennyiben kizárólag a lokális $\eta_i(\varphi_0, \lambda_0, t)$ és a globális $\langle \eta_k \rangle(t)$ paraméterek között állapít meg kapcsolatot:

$$\eta_i(\varphi_0, \lambda_0, t) = F[\langle \eta_k \rangle(t)]. \quad (6)$$

Az elhanyagolások közül a Ω kezdeti- és határfeltételek adekvát (tehát a mainak megfelelő) voltának feltételezése nyilvánvaló, hiszen enélkül a múltbeli kapcsolat biztosan nem lenne a jövőre vonatkoztatható. A külső tényezők átlagos mértékével $\langle \Psi_l \rangle(t)$, illetve területi eloszlásával $\Psi_j(\varphi_0, \lambda_0, t)$ kapcsolatos argumentumok hatásának elhanyagolása viszont már annak feltételezésével egyenértékű, hogy a globális klímaváltozás regionális sajátosságai csak a belső változások átlagos mértékétől függenek, az azokat kiváltó külső okoktól nem.

E feltételezés az úgynevezett hasonlósági hipotézis, amely két általános cirkulációs modell-kísérleten alapszik (Manabe és Wetherald, 1980; Hansen et al., 1984). E számítások szerint a 2 %-os napállandó-emelkedéshez, illetve a CO₂-koncentráció megkétszereződéséhez tartozó *egyensúlyi* válaszokban az évi középhőmérséklet területi eloszlása nagymértékben hasonló. Ugyanez teljesül az övezetes átlagok megváltozásának magasság szerinti eloszlására, sőt a felszíni zonális átlaghőmérsékletek havonkénti változásaira is. Hansen et al., (1984) ugyanezt az egyezést a felhőzet vonatkozásában is kimutatta. (A korábbi kísérlet előírt felhőzettel operált.)

Ez az egyezés azt jelenti, hogy – noha a két külső tényező megváltozása miatt fellépő, elsődleges energia-többletek területi (főleg övezetes) eloszlása nyilvánvalóan különbözik – a légkör önszabályozó mechanizmusai (főképpen a horizontális advekción, hiszen a felhőzet hatása az első kísérletben nem érvényesülhetett), e különbségeket kiegyenlíti. A modellek ilyen viselkedését bizonyos fokig megerősítik az egymást követő – a kormeghatározás pontatlanságai miatt szintén egyensúlyi jellegű – meleg paleoklimákhoz tartozó regionális anomáliák erősen simított térképei (Budyko és Izrael, 1987) is.

A *fokozatos felmelegedés* azonban a szárazföldekben és az óceánokban más-más időbeli lefutással realizálódik, kivált, ha időlegesen ellentétes tendenciák (pl. vulkánkitörések) okozta hatások is érvényre jutnak. A fokozatos felmelegedés egy-egy kiválasztott

időpillanatában ezért a változások területi eloszlása különbözhet attól, ami az ugyanakkora globális hőmérsékletváltozáshoz tartozó egyensúlyi választ jellemezné.

Ezzel összefüggésben *Bryan et al.*, (1982) és *Spelman és Manabe* (1984) kapcsolt óceán-légkör modellben kimutatták ugyan, hogy az övezetes átlagok alakulása az ugrásszerű, illetve a fokozatos CO₂-gerjesztéssel szemben hasonló, hacsak a koncentráció- növekedés nem túl gyors. Ugyanakkor a földrajzi hosszúság szerint is bontott változások (éppen e kontinensek és óceánok eltérő termikus igazodása folytán) már nem azonosak – mint azt először *Schneider és Thompson* (1981) megállapította, illetve *Bryan et al.*, (1982) közlésére adott válaszában *Thompson és Schneider* (1982) is fenntartotta, és azóta a legújabb, kapcsolt óceán-légkör modellek is megerősítették (*Bretherton et al.*, 1990). A hasonlósági hipotézisnek a nem-egyensúlyi változásokra kiterjedő érvényét így nem tudjuk az egyensúlyi érvényességéből levezetni.

Mint mondhatunk a hasonlósági feltételről a kisebb, egy fok alatti tartományon, ahol az általános cirkulációs modelleket – nagy belső zajuk miatt – egészen a legutóbbi időkig nem alkalmazták (pl. *Schneider*, 1984), de ahol már felhasználhatóak a műszeres mérések, és a külső kényszerekre vonatkozó tényleges megfigyelések? E források ugyancsak alátámasztják a zonális átlaghőmérsékletre vonatkozó hasonlóságot. *Vinnikov és Grojszman* (1979) például energia-egyensúlyi modell-egyenletek és parametrizációk felhasználásával igazolta, hogy a vulkánossággal, illetve a CO₂-koncentrációval szembeni érzékenység szélesség-idő metszete (megfelelő energetikai normálás után) hasonló. A hosszúság szerint is bontott érzékenységek a kiváltó okkal szembeni invarianciáját ugyanakkor *Wigley et al.*, (1985) megkérdőjelezi, elsősorban *Jones és Kelly* (1983) azon – kontinensek feletti léghőmérsékletre támaszkodó – eredményére hivatkozva, amely szerint az elmúlt 100 év két, melegedő tendenciájú időszakában a regionális trendek térképei nem hasonlóak.

A fenti vélekedéssel azonban azt a *saját kutatási tapasztalatunkat állíthatjuk szembe*, hogy a vizsgált időszakok regionális sajátosságait nem a kontinensek hőmérséklete határozza meg, hanem a teljes félgömbi átlaghőmérséklet, sőt – amint ezt korábban (*Mika*, 1988) bizonyítottuk – a kontinensek és az óceánok termikus állapota közötti különbség is szerephez jut. E mutatók pedig a kérdéses időszakokban nem egyeztek (lásd *I. táblázat*). *Jones és Kelly* (1983) eredményeiből tehát *nem következik a hasonlósági hipotézis hamis volta*.

I. táblázat:

A *Jones és Kelly* (1983) által definiált, monoton változású időszakok kontinentális hőmérsékleteinek (T_C), félgömbi átlaghőmérsékleteinek ($\langle T \rangle$) és a léghőmérséklet kontinens-óceán kontrasztjának (ΔT) idő-trendjei (\pm szórás)

10^{-2} Kév ⁻¹	dT/dt	d<T>/dt	d(ΔT)/dt
1917–1939	2,3 ± 0,4	1,9 ± 0,3	0,6 ± 0,3
1940–1964	-0,6 ± 0,4	-0,9 ± 0,3	-0,6 ± 0,3
1965–1980	1,6 ± 0,8	1,6 ± 0,6	-0,1 ± 0,8

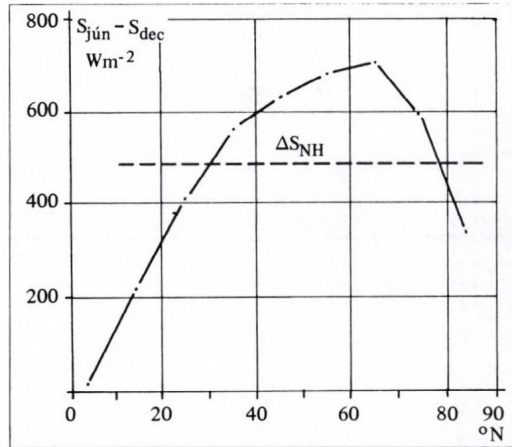
Voltaképpen tehát *sem bizonyítani, sem cáfolni nem tudjuk*, hogy a globális klímaváltozás regionális sajátosságai függetlenek volnának a kiváltó okoktól. Elfogadása – amely a (6) formula szerinti közelítés egyenes következménye – a feladat túlzott bonyolultságának elkerüléséhez nélkülözhetetlen. A hasonlósági hipotézis bizonytalan igazságtartalma ugyanakkor megakadályozza, hogy bármely módszerrel kapott eredményt *önmagában* a jövőre vonatkoztassunk. Az extrapolálás megbízhatósága több becslési módszer együttes alkalmazása útján növelhető.

3. Az éves menet, mint a globális melegedéssel analóg folyamat

Ahhoz, hogy az éves menet időskálájú változásaiból egy lassú klímaváltozás analógjaként kezelhető mintát generáljunk, az egy csoportba tartozó hónapok átlagában az éghajlati rendszernek egyensúlyban kell lennie. (Enélkül ugyanis szinte tetszőleges eredményre juthatunk.) Ennek érdekében minden évszaktól egy-egy hónapot kiválasztva, olyan hónap-négyeseket képeztünk (Mika, 1987), amelyek mind a félgömbök közötti, mind pedig a légkör és az óceán közötti fáziskülönbségeket kiegyenlítették. Az összesen 22 db ilyen hónap-négyes félgömbi hőmérsékletei ± 2 fokos tartományt fogtak át. Az éghajlati elemek regionális és hemiszférikus évi átlagai közötti kapcsolatot e hónap-négyesek segítségével vizsgáltuk, amelyek mindegyikét egy-egy (egyensúlyi) klíma analógjának tekintünk. A kapcsolat független változója a négy hónap hemiszférikus átlaghőmérséklete, függő változója pedig egy-egy magyarországi állomás ugyancsak 4 havi középértéke volt.

E számítások szerint a magyarországi évi középhőmérséklet 1,5 – 1,7-szeres arányban követi a félgömbi átlag változásait. A csapadék évi összegének regressziós együtthatói szignifikáns pozitív kapcsolatra utalnak, szemben a (fél fokos változásokig terjedő) műszeres idősorokkal, ahol a nyári félévi csökkenést nem kompenzálja a téli félévi növekedés (Mika, 1988). A napfénytartam évi összegeit ugyancsak pozitív együtthatók, vagyis a kisebb változásokra is érvényes tendencia jellemzi.

A fenti eredmények birtokában vizsgáljuk meg, hogy az éves menet mennyire tekinthető analógnak a várható, fokozatos felmelegedéssel? E vizsgálatot a globális éghajlati kényszerek összehasonlításával kezdjük. A Nap látszólagos évi járása ugyanis két alapvető kényszert gyakorol az általános légkörzésre, illetve a különböző térségek éghajlatára. Az egyik a rövidhullámú mérleg övezetes módosulása, a másik pedig a léghőmérsékletben is megmutatózó, kontinens-óceán kontraszt szabályozása.



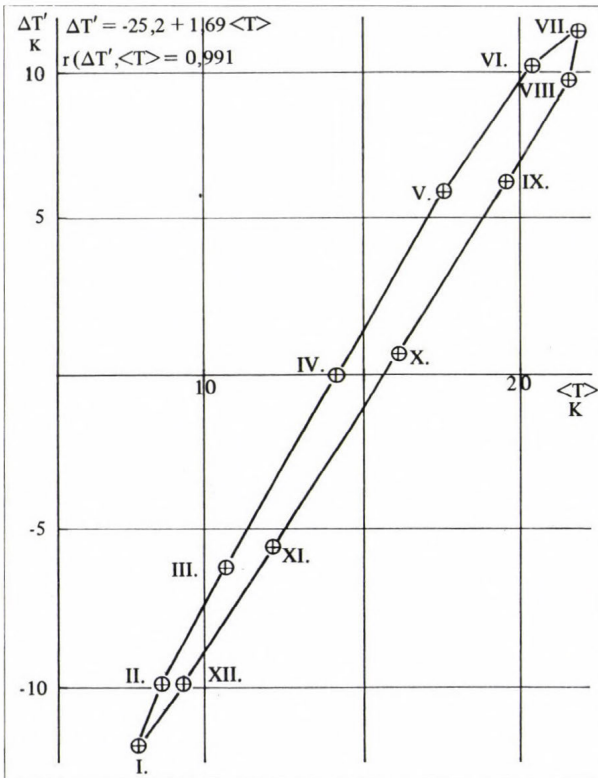
1. ábra:
A rövidhullámú sugárzási mérleg júniusi és decemberi értékeinek különbsége az egyes szélességi övekben (Stephens et al., 1981 adatai alapján). $\Delta S_{\text{NH}} = 488 \text{ Wm}^{-2}$ e különbség területekkel súlyozott, félgömbi átlaga

Az 1. ábrán a Q_{max} csillagászatilag lehetséges maximális napsugárzás és az α rendszerelbedő által meghatározott

$$S = Q_{\text{max}} (1 - \alpha) \quad (7)$$

rövidhullámú mérleg júniusi és decemberi szélső értékei között ΔS különbségek övezetes átlagai láthatók Stephens et al., (1981) adatai nyomán. Megfigyelhető, hogy az energia-különbség övezetenkénti eloszlása korántsem egyenletes. A (területekkel súlyozott) félgömbi

átlag 488 Wm^{-2} értékéhez képest a 30. és 80. szélességek között nagyobb, ettől északra és délre viszont kisebb az energetikai kényszer mértéke. Ez az egyenetlenség aligha felel meg az üvegház-hatás erősödése miatti energia-többlet eloszlásának. A Kárpát-medence térségében az éves menet szerinti kényszer ugyanis meghaladja a fégömbi átlagot, míg Mika et al., 1991 szerint a 100 ppm-es CO_2 -növekedéshez tartozó $+1,28 \text{ Wm}^{-2}$ a (derültebb) nyári félévben is kisebb, mint az ennek megfelelő, $1,5 \text{ Wm}^{-2}$ évi átlagos fégömbi változás. Ez utóbbi számot Ramanathan et al., (1985) eredményére támaszkodva állítottuk elő, felhasználva, hogy a sugárzási mérleg megváltozása a koncentrációk hányadosának logaritmusával arányos (Ramanathan et al., 1985).



2. ábra:
Az északi fégömb kontinensei és óceánjai feletti léghőmérséklet különbségének függése a fégömbi átlagtól, az év 12 hónapjában. $\Delta T'$ – az évi átlagos kontrasztól való eltérés

A 2. ábrán bemutatjuk, hogy a kontinens-óceán léghőmérsékleti kontraszt az év folyamán gyakorlatilag párhuzamosan változik a fégömbi átlaghőmérséklettel. Adatforrásaink a fégömbi átlag-hőmérséklet esetében Crutcher és Meserve értékei (lásd Golitsyn, 1984), illetve Folland et al., (1984) óceán feletti léghőmérsékletei voltak. A kontraszt és a fégömbi átlaghőmérséklet szoros lineáris kapcsolatának módszerünk szempontjából az a jelentősége, hogy emiatt a fégömbi átlaghőmérsékletekkel szembeni regressziós együtthatók implicite a kontinens-óceán kontraszt hatását is tartalmazzák. Ha ugyanis az Y regionális éghajlati elem a fégömbi átlagnak és a kontrasztnak a függvénye:

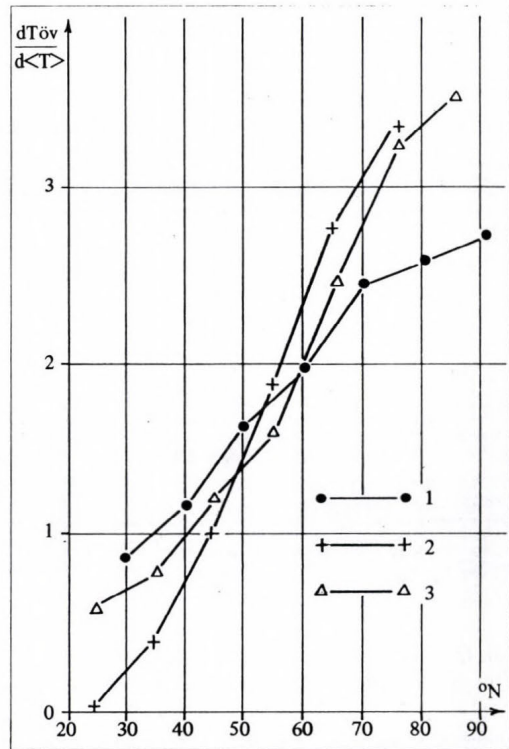
$$Y = Y(\langle T \rangle, \Delta T), \quad (8)$$

és az utóbbi változó az előbbitől nem független, akkor az Y -nak $\langle T \rangle$ szerinti megváltozására felírható

$$\frac{dY}{d\langle T \rangle} = \frac{\partial Y}{\partial \langle T \rangle} + \frac{\partial Y}{\partial \Delta T} \frac{d\Delta T}{d\langle T \rangle} \quad (9)$$

kifejezés második tagja általában nem zérus. A bal oldalon álló derivált ezért *csak akkor lehet érvényes* a tényleges melegedés esetére, ha a) a két félgömbi indikátor valódi kapcsolata megegyezik az éves menetből számítottal, vagy ha b) a ΔT kontrasztnak nincsen hatása a kérdéses meteorológiai elem helyi változására.

Az a) eset a tapasztalat szerint nem reális, minthogy a ΔT kontraszt, illetve a $\langle T \rangle$ hemiszférikus átlag lineáris trendjeinek hányadosa az elmúlt száz év legmeredekebb kontinentális (TC-szerinti) melegedésekor is csak 0,3 volt, szemben a 2. ábra szerinti 1,7-del. A b) feltétel bizonyos elemekre hazánk területén is teljesülhet, ám ezt független módszerekkel kellene vizsgálni. Ha e feltétel fennáll, az éves menetből számított deriváltak a tényleges változásra vonatkoztatása akkor is problematikus a sugárzási változások övezetes különbségei miatt (l. az 1. ábrához fűzött megjegyzést).



3. ábra:
A hőmérséklet szélességi övenkénti emelkedésének és a félgömbi átlagos melegedésnek a hányadosa az extratrópusi szélességeken.
1 – az éves menetből számítva;
2 – a Riss-Würm interglaciális kb. 2 fokos melegedése szerint
3 – a Pliocén optimum kb. négy fokos melegedése szerint
(Budyko és Izrael, 1987 adatai alapján)

E kérdés, vagyis az övezetes egyenletlenség torzító hatásának bemutatását a zonális átlaghőmérsékletek relatív érzékenységének elemzésével kezdjük. A 3. ábrán feltüntetettük a hőmérséklet övezetes átlagai és a félgömbi átlaghőmérséklet közötti kapcsolat lineáris együtthatóit 3 forrás, így elsőként Hanevszkaja, (1968) adataira támaszkodva (a 22 hónap-négyesből), továbbá a Riss-Würm interglaciális kb. 2 fokos, illetve a pliocén optimumhoz tartozó kb. négy fokos melegedéséhez rekonstruált övezetes, relatív megváltozások (Budyko és Izrael, 1987) alapján.

A három görbe ismeretében a következő megállapításokat tehetjük:

1. A relatív érzékenység a pólus felé monoton nő a földrajzi szélességgel. A növekedés meredeksége az éves menet szerint a legkisebb.

2. Az övezetes átlaghőmérséklet relatív érzékenysége a 47,5° N környezetében éppen az éves menet szerint a legmagasabb, (1,5 K/K, szemben a másik két görbe 1,1 – 1,3 K/K értékeivel).

Véleményünk szerint mindkét tapasztalat *összhangban van* az energetikai kénysernek az *I. ábrán* bemutatott nem egyenletes eloszlásával, amely erősebben „melegíti” a közepes szélességeket, mint a valódi klímaváltozás esetében. A csapadék és a napfénytartam vonatkozásában e sajátosságok minőségileg az alábbi *torzító következményekkel* járhatnak:

1. A valóságoshoz képest kevésbé meredek zonális érzékenységi profilból a zonális áramlás gyengülésének, vagyis a kontinentális *nedvesség-ellátottság romlási fokának alulbecslése* következik.

2. További tényező lehet a csapadékösszeg túlbecslésében az, hogy a ténylegesnél magasabb felszíni hőmérséklethez – az éves menet összefüggésében – *nagyobb labilitás* tartozik.

E két dinamikai jellemzőnek az 50. északi szélesség térségében jelentkező függését a félgömbi átlaghőmérséklettől, a *II. táblázat* második oszlopában foglaltuk össze, ugyan-

II. táblázat:

Az 500 hPa-os szinten számítható geosztrófikus szél (V_G^{500}), továbbá az 1000 és az 500 hPa, illetve az 500 és a 300 hPa közötti (virtuális) hőmérsékleti gradiens kapcsolata a félgömbi átlaghőmérséklettel, az éves menet szerinti számítás alapján, illetve négy általános cirkulációs modell (lásd a szövegben) átlagos viselkedése szerint

Y	Referencia \bar{Y}	Éves menetből $d\bar{Y}/d\langle T \rangle \pm 2\sigma$	Modellek átlaga $\Delta\bar{Y}/\Delta\langle T \rangle$
$V_G^{500} \text{ ms}^{-1}$	10,5	$-0,29 \pm 0,06$	-
$-\left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)_{1000}^{500} \text{ K m}^{-1}$	$6,7 \cdot 10^{-3}$	$(64 \pm 12) \cdot 10^{-6}$	$19 \cdot 10^{-6}$
$-\left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)_{500}^{300} \text{ K m}^{-1}$	$4,9 \cdot 10^{-3}$	$(77 \pm 13) \cdot 10^{-6}$	$51 \cdot 10^{-6}$

csak *Hanevszkaja* (1968) adataiból tovább számolva. A harmadik oszlop a vertikális labilitás változását négy általános cirkulációs modell- kísérlet (BMO, GISS, GFDL és NCAR; lásd bővebben a *IV táblázatban*) publikált ábráiból számszerűsíti átátámasztva, hogy az éves menetre támaszkodó módszer a vizsgált földrajzi szélességen valóban túlbecslíti a labilitást.

4. Szakirodalmi poleoklíma-rekonstrukciók és általános cirkulációs modell-kísérletek eredményeinek interpolálása

A *paleoklimatológiai rekonstrukció* több, a mainál pár fokkal melegebb időszakot ismer, amelyek azonban a csillagászai és a jégtakaró kiterjedésével kapcsolatos felszíni határfeltételek különbözősége miatt csak részben felelnek meg a közeli évtizedekben várható felmelegedés analógiáiként. További probléma, hogy a kormeghatározás pontatlansága

miatt a regionális átlagértékek csak valamilyen *egyensúlyi* klímaállapotra tekinthetők jellemzőnek. Ráadásul a regionális éghajlati jellemzők közvetett származtatása során keletkező hiba – különösen a maitól csak kevéssé különböző paleoklímákban – összemérhető magával a vizsgálandó különbséggel.

A vizsgálatokban Flohn (1977) nyomán leggyakrabban az 5,5 ezer évvel ezelőtti *Holocén interglaciális optimum*, a kb. 125 ezer év előtti *Riss-Würm* (más néven Eem, vagy Mikulin) *interglaciális optima* és a 3–4 millió éves *Pliocén optimum* szerepel. Az első a mainál kb. 1 K, a második kb. 2 K, a harmadik pedig kb. 4 K fokkal melegebb klímát reprezentál. A *rekonstrukciók* Magyarországra összesítő eredményeit a *III. táblázat* tartalmazza. A számok nagyobb részét a publikált térképek interpolálásával, kisebb hányadát magyarországi, vagy ehhez közel eső számszerű becslésből képeztük. A paleoklímák és a jelenlegi állapot egyszerű összehasonlítása – különösen a Holocén optimum esetében – jelentős hibaforrás lehet. Az összesen 10 szakirodalmi forrás bevonása e hiba szerepét is csökkenti.

A táblázatban nem szereplő források közül Kellogg (1977) és Butzer (1980) – a szakirodalomban korábban gyakran hivatkozott – térképeit azért nem vettük figyelembe, mert e kezdeti összesítések egybemossák a 4 és 8 ezer év közötti információkat. Ez lehet a magyarázata annak is, hogy a két térkép Európa nagy részén éppen ellentétes előjelű csapadék-anomáliát regisztrál. Pittock és Salinger (1982) rekonstrukciója 7 és 9 ezer évvel ezelőtre nyúlik vissza. Eredményeiket a maitól erősen eltérő csillagászati és jégkiterjedési határfeltételek miatt hagytuk figyelmen kívül. Ugyanez az oka a 9–10 ezer évvel ezelőtti klímákat reprodukáló általános cirkulációs modell-kísérletek teljes mellőzésének, és ezért nem támaszkodhatunk a 18 ezer évvel ezelőtti glaciális maximumra, mint ellentétes előjelű anti-analógra sem.

III. táblázat:

Három meleg paleo-klímához tartozó magyarországi értékek, különböző forrásokból származó térképekből interpolálva.

Források: a. Velicsko et al. (1982); b. Velicsko et al. (1983); c. Horynszkij és Szavina (1985); d. Borzenkova és Zubakov (1983); e. SZU-USA (1982); f. Budükö és Izrael (1987); g. Kordos (1979); h. Pécsi (1977); i. Különböző szerzők, lásd Kordos (1979) és j. Huntley és Prentice (1988)

	Holocén optimum		Riss-Würm interglaciális		Pliocén optimum	
<T>	+1 K		+2 K		+4 K	
	Január	Július	Január	Július	Január	Július
Hőmérséklet (K)	--- 1 ^d --- 2 ^c	1 ^c 1 ^f 2 ^j	2 ^b	1 ^b 2,5 ^g 2,5 ^f 3 ^a	7 ⁱ 6 ^c 4 ^f	2 ⁱ 3 ^c 2 ^f
Átlag	2	1	3	1,7	5,7	2,3
	Évi összeg		Évi összeg		Évi összeg	
Csapadék (mm/év)	-20 ^c -100 ^d -50 ^f			^b 0 ^a 0 ^f ^h	^e +150 ^f +500 ⁱ	
Átlag	-60		(+)		++	

A *III. táblázatban* szereplő adatokból – a számszerű eltérések ellenére – három következtetés levonható. Az *első* az, hogy a nagyobb globális melegedéshez nagyobb ma-

magyarországi melegedés tartozik – ha nem is szigorú lineáris szabály szerint. A *második*, hogy ezen belül a téli változás általában kétszerese a nyárinak. A *harmadik* következtetés szerint az évi csapadékösszeg a két fokos melegedés közelében már eléri, vagy meghaladja a mai értékeket. Ez az átfordulás összecseng az éves meneten alapuló becslésünkkel. A *fordulópont helyének és az átmenet meredekségének pontosítása* ugyanakkor további vizsgálatokat igényel.

A *standard másodfokú prognózisok* (pl. ugrásszerű CO₂ duplázódás) *területi eloszlásának tanulmányozása* ugyancsak alkalmas lehet a több fokos egyensúlyi klímaváltozás regionális sajátosságainak megállapítására. Az egyensúlyi jelleg és a tényleges, fokozatos változás közötti különbség azonban ez esetben is korlátja a kapcsolatok extrapolálhatóságának. További hibaforrás a modellek korlátozott térbeli felbontása és nem tökéletes fizikai felépítése. A modellek ugyanis több részmegoldásban elmaradnak a légköri dinamika kezelésének magas színvonalától.

IV. táblázat:

Egyensúlyi modell-válaszok Magyarország területére 7 szén-dioxid duplázódási kísérletben (Schlesinger és Mitchell, 1985; Wilson és Mitchell, 1987, illetve Mitchell et al., 1990 nyomán). UKMO – British Meteorological Office, Bracknell, Nagy-Britannia; UKHI – ugyanaz, nagyobb térbeli felbontással; GISS – Goddard Institute for Space Studies, New York, USA; GFDL – Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, Princeton, USA; GFHI – ugyanaz, nagyobb térbeli felbontással; NCAR – National Center for Atmospheric Research, Boulder, USA; CCC – Canadian Climate Center, Downsview, Canada

	UKMO	UKHI	GISS	GFDL	GFHI	NCAR	CCC
	Nyár (június-augusztus)						
Hőmérséklet (K)	+6	+4	+3	+5	+5	+2	+4
Csapadék (mm nap⁻¹)	+ (0)	- (0)	+ (0)	- (0)	0	+1	-0,5
Talajnedvesség (cm)	-1	-1	+1,5	-1	-0,5	+ (0)	-2
	Tél (december-február)						
Hőmérséklet (K)	+8	+6	+5	+6	+5	+7	+3
Csapadék (mm nap⁻¹)	+0,5	+ (0)	+ (0)	+ (0)	+0,5	+1	+0,5
Talajnedvesség (cm)	+2	+1	+2	0	+2	+2	+1
	Globális melegedés						
Évi átlag (K)	5,2	3,5	4,2	4,0	4,0	3,5	3,5

Mivel a modellek folyamatosan tökéletesednek, a *IV. táblázat*ban csak az általunk ismert legutolsó változatokkal publikált eredményeket foglaltuk össze. (E változatokban a felhőzet már a modell belső változójaként igazodik a többi állapotjelzőhöz.) A feldolgozott hét kísérletben a *globális egyensúlyi melegedés 3,5 és 5,2 K fok közé* esett.

A publikált térképekből származtatott adatokból kitűnik, hogy amíg a *téli* magyarországi sajátosságok jól egybeesnek (jelentős melegedés, növekvő csapadék és talajnedvesség), addig a *nyári* kép nem ilyen egyértelmű. Az egymástól csupán 50 %-kal eltérő globális melegedésekkel szemben a magyarországi *hőmérsékletek* eltérése háromszoros. A *csapadék*, és még inkább a *talajnedvesség megváltozásának pedig az előjele sem egyezik a különböző modellekben! Annyi azért megállapítható, hogy a magyarországi nyári félévi klímának a melegedés kezdetéhez tartozó szárazabbá válása további néhány fokos globális felmelegedés esetén megszűnik.* (Évi átlagban ez már két fok körül valószínű; vö. a *III. táblázat*al.) A

felhőzet vonatkozásában Hansen et al., (1984) modellje szerint a 4,2 K globális melegedéshez megközelítően a mai felhőborítottság felel meg.

E becslések mind *egyensúlyi jellegűek*, aminek van előnyös és hátrányos vonatkozása. *Előnyös*, hogy az ilyen változásokra valószínűleg teljesül a hasonlósági hipotézis (vagyis a globális melegedés okaitól való függetlenség, – lásd a 2. pontban). *Hátrányos* viszont, hogy a fokozatos melegedés regionális sajátosságai – az éghajlati rendszer egyes komponenseinek eltérő ütemű melegedése és a cirkuláció ezzel kapcsolatos, további módosulása miatt – eltérhetnek az egyensúlyi képtől.

Az általános cirkulációs modelleken alapuló, regionális scenáriók terén új fejlemény a *tranzien্স kísérletek* megjelenése. Az üvegház-hatás erősödésének időbeli és térbeli lefutását elsőként Hansen et al., (1988) vizsgálta, a légkört úgynevezett *termodinamikai óceánnal* határoló modellben. A fokozatos melegedés problémáját az *óceán teljes hidrodinamikai* modelljére támaszkodva vizsgáló szimulációra ez idő szerint a GFDL (Princeton, USA), illetve az NCAR (Boulder, USA) kutatói vállalkoztak (Stouffer et al., 1989; Washington és Meehl, 1989). Az előbbi publikáció csupán a 2 K globális melegedéshez (a 61–70. modell-évek átlaga) tartozó évi átlagos változások területi eloszlásáról számol be, míg a második közli a 26–30. évekhez tartozó 0,7 K fokos melegedés részletes térképeit. Mivel azonban a kapcsolt óceán-légkör modellek belső szórása – gerjesztés nélkül, állandó külső feltételekkel is – több tized fok (a GFDL modellé 20 évi átlagokra is 0,2 K hazánk térségében – Bretherton et al., 1990), továbbá egyes térségek anomáliájában különös viselkedést mutat (például 6 K hűlés az Atlanti-óceán északi részén télen), e kis melegedés területi sajátosságainak modell-mezői ma még nagyon bizonytalanok és esetlegesek. A nagy változásokig elmenő, eddig *egyetlen nem-egyensúlyi kísérletben* (Stouffer et al., 1989) a lokális relatív érzékenység évi átlagban kb. 1,1 – 1,2, amint ez Bretherton et al., (1990) 6,4, illetve 6,5 ábráiból kiszámítható. Egyensúlyi modell-válaszként ez az érték 1,24 (ti. a téli és nyári változások átlagaként) vagyis eszerint az évi átlagban az egyensúlyi, illetve a tranzien্স érzékenység alig különbözik.

5. Következtetések

Az eddigiekben, valamint a korábban (Mika, 1988) bemutatott kapcsolatokat az alábbiakban foglalhatjuk össze (V. táblázat)

V. táblázat:

A magyarországi hőmérséklet évszakos, illetve a csapadék évi átlagos, egyensúlyi jellemzőinek összefoglalása a félgömbi átlaghőmérséklet emelkedése esetén. Relatív változások: a változás és a hőmérséklet-emelkedés hányadosa, a mai értékhez képest

Félgömbi változás	Hőmérséklet (K/K)		Csapadék (mm/K) évi összeg
	nyár	tél	
0,5 K	1,5	–	–60 (± 20)
1 K	0,8	1–2,5	–60 (± 40)
2 K	0,8	1,5	nem negatív
4 K	0,6 – 0,9	1,5	+10 – 100

A *nyári/nyári félévi* magyarországi, illetve északi félgömbi hőmérséklet-változások aránya a kezdeti, 1-et meghaladó értékről elég hamar 0,6 és 0,9 közé esik vissza. A *téli/téli félévi hőmérséklet* kezdetben nem mutat kapcsolatot a félgömbi átlaggal, majd körülbelül egy fokos hemiszférikus melegedés után kb. 1,5-szeres relatív értékben stabilizálódik, tartósan felülmúlva ezáltal a nyári melegedés mértékét. Az *évi csapadékösszeg* a fél és az egy

fokos félgömbi melegedés tíz százalék körüli csökkenést mutat, ami főleg a nyári félévben realizálódik, bizonyos téli kompenzációval. A csökkenő tendencia kb. 2 fok körül megfordul, és kb. 4 fokonál évi átlagban már nagy pozitív csapadék-többlet valószínűsíthető. A *nyári csapadék*, és a termikus tényezők hatására, még inkább a *talaj nedvességtartalma* azonban csak ennél nagyobb melegedésre válik kedvezőbbé. A *napfénytartam* kezdeti, *nyári félévi* növekedése (Mika, 1988) a regionális modellszámítások (Mika et al., 1991), illetve az éves menetet támaszkodó módszer (2. pont) eredményei szerint legalább a +2 K fokos melegedésig fennmarad.

Hazánk jövőbeli éghajlatának megfelelő jelenkori *területi analógok* is kijelölhetők a környezeti és gazdasági hatások elemzéséhez. A két szélső hónap hőmérséklete, illetve az évi csapadékösszeg alapján erre a következő (reprezentáns állomásaikkal jellemzett) területek jönnek számításba, Péczeley, (1984) adatai alapján:

°C	Jelenkori területi analógok
0,5	Országhatáron belüli különbségek, Bácska-Bánát, Zsil völgye;
1	Várna, Plovdiv;
2	Burgasz, Jalta;
3	Bologna;
4	Firenze, (Washington).

A globális melegedés erősödésével tehát *kezdetben* az analóg területek *tőlük délkeletre esnek*, majd körülbelül *két fok után* egyre *nyugatabbi területek* jönnek számításba. E felsorolás bővíthet, ha kisebb – reprezentatív, hosszú sorozatú állomással nem rendelkező – térségeket is figyelembe veszünk. Az időbeli bontás finomításával, illetve más elemeket is bevonva, ugyanakkor *az analóg térségek száma csökkenhet*, sőt lehetséges, hogy egy-egy globális változáshoz nem is találunk minden északra és meteorológiai elemre nézve megfelelő analógiát.

IRODALOM

- Borzenkova, I. I. and Zubakov, V. A., 1983: The late-atlantic climatic optimum of the Holocene as a model of global climate of the early 21-st century. *US/USSR Meeting of Experts Leningrad*
- Bretherton, F., Bryan K. and Woods, J. D., 1990: Time-dependent greenhouse-gas-induced climate change. In: *IPCC WG-I Report, WMO-UNEP*, 175–194.
- Bryan, K., Komro, F. G., Manabe, S. and Spelman, M. J., 1982: Transient climate response to increasing atmospheric carbon dioxide. *Science* 215, 56–58.
- Budyko, M. I. and Izrael, Ju. A. (red.), 1987: *Antropogennüje izmenenyija klimata*. Gidromet. Izd., Leningrad, 404 o.
- Butzer, K. W., 1980: Adaptation to global environmental change. *Professional Geographer* 32, 269–278.
- Flohn, H., 1977: Climate and energy: a scenario to a 21-st century problem. *Climatic Change* 1, 5–20.
- Folland, C. K., Parker, D. E. and Kates, F. E., 1984: Worldwide marine temperature fluctuations 1856–1981. *Nature* 310, 670–673.
- Golitsyn, G. S., 1984: Almost empirical approaches to the problem of climate, its variations and fluctuations. *Adv. Geophys.* 25, 85–115.
- Hanevszkaja, I. V., 1968: *Temperaturnüj rezsim szvobodnoj atmosferü nad szvervünüm polusarijem*. Gidrometeoizdat, Leningrad

- Hansen, J., Lacis, A., Rind, D., Russel, G., Stone, P., Fung, I., Ruedy, R. and Lerner, J., 1984: Climate sensitivity: analysis of feedback mechanisms. In: *Climate Processes and Climate Sensitivity. Geophys. Monograph 29*, 130–163.
- Hansen, J., Fung, I., Lacis, A., Rind, D., Lebedeff, S., Ruedy, R. and Russel, G., 1988: Global climate changes as forecast by Goddard Institute for Space Sciences three dimensional model. *J. Geophys. Res. D93*, 9341–9364.
- Hotyinszkij, N. A. and Szavina, Sz. Sz., 1985: Paleoklimaticuszkije szhemü teritorii SzSzsZR v borealnom, atlanticszeszkom i szubborealnom periodah holocena. *Izv. AN SzSzsZR, Szer. Geograf.*, 4, 18–34.
- Huntley, B. and Prentice, I. C., 1986: Pollen data and climate estimates for 6000 and 9000 yr B. P. from Europe. In: *Global climates 6000 and 9000 yr B. P.* (COHRAM Members ed.), Univ. Minnesota Press
- Jones, P. D. and Kelly, P. M., 1983: The spatial and temporal characteristics of Northern Hemisphere surface air temperature variations *J. Climatology* 3, 243–252.
- Kellogg, W. W., 1977: Effects of human activities on climate. *WMO TECHNICAL Note 156*, WMO No. 486, Geneva
- Kordos L., 1979: A magyarországi paleoklimatológiai kutatások módszerei és eredményei. *OMSZ Hiv. Kiadv.*, L. 168 o.
- Manabe, S. and Wetherald, R. T., 1980: On the distribution of climate change resulting from an increase in CO₂ content of the atmosphere *J. Atmos. Sci.* 37, 99–118.
- Mika J., 1987: A meteorológiai elemek éves menetének felhasználása a globális klímaváltozások regionális sajátosságainak becslésére. *Időjárás* 91, 34–42.
- Mika J., 1988: A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpát-medencében. *Időjárás* 92, 178–189.
- Mika J. és Pálvölgyi T., 1990: A légkör üvegház-hatása és az éghajlat. II. Változások a Kárpát-medencében. *Környezet és Fejődés* 1. 53–57.
- Mika J., Kovács E., Németh P. and Rimóczi-Pál A., 1991: Parametrization for regional energy balance climate modelling over Hungary. *Advances in Space Research* 11, 101–104.
- Mitchell, J. F. B., Manabe, S., Tokioka, T. and Meleshko, V., 1990: Equilibrium climate change. In: *IPCC WG-1 Report. WMO-UNEP*, 139–174.
- Pécsi M., 1977: A hazai és európai löszképződmények paleogeográfiai kutatása és összehasonlítása. *Geonómia és Bányászat* 10, 183–221.
- Péczely Gy., 1984: *A Föld éghajlata*. Tankönyvkiadó, Budapest
- Pitcock, A. B. and Salinger, J. M., 1982: Towards regional scenarios for a CO₂-warmed Earth. *Climatic Change* 4, 23–40.
- Ramanathan, V., Singh, H. B., Cicerone, R. J. and Kiehl, J. T., 1985: Trace gas trends and their potential role in climate change. *J. Geophys. Res.* 90, 5547–5566.
- Shlesinger, M. E. and Mitchell, J. F. B., 1985: Model projections of the equilibrium climatic response to increased carbon dioxide. In: *The Potential Climatic Effects of Increasing Carbon Dioxide* US Dept. Of Energy., Washington, 81–148.
- Schneider, S. H. and Thompson, S. L., 1981: Atmospheric CO₂ and climate: Importance of the transient response. *J. Geophys. Res.* C86, 3135–3147.
- Schneider, S. H., 1984: On the empirical verification of model-predicted CO₂-induced climatic effects. In: *Climate processes and Climate Sensitivity. Geophys. Monograph 29*.
- Spelman, M. J. and Manabe, S., 1984: Influence of oceanic heat transport upon sensitivity of a model climate. *J. Geophys Res.* C89, 571–586.
- Stephens, G. L., Campbell, G. G. and Vonder Haar, T. H., 1981: Earth radiation budgets. *J. Geophys. Res.* C86, 9739–9760.
- Stouffer, R. J. Manabe, S. and Bryan, K., 1989: Inter-hemispheric asymmetry in climate response to a gradual increase of atmospheric carbon-dioxide. *Nature*, 342, 660–662.
- SZU-USA, 1982: Vlijanyije uvelicsenija kolicsesztva uglekiszlago gaza v atmosferc na klimat. *Mat. Szovetszko- amerikanszkogo szovescs.* 1981, Gidrometizdat, Leningrad

- Thompson, S. L. and Schneider, S. H., 1982: Carbon dioxide and climate: the importance of realistic geography in estimating the transient temperature response. *Science* 217, 1031–1033.
- Velicsko, A. A., Gricsuk, V. P., Gurtovaja, E. E., Zelikszone, E. M. és Boriszova, O. K., 1982: Paleoklimaticeszközök rekonstrukciója a legújabb optimuma mikulinszkó mezőnyek számára a területen Európában. *Izv. An SzSzsR Szer. Geograf.*, 1, 15–27.
- Velicsko, A. A., Gricsuk, V. P., Gurtovaja, E. E. és Zelikszone, E. M., 1983: Paleoklimat területi SzSzsR v optimum poszlednyego (mikulinszkó) mezőnyek számára. *Izv. An SzSzsR Szer. Geograf.*, 6, 30–45.
- Vinnikov, K. Ja. és Grojszman, P. Ja., 1979: Empiricsezskaja model szovremennüh izmenenyij klimata. *Meteor. i Gidrol.*, 3, 30–43.
- Washington, W. M. and Meehl, G. A., 1989: Climate sensitivity due to increased CO₂: Experiments with a coupled atmosphere and ocean general circulation model. *Climate Dynamics* 4, 1–38.
- Wigley, T. J. L., Jones, P. D. and Kelly, P. M., 1985: Empirical climate studies. Warm scenarios and the detection of a CO₂-induced climatic change. In: *An Assessment of the Role of Carbon Dioxide and Other Radiatively Active Constituents in Climate Variations and Associated Impact*. Chapter 6.
- Wilson, C. and Mitchell, J. F., 1987: A doubled CO₂ climate sensitivity experiment with a global climate model including a simple ocean. *J. Geophys Res.* 92, 13315–13343.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 95. évf. 6. szám, 1991. november – december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 95 No. 6 November – December 1991

Hemiszférikus éghajlati adatbázis létrehozása a fluktuációk vizsgálatára

Bartholy Judit

Központi Meteorológiai Intézet, H-1525 Budapest, Pf. 38

Bottyán Zsolt

József Attila Tudományegyetem, H-6720 Szeged, Egyetem utca 2.

Ihász István

Központi Előrejelző Intézet, H-1675 Budapest, Pf. 32

Pálvölgyi Tamás és Práger Tamás

Központi Légkörfizikai Intézet, H-1675 Budapest, Pf. 39

A tanulmány célja az – évtizedes időskálán fellépő – éghajlati fluktuációk térbeni eloszlását és időbeni lefolyását nyomonkövető módszer létrehozása volt. A dolgozat első részében röviden ismertetjük néhány hemiszférikus havi átlagos mező (700 hPa geopotenciál, SST, hó- és jégborítottság) hosszú idősorait, majd a második részben bemutatjuk a különböző mezőket egységes adatbázissá rendező interpolációs módszert. Végül bemutatjuk a távkapcsolatok és fluktuációs jelenségek megjelenítésére kifejlesztett számítógépes grafikus programot.

*

Compilation of a hemispherical data base for the investigation of climatic fluctuations. The aim of this study is to construct a method which is suitable for investigation of spatial distribution and life cycle of climatic fluctuations arising on decadal time scale. In the first part of present article the long series of some selected hemispherical monthly mean fields (700 hPa geopotential height, SST and snow/ice coverage) are briefly described. In the second part we show an interpolation method which forms an integrated data base from the series of fields mentioned above. Finally, the developed visualisation software for the graphical interpretation of fluctuations and teleconnections is described.

1. Bevezetés

Az éghajlat múltbeli ingadozása, illetőleg esetleges jövőbeni megváltozása napjaink egyik legidőszerűbb tudományos kérdése. Széles szakmai körökben elfogadott vélekedés, hogy az éghajlat természetes állapota a változékonyság (*MacCracken*, 1986); e térben és időben egyaránt jellemző sajátosság alakítja ki a tundráktól a trópusokig terjedő, glaciálisokban és interglaciálisokban testet öltő sokszínű éghajlati képet. Az éghajlati változékonyság egyik forrása az úgynevezett *kényszerített változékonyság*. Itt a légkör kémiai összetételében, a szoláris aktivitás mértékében, illetve a Föld pályaelemeiben, mint külsőnek tekinthető kényszerfeltételekben bekövetkező ingadozások és trendek okozzák az éghajlati rendszer egyensúlyi állapotának a megváltozását. A változékonyság másik formája a kölcsönhatások szerkezetében keresendő: mind több jel mutat arra, hogy környezetünk olyan dinamikai rendszert alkot, amelynek viselkedése még a külső feltételek állandósága mellett

is kaotikus (vagy ahhoz hasonló) jelleget mutat (Lorenz, 1979). Bár az éghajlati karakterisztikák megfigyelt változékonysága természetesen az autonom instabilitás és a kényszerített változékonyság együttes és egyidejű hatását tükrözi, jó okunk van feltételezni, hogy az elmúlt 30–100 évben az éghajlat kényszerített megváltozása még olyan csekély mértékű volt (ICSU/UNEP/WMO, 1986), hogy a tapasztalt (az átlagok körüli fluktuációban tetestől) változékonyságért elsősorban az éghajlati rendszer instabilitása felelős.

Alapvető célkitűzésünk, a fent vázolt *éghajlati fluktuációk* térbeli eloszlásának, időbeni lefutásának, illetőleg távkapcsolatszerű egyidejű vagy időben retardált fellépésének feltérképezése. Az így szerzett ismeretanyag alkalmazása kettős célt követ: egyrészt a hazai fejlesztésű, illetőleg adaptációjú éghajlatmodell-park (Práger és Kovács, 1988; Pálvölgyi, 1990; Várnai, 1989) további tesztelésére szolgál, másrészt a visszacsatolási hatásmechanizmusok feltárásával elmélyítheti az éghajlati rendszer működéséről kialakított ismereteinket. Az éghajlati fluktuációk vizsgálatára a következő fejezetben felsorolt északi-félgömbi havi átlagos mezők több évtizedes sorozatait választottuk, alkalmazott módszerünk pedig e mezők külön-külön és együttes analízisére támaszkodik. A kítűzött feladatot több lépcsőben valósítjuk meg: jelen munkában az éghajlati mezők hurokfilm-szerű megjelenítését, a távkapcsolatok vizuális azonosítását megkönnyítő szoftverrendszert ismertetjük, míg az ily módon feltárt fluktuációs patternek és távkapcsolatok matematikai azonosításáról a későbbiekben számolunk be.

2. Az alapadatbázisok

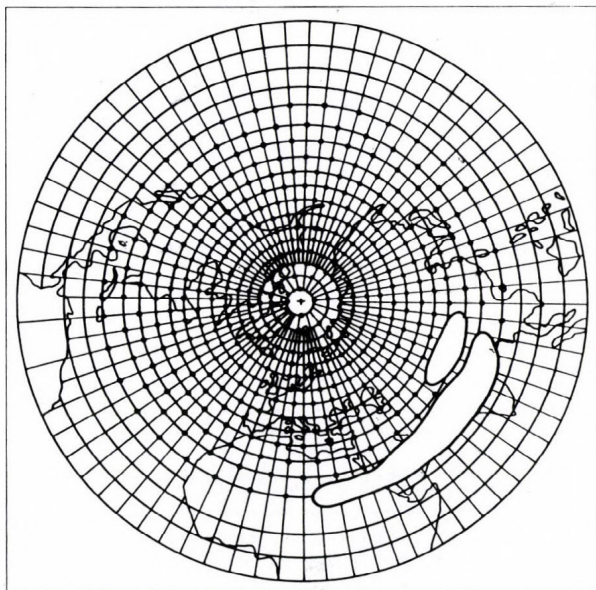
Az alapadatbázisok létrehozása során olyan állapotjelzőket választottunk vizsgálatainkhoz, melyekről feltételezhető, hogy az éghajlati fluktuációk kialakulásánál, detektálásánál és elemzésénél jelentős szerepet játszhatnak. Ugyanakkor nem tekinthettünk el annak megkövetelésétől sem, hogy adatbázisaink megbízható eredetű, az Északi-félgömböt megfelelő sűrűségben és mértékben lefedő, illetve elég hosszú időszakra vonatkozó összetevőkből álljanak. Az alább ismertetésre kerülő – három paraméterből álló – éghajlati adatbázis természetesen korántsem tekinthető teljesnek, lehetőségeinknek megfelelően bővíteni kívánjuk. Lényegesnek tartjuk az egységes éghajlati adatbázis kiinduló adatsorainak pontos ismertetését, hiszen csak ezek eredetének, sűrűségének, adathiányainak, adatpótló technikáinak ismeretében mérhetjük fel vizsgálataink eredményeinek valódi értékét.

2.1. A hemiszférikus 700 hPa-os magassági mezők vizuális megjelenítéséhez használt adatbázis leírása

Az eredeti rádiószondás adatokat feldolgozó hemiszférikus vizsgálatok előnye a rácspontokra interpolált hálókkal szemben az adatok pontossága, hátránya viszont az állomáshálózat egyenlőtlen eloszlása, valamint, hogy az óceánok felett és az alacsony szélességeken nincsenek észlelések. Az optimális megoldás tehát egy olyan rácsponthálózat lenne, amelyben a hiányos területek adatait egyéb adatok, esetleg előrejelzési módszerek felhasználásával pótolnák és így a hiányok egy része, valamint a durva interpolációból eredő pontatlanságok kiküszöbölhetőek lennének. Erre tették kísérletet az amerikai National Meteorological Centerben (NMC, Washington, D. C.), mikor a rendelkezésre álló műholdadatok és a légi-erő által gyűjtött észlelési adatok mellett egy numerikus előrejelzési modellt is alkalmaztak a hiányzó rádiószondás adatok becsléséhez.

Az alkalmazott hálón diagonálisan elhelyezkedő rácsponthálózatok a földrajzi szélességi körök szerint 5 fokként, a hosszúsági körök szerint 10 fokként helyezkednek el. A hálózat szabályos rendszerben lefedi a 15° és a 90° északi-szélességi körök közötti térséget. Hogy a rácsponthálózat értékei mindegyike megközelítőleg ugyanakkora területet reprezentáljon, a magas szélességi körökön ritkítottuk a hálót, valamint a Himalája, India és az Arab-félsziget vidékéről az állandó adathiányos 20 rácsponthálót elhagytuk (Barnston és Livezey, 1985).

Az így kapott 358 pontos hemiszférikus rácshálózatot az 1. ábrán mutatjuk be. A 700 hPa-os napi geopotenciál mezőkből átlagolással havi átlagmezőket állítottunk elő. Az idősor hossza: 1950. július – 1985. június. A napi geopotenciál-mezők közül néhányegy-



1. ábra:
A hemiszférikus 700 hPa-os havi
átlagos geopotenciál mezők rácsháló-
zata. (Diagonális rács: 358 rácspont,
a szélességi körökön 5°-os,
a hosszúsági körökön 10°-os)

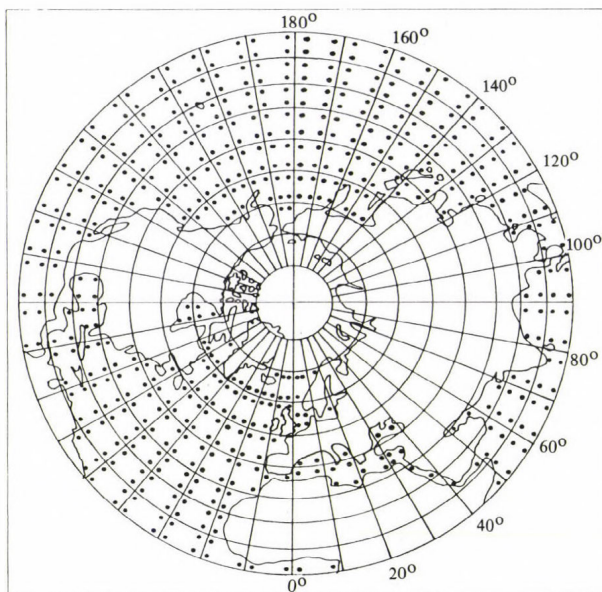
izolált mező hiányzott (94,8 %-os volt az értékes adatok aránya), de a havi átlagolás során ezek eltűntek, így a 35 éves havi hemiszférikus adatsorban nincs adathiány (Bartholy, 1988, 1990).

2.2. A hemiszférikus tengerfelszín hőmérsékleti (SST) mezők vizuális megjelenítéséhez használt adatbázis leírása

A tengerfelszín hőmérséklet (SST) hemiszférikus havonkénti adatai egy 5x5 fokos földrajzi rácshálózat pontjaiban állnak rendelkezésre az 1854–1987 közötti időszakban, amelyet az angol meteorológiai szolgálat bocsátott rendelkezésünkre (a rácshálózatot a 2 ábrán mutatjuk be). Az eredeti angol adatbázist a tengeri hajók mérési adataiból, egy „szelektált” havi összegzéssel állították elő. Az eljárás során egy sűrű ráccsal fedték le a térséget és az időben és térben nagyon szabálytalanul jelentkező mérési adatokat havonta a rácsnégyzetekre átlagolták. A középérték meghatározásánál nem vették figyelembe azokat a mérési adatokat, melyek a klimatológiai átlagtól a szórás 3,5-szeresénél jobban tértek el (Hamilton, 1988).

Az 1. táblázatban a rendelkezésre álló értékes adatok mennyiségét tüntettük fel az idő függvényében. Ezzel az interpolációs eljárással – valamint figyelembe véve, hogy a tengeri hajók útvonalai nem egyenletesen hálózják be az óceánokat – semmiképpen sem várhatunk teljes adatfedettséget. Jól látszik a táblázatból, hogy a vizsgált három dekádban (1. dekád: 1951–1960; 2. dekád: 1961–1970; 3. dekád: 1971–1980) az értékes adatok aránya – kismértékben ugyan –, de egyenletesen javult. Az évszakok között e tekintetben nem mutatható ki szignifikáns különbség.

A másik két vizsgált meteorológiai elemmel összhangban az 1951. január és az 1985. december közötti időszakban végeztük el az SST mezők interpolációját a következő szakaszban bemutatásra kerülő 26x26 pontból álló derékszögű rácshálózatra.



2. ábra:
Havi átlagos tengerfelszín
hőmérsékleti mezők rácshálózata.
(Négyzetes rác: Északi-hemiszféra,
a szélességi és a hosszúsági körökön
5°-os rács távolság)

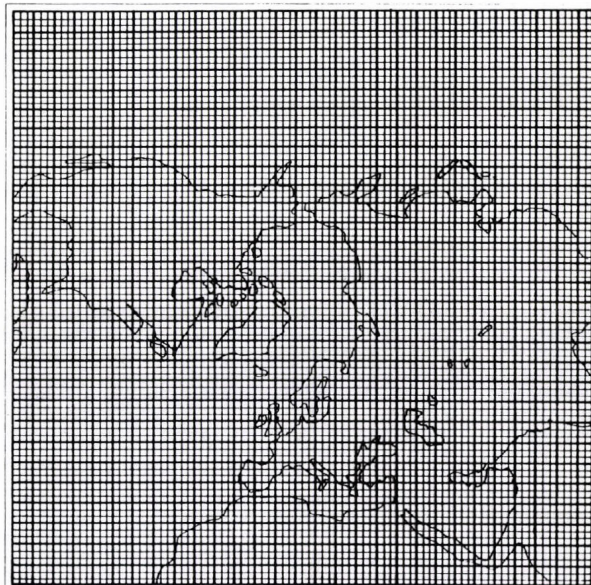
I. táblázat:

Az SST idősor értékes adatainak megoszlása dekádonként és évszakonként %-ban (1951–1980-as időszak)

Adatsor	Évszakok			
	tél (január)	tavaszi (április)	nyár (július)	ősz (október)
	1. dekád 1951–1960			
Hiánytalan	38	38	39	39
Részben hiányos	15	16	17	17
Értékes adat nélküli	47	46	44	44
	2. dekád 1961–1970			
Hiánytalan	36	37	37	37
Részben hiányos	19	19	19	20
Értékes adat nélküli	45	44	44	43
	3. dekád 1971–1980			
Hiánytalan	37	37	37	40
Részben hiányos	19	19	19	16
Értékes adat nélküli	44	44	44	44

2.3. A hemiszférikus jég- és hófedettségi mezők vizuális megjelenítéséhez használt adatbázis leírása

Az amerikai NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) Állami Műhold Szolgálata (National Environmental Satellite Service – NESS) 1966. novembere óta veszi és hetente, illetve havonta archiválja az Északi-félgömb jég- és hófedettségi viszonyait (Dewey és Heim, 1981). Ezeket az 1:50 000 000 kicsinyítési arányú sztereografikus projekcióval készült, 89x89-es rácshálózattal lefedett térképeken, binárisan kódolt formában tárolták (alaptérkép a rácshálózattal: 3. ábra).



3. ábra:
Hemiszférikus havi jég- és hófedettségi mezők rácshálózata.
(Rácshálózat: két variációban;
a) 89 x 89-es rács, bináris kódok,
b) 30 x 30-as rács, kumulatív kódok)

A 89 x 89-es adatmátrix lényegében az egész Északi-hemiszférát lefedi, kivéve a trópusok egy kis részét, mely azonban hófedettség szempontjából nem jelent információvesztést. Azok az elemi rácsterületek lettek fedettnek kódolva (1-es kód = hóval vagy jéggel fedett; 0 kód = nem fedett), amelyeknek legalább 50 %-át borította hó vagy jég a műholdfelvételeken. Az adatbázis archiválása során a földfelszíni megfigyelések adataival folyamatosan pótolták a zárt lombkoronájú erdők, illetve a tartós felhőfedettség által előidézett adathiányokat.

a) A mikrofilmen 1986-ban kapott havi hemiszférikus hófedettségi mezőket tartalmazó állomány komplett számítógépes adathordozóra vitelére nem vállalkozhattunk. Akkor egy ritkább hálót alkalmazva, 3 x 3 rácspontot összefogva, kumulatív kódolással, a lefotózott és kinagyított mezőket fóliával leolvastuk. Így 30 x 30-as hemiszférikus rácshálózattal jellemeztünk egy-egy hó- és jégfedettségi mezőt. (Az 1987-ben zajló leolvasáshoz a Központi Meteorológiai Intézet Módszertani Csoportja és a Központi Előrejelző Intézet Hosszútávú Előrejelző Csoportja nyújtott segítséget, mint a generált állomány potenciális felhasználói.) A kumulatív kódolás eredményeként kapott 30 x 30-as hemiszférikus rács területeihez a 0–9 kódértékeket rendeltük hozzá. Az értelmezés szerint a 0 érték azt jelenti, hogy a 9 terület egyikén sincs hó vagy jég; a 9 érték azt, hogy mindegyikén van. A leolvasott mezőadatokat lyukkártyára vittük, majd az OMSZ Számítóközpont BASF gépén végeztük el a generált mágneslemez állomány tesztelését (Bartholy, 1989).

b) A mágnesszalagon 1990 nyarán kapott hemiszférikus hófedettségű állomány a heti és havi hemiszférikus hó- és jégfedettségű mezőket tartalmazza az 1966. november – 1988. december időszakra. Az állomány formátuma és részlegesen a tartalma is 1981. január elejével – az alábbiakban leírt módon – változik meg:

- az 1981–1988 időszakban csak az Északi-félgömb kontinentális hófedettségű adatait tartalmazza; (a tengeri jégadatokat hiányoznak);
- a beolvasott mezőadatokat tartalmazó 89x89-es adatmátrixot a főátlóra tükrözve és az óramutató járásával ellentétes irányban 90°-kal elforgatva kapjuk a korábban alkalmazott formátumot.

Az egységessé transzformált 22 éves adatállományt összevetettük az 1986-ban kapott mikrofilmes adatokkal. Az átfedő időszakban eltérést közöttük nem tapasztaltunk. Az új állomány előnyeit a következőkben foglalhatjuk össze: 1. 89x89-es finomabb felbontású rácshálózat; 2. 5 évvel hosszabb az idősor; 3. a havi mezők mellett a heti adatokat is tartalmazza az adatállomány. A spline módszerhez a 89x89-es binárisan kódolt mezőket és a 30x30-as kumulatív kódolású mezőket is elkészítettük. A fent leírt jégadathiányt kivéve az adatállomány teljes és ellenőrzött.

3. A vizuális megjelenítés módszere

Az adatbázisok fenti részletes ismertetéseiből bizonyára kitűnt, hogy az alapadatok különböző sűrűséggel, eltérő ráctípuson és térképvetületen álltak rendelkezésre. Ezek egységesítése egy éghajlati adatbázis alapkritériuma. E szakaszban elsőként az optimálisnak tekinthető közös rács és vetület kiválasztásának szempontjait ismertetjük. Ezután kerül sor az egységes rácsra való interpolációt végző biharmonikus spline módszer leírására. Végül a hurokfilmszerű megjelenítést realizáló számítógépes eljárás kerül bemutatásra, mely a mezőegyüttesek vizuális dinamikus analízisét teszi lehetővé.

3.1. Az egységes térképvetület kiválasztása

Azt a célt szem előtt tartva, hogy a fent bemutatott meteorológiai mezőket egységes formában kívánjuk megjeleníteni és analizálni, kiválasztottuk a feladathoz optimális térképvetületet és erre transzformáltuk a különböző állapotjelzőket. A térképvetület kiválasztásánál az alábbi szempontokat vettük figyelembe.

a) Mivel vizsgálatunk tárgya a teljes Északi-félgömb, ezért a terület leképezése folytonos kell hogy legyen, így hengervetületet nem lenne célszerű alkalmazni.

b) A poláris vetületek közül a legelterjedtebb a sztereografikus vetület; ennek hátránya, hogy nem területtartó és így a pólus környezetében, illetve az alacsony szélességeken jelentős torzulások keletkeznek.

A fenti indokok alapján a *Lambert-féle szimutális területtartó térképvetületet* választottuk, mely a területtartó projekciók közül a legjobb szögtartó tulajdonságokkal rendelkezik.

Az Északi-félgömböt lefedő Lambert-féle térképvetületen egy négyzet alakú (derékszögű), 26x26 pontból álló rácshálózatot jelöltünk ki, az alábbiak szerint: a négyzet oldalai érintői az Egyenlítőnek, valamint a ráctávolság e négyzet oldalának 1/25-e, a ráctávolság megközelítőleg 800 km.

3.2. A meteorológiai paraméterekre egységesen alkalmazott biharmonikus spline interpolációs módszer

A meteorológiai paraméterek derékszögű hálózatra való transzformálásához egy erre alkalmas interpolációs módszert kellett választanunk. Az utóbbi évek hazai gyakorlatában elterjedt a meteorológiai mezők objektív analízisének témakörében a biharmonikus

spline interpoláció. Az itt szerzett tapasztalatok alapján jelen vizsgálatban is ezt a módszert alkalmazzuk. A biharmonikus spline interpoláció másodrendben folytonos „legendően síma” felületet állít elő, ugyanakkor a felület illeszkedik az eredeti pontokra.

A módszer hazai megvalósítására Dévényi és munkatársai dolgoztak ki számítógépes programokat (Dévényi et al., 1988). Ihász, (1989) a regionális és kontinentális skálájú trajektóriák számítása során alkalmazta a módszert (150 km-es rácshálózat felhasználásával). Horvát és Práger (1990) a mezoszínoptikai analízis és prognózis céljaira 20 km-es rácshálózatra történő interpoláció során több módszert összehasonlítva a biharmonikus spline interpolációt találta a legpontosabbnak. Véletlenszerű hibával erősen terhelt meteorológiai mezők esetén célszerű az úgynevezett simító spline használata. Tradicionális és műholdas adatok együttes analízisekor a biharmonikus spline és a robosztus simítás alkalmazásával hatékonyan lehet a hibák nagyságát csökkenteni (Dévényi et al., 1991).

A következőkben röviden áttekintjük az interpolációs módszer fő jellegzetességeit. A módszer elméleti hátteréről Sandwell (1987) munkájában kapunk alaposabb áttekintést. A biharmonikus spline az általánosabb multiharmonikus spline speciális esetének tekinthető. Egy adott pontban az interpolált értéket a tartományba eső összes mérési pont együttes hatásának figyelembevételével határozza meg, így a mező térbeli szerkezetét jól le lehet írni. Két dimenzióban a spline az

$$\int_{\Omega} (\sigma_{xx}^2 + \sigma_{xy}^2 + \sigma_{yy}^2) d\Omega = \min W_2^2 \quad (1)$$

feltételből származtatható. Ahol a W_2^2 jelölés a kétszer folytonosan differenciálható függvények osztályát jelenti. Tetszőleges (x, y) koordinátájú pontban az interpolált érték a

$$\sigma(x, y) = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} \lambda_i r_i^2 \ln r_i^2 + \nu_{10} x + \nu_{01} y \quad (2)$$

összefüggés alkalmazásával állítható elő. Itt N a mérési pontok száma r_i az interpolált pont távolsága az i -edik mérési ponttól., λ_i , ν_{00} , ν_{10} és ν_{01} a spline-t definiáló együtthatók.

A spline-t definiáló együtthatók a következő lineáris egyenletrendszer megoldásával határozhatók meg:

0	a_{12}	...	a_{1N}	1	x_1	y_1	λ_1	=	m_1
a_{21}	0	...	a_{2N}	1	x_2	y_2	λ_2		m_2
.
.
a_{N1}	a_{N2}	...	0	1	x_N	y_N	λ_N		m_N
1	1	...	1	0	0	0	ν_{00}		0
x_1	x_2	...	x_N	0	0	0	ν_{10}		0
y_1	y_2	...	y_N	0	0	0	ν_{01}		0

ahol m_i az i -edik mérési pontbeli érték, $a_{ij} = a_{ji} = R^2 \ln R$, R az i -edik és j -edik mérési pont távolsága.

Megjegyezzük, hogy időben rögzített mérési- és rácshálózat esetén a (3) lineáris egyenletrendszer együttható mátrixának invertálására csak egyszer van szükség, s az ismeretlen együtthatók a továbbiakban mátrix-vektor szorzással számíthatók, ami rendkívül jelentős gépidő megtakarítást jelent. Esetünkben ilyen a 700 hPa-os magassági mező és a hófedettség mező, a tengerfelszín hőmérséklet esetén azonban az időben változó adathiányos területek miatt minden mezőnél újra kell számítani az interpolációs mátrixot. A számítási idő gyorsítása érdekében az adatok térbeli sűrűségétől függően a tartományt több

(2, 4 és 9) alszektorra bontottuk és a résztartományokon végeztük el az interpolációt. A résztartományok határán a mező megfelelő simaságát és egyértelműségét a tartományok részleges átfedésével biztosítottuk.

A számításokat az OMSZ Számítóközpont BASF 7/61 számítógépén végeztük el, a programok FORTRAN nyelven készültek. A rácsponti interpolált mezőket tartalmazó file-okat IBM PC mágneslemezre vittük fel a további grafikus feldolgozás céljára.

3.3. A számítógépes-grafikus megjelenítési módszer

Hogy a fent ismertetett adatállományokat komplex éghajlati adatbankká egyesíthessük, egy speciális, e célra kifejlesztett szoftvert állítottunk elő. A program készítésekor a legfontosabb cél az volt, hogy a különböző éghajlati mezők matematikai analízise mellett a felhasználónak lehetősége legyen egy úgynevezett dinamikus vizuális analízisre is. Ez nem jelent mást, mint a mezők kódolt formában való, időben folytonos, filmszerű megjelenítést a számítógép képernyőjén. Ezáltal lehetőség nyílik a *különböző éghajlati paraméterek térben és időben történő egyidejű, illetve időben eltolva vizsgálatára*.

A módszer alkalmas a különböző távkapcsolatok, lokális jelenségek, valamint kvázi-periodikus fluktuációk felismerésére, elemzésére.

A számítógépes megjelenítéshez szükséges adatformátumot a mért állomási vagy rácsponti értékekből kiindulva, az előzőekben (3.2. szakasz) leírt interpolációs módszerrel állítjuk elő a megadott 26 x 26-os négyzetes rácshálózatra. (A grafikus eljárás során, az ábrázolás minőségét javítandó egy 50x50-es négyzetes rácshálózatra sűrítjük be az adatokat.) Mindkét rács már a Lambert-féle vetületet használja. Minden egyes rácsnégyzet középpontjához egy-egy numerikus értéket rendelünk (az éghajlati paraméter területi átlagát). Ezután, a kapott értékeket egy 12 színből álló színskálára transzformáljuk oly módon, hogy minden egyes színhez egy értékintervallumot rendelünk hozzá, s így előáll a vizsgálandó éghajlati mező *színskálával megjelenített képe*. A megjelenítésnél csak minden második intervallumot színeztünk az alapszíntől eltérő színűre, mert így sokkal áttekinthetőbb a kapott ábra (ez az úgynevezett zebratérkép technika). Az elkészült képre a kontinensek kontúrvonalait is felrajzoltuk, segítve ezzel a különböző légköri rendszerek, jelenségek elhelyezkedésének könnyebb felismerését.

A vázolt művelet sor végén, a rendelkezésre álló éghajlati adatok havi hemiszférkus térképeihez jutunk. Ezáltal a számítógép háttértárában egy térképes adategyüttes jön létre, s bármikor előhívható tetszőleges időponthoz tartozó paraméter-mező térképe. Másrészt ezeket a képeket a program, a számítógép képernyőjének ugyanazon részén, megadott sebességgel, időrendi sorrendben megjeleníti, s így mozgófilmszerűen látható a folyamatok dinamizmusa.

A szoftver jelenlegi formájában olyan IBM AT kompatibilis számítógépeken fut, melyek VGA (EGA) kártyával és monitorral rendelkeznek. A szoftver TURBO PASCAL programnyelven készült.

A módszer további lehetőségeket rejt magában, mert az eredeti adatokból kiindulva több szempont szerint képes tematikus térképeket készíteni, s ezeket is filmszerűen megjeleníteni (anomáliák, extrém szélsőségek stb). A szoftver lehetővé teszi bármely két adatbanki mező együttes megjelenítését is, ami segíti a mezők közötti kapcsolatok megismerését, megméretését.

4. Perspektívák-következtetések

A fent ismertetett adatbank alkalmas olyan klimatológiai statisztikai vizsgálatok elvégzésére, mely több éghajlati paraméter együttes egyidejű, illetve megelőző/követő változásait hasonlítja össze. Ezen elemzések eredményei a makroméretű légköri folyamatok,

az éghajlati fluktuációk jobb megismerését, hatásmechanizmusok pontosabb megértését szolgálhatják.

Megállapíthatjuk, hogy rendelkezésünkre áll egy olyan adatbank, illetve hozzá kapcsolódó szoftverrendszer, amely a hazai meteorológiai gyakorlatban még nem alkalmazott távkapcsolat-kutatási irányt alapozhat meg. A módszer megfelelő matematikai-statisztikai apparátussal kiegészítve alkalmas eszköze lehet az ultrahosszútávú előrejelzési módszerek pontosításának is.

Ugyanakkor nem hallgathatjuk el, hogy a megjelenítés során alkalmazott 50x50-es felbontás meglehetősen durva. A részletesebb elemzéseknél és következtetéseknél figyelmet igényel, hogy az 1981–1988-as időszakra a tengeri jég adtok hiányoznak (csak a kontinentális hófedettség adatok állnak rendelkezésünkre).

Végül meg kívánjuk jegyezni, hogy e munka során ismét bebizonyosodott, hogy az intézményi keretek adta korlátok és a földrajzi távolság nehezíti ugyan, de nem törvényszerű, hogy megakadályozzák a különböző intézmények szakembereinek együttműködését, közös munkáját.

IRODALOM

- Bartholy J.*, 1988: Hemiszférikus magassági mezők makrocirkulációs helyzeteinek osztályozása objektív statisztikai módszerekkel. (Kandidátusi értekezés), Budapest
- Bartholy J.*, 1989: A hemiszférikus hófedettség állomány (1966–1983) és néhány hatáselemzés a globális és regionális skálán. *Időjárás*, 93. 2–3. pp. 143–150.
- Bartholy J.*, 1990: Determination of seasonal macrosynoptic types using cluster analysis and rotated EOF analysis. *Acta Climatologica*, Tomus XXI–XXII. Fasc. 1–4. pp. 23–31.
- Barnston, A. G. and Livezey, R. E.*, 1985: High resolution rotated EOF analysis of Northern Hemisphere 700 mb heights for predictive purpose. Proc. of the 9th Conf. on prob. and stat. in atmospheric sci., Virginia Beach, American Meteorological Soc. pp. 290–298.
- Dévényi, D., Ihász, I. and Sárosi, Gy.*, 1988: Common objective analysis of satellite and traditional meteorological information. Symposium on using satellite measurements in modelling and forecasting atmospheric phenomena, Prague 5–9. April 1988, pp. 174–179.
- Dévényi, D., Ihász, I., Radnóti, G. and Sárosi, Gy.*, 1991: An objective analysis technique for the common analysis of satellite and conventional information. *Adv. Space Res.* Vol. 10. (in print)
- Dewey, K. F. and Heim, R.*, 1981: Satellite observations of variations in Northern Hemisphere seasonal snow cover, NOAA Technican Report NESS 87., p. 83.
- Hamilton, K.*, 1988: A detailed examination of the extratropical response to tropical El Nino/Southern Oscillation events. *Journ. of Clim.*, Vol. 8., pp. 67–86.
- Horváth Á. és Práger T.*, 1990: Meteorológiai mezők mezo- a skálájú objektív analízise. *Időjárás*, 94. 1. pp. 23–37.
- ICSU/UNEP/WMO*, 1986: Report of the international conference on the assessment of the role of carbone dioxide and of other greenhouse gases in climate variations and associated impacts. WMO-NO. 661.
- Ihász I.*, 1989: Meteorológiai mezők izobár és izentrop objektív analízise regionális és kontinentális skálájú trajektóriák számításához. Kiváló Ifjú Meteorológus Szakember Pályázat, Budapest (kézirat)
- Lorenz, E. N.*, 1979: Forced and free variations weather and climate. *J. Atmos. Sci.* 36, pp. 1367–1376.
- MacCracken, M. C.*, 1986: Third conference on climate variations and symposium on contemporary climate: 1850–2010.

Pálvölgyi, T., 1990: The role of the mixed layer dynamics in the climate sensitivity. *J. Marin. Syst.* Vol. 1. pp. 243–250.

Práger T. és Kovács E., 1988: A légköri nyomgázok és aeroszol részecskék éghajlatmódosító hatásának vizsgálata sugárzási-konvektív modellel. *Időjárás* 92, 3. pp. 153–162.

Várnai T., 1989: Egy spektrális általános cirkulációs modell adaptálása. ELTE szakdolgozat, Budapest

Sandwell, D. T., 1987: Biharmonic spline interpolation of GEOS-3 and SEASAT altimeter data. *Geophysical Research Letters*, 14. pp. 139–142.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 95. évf. 6. szám, 1991. november – december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 95 No. 6 November – December 1991

A légköri hatások szerepe a talajok N-szolgáltató képességének alakulásában

Lakatos László – Szász Gábor

*Agrártudományi Egyetem, Agrofizikai és Agrometeorológiai Tanszék
Debrecen, H-4015 P. O. B. 36.*

A talajok NO_3^- -N-szolgáltató képességének alakulása agronómiai beavatkozások mellett az időjárási hatásoktól jelentős mértékben függ. A tanulmányban három meteorológiai paraméter: a talajhőmérséklet, a talajnedvesség és a csapadék nitrátképződésre gyakorolt hatását egy egyszerű statisztikai modellel írjuk le. Az adatbázist 6 éves nitrátsor képezi, amely a Debreceni Agrártudományi Egyetem Agrometeorológiai Observatórium 30 év óta háborítatlan állapotú, tápanyagellátásban nem részesült gyepterületéről származik. A mintavételezések 2 hetenként történtek a felső 20 cm-es rétegből. A NO_3^- -N-feltáródás dinamikáját szemlélve megállapítható egy főmaximum június elején, illetve egy másodlagos maximum október végén. A modell alapján kapott eredmények és a mért értékek közötti kapcsolat 0,1 %-os szinten szignifikánsnak mutatkozott $r = 0,76$ korrelációs együttható mellett. A modell segítségével előállítottunk egy 25 éves NO_3^- -N-sort 1964–1988 közötti időszakra. A modellt tesztelve megállapítható: mind az 1976–1981. évekre, mind pedig az 1989-es, szintén mért évre vonatkozóan 0,1 %-os szinten szignifikánsak az eredmények. A modell jól használható vályogtalajokon, más talajtípusok esetén kalibráció szükséges.

*

Climatic Effects on the Changes of the N-Supplying Power of Soils. Besides agronomic intrusions the development of the NO_3^- -N supplying power of soils depends on weather conditions to a great extent. In the present paper the effects of three meteorological parameters, those of soil temperature, soil moisture, and precipitation on nitrate formation are expressed by means of a simple statistical model. The database includes a six-year nitrate series which comes from a grass-covered area belonging to the Agrometeorological Observatory of the Agricultural University, Debrecen, which has remained undisturbed for 30 years, nutrients have not been added to it. Samples were taken from the upper 20 cm layer every second week. On examining the dynamics of NO_3^- -N formation, a primary maximum at the beginning of June and a secondary maximum at the end of October can be observed. The relationship between the results obtained by means of the model and the measured values has proved to be significant at the error level of 0,1 % with a correlation coefficient $r = 0,76$. Applying the model a 25-year NO_3^- -N series was produced for the period 1964–1988. Testing the model one can conclude that the results are significant at the error level of 0,1 %, concerning both the years 1976–1981 and 1989 which was measured, too. The model can be well applied on loam soils, in the case of other soil types it should be calibrated.

1. Bevezetés

A talajtermékenység a talaj egyik legfontosabb tulajdonságának tekinthető, komplex fogalom, változó tulajdonság, értéke módosítható különböző agronómiai beavatkozásokkal. Számszerű kifejezése ma még nem tekinthető megoldottnak, s ezért a tényezőinek eredőjét a képződött növényi tömeg értékével vagy nagyságával szokás kifejezni. *A talajter-*

mékenység és a légköri folyamatok közötti kölcsönhatás figyelembevétele alig terjedt el. A talajtermékenység egyik jellemzője a N-szolgáltató képesség, amelyre függvényszerűen hatnak a légkör termikus és higrikus folyamatai. Az alábbiak azoknak a vizsgálatoknak az eredményeit mutatják be, amelyek a változó légköri hatások és a N-szolgáltató képesség között állnak fenn.

2. Elméleti alapok és a vizsgálatok módszere

A talajtermékenység fogalma a vonatkoztatási feltételektől függően különböző. A természetes termékenységet az antropogén beavatkozásoktól mentes állapotban lévő talajon képződött növényi tömeg területegységre vonatkoztatott értéke fejezi ki. A szántóföldi növénytermesztés keretében a *tényleges talajtermékenység* fogalma használatos. E fogalom értéke adott talajon az alkalmazott agrotechnikai feltételeknél elért átlagos főtermékben fejezhető ki (Stefanovits, 1981). A tényleges termékenység definiálását az nehezíti, hogy a növények hozamai különböző úton növelhetők anélkül, hogy a tényleges termékenység megváltozna. Hasonló álláspontot képvisel von Boguslawski (1965), aki hangsúlyozza, hogy a talajtermékenység dinamikus tulajdonság, amely évjáraton belül is jelentős mértékben változik.

A talajtermékenységet meghatározó összetevők:

- talajképező folyamatok;
- a talaj típusa (genetikai talajtípus);
- a termőréteg mélysége (humuszos réteg);
- a talaj levegő- és vízgazdálkodása
- a talajt pusztító folyamatok mértéke (erózió, defláció);
- agronómiai beavatkozások (talajművelés, tápanyaggazdálkodás, különböző melioratív eljárások).

A felsorolt tényezők együttesen határozzák meg a talaj tápanyagszolgáltató képességét. A talaj tápanyagkészlete a felsorolt folyamatok összességének eredője, s évszakos változásában fontos szerepet tölt be az atmoszférikus hatás. A talajtermékenység mértéke kifejezhető azoknak a kémiai elemeknek az együttesével (pl. tömeghányad, pH stb), amelyek a növény tápanyagforgalmában részt vesznek, illetve ezt szabályozzák (Scheffer-Schachtschabel, 1982).

Az ásványi-N az egyik legsajátosabb növényi tápanyag, s képződésének dinamikáját a korábban említett tényezők közvetve határozzák meg. A növény által felvehető nitrogénformák (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+) a C és N körforgalmának egyes szakaszaiban képződnek, s e folyamatok közül a legjelentősebb a nitrifikáció és az ammonifikáció. A nitrogéntartalmú szervesanyagok lebomlása során az ammónia, míg az ammóniából különböző mikroorganizmusok oxidációja útján nitrit és nitrát képződik. E folyamatot fenntartó mikrobiális rendszer aktivitása a baktériumok koncentrációja, adott pH-érték mellett a talaj hőmérsékletének és nedvességtartalmának függvénye. Így nyilvánvaló, hogy a talaj nitrogén-szolgáltató-képessége a klimatikus feltételektől is függ.

A nitrifikáció útján keletkező nitrát mennyisége, valamint a nitrifikáló baktériumszám (A) és a hőmérséklet közötti kapcsolat az alábbi:

$$\frac{dA}{dt} = \mu_{\max} \frac{N}{K_h(T) + N} \cdot A - K_A \quad (1)$$

ahol μ_{\max} az A maximális fajlagos bakteriális gyarapodási mértékszám (nap), N az NH_4^+ vagy NO_2^- koncentráció, $K_h(T)$ a T hőmérséklettől függő telítési állandó, K_A a lebomlási sebesség együtthatója.

A nitrogén-koncentráció nagysága (*van Ween és Frissel, 1981*):

$$\frac{dN}{dt} = \frac{1}{Y} \cdot \mu_{\max} \frac{N}{K_h(T) + N} \cdot A, \quad (2)$$

Y a produkció (sejt x oxidált N mg^{-1}). Az (1) és (2) egyenlet a hőmérséklet és a baktérium-szám kapcsolatát fejezi ki. A mikrobiális tevékenység aktivitását leíró *Arrhenius*-egyenlet:

$$v_M = K(\Delta T_{\min})^r \cdot \exp(-E/RT), \quad (3)$$

ahol

$$\Delta T = \Delta T_{\max} \frac{T - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}}. \quad (4)$$

A (3) összefüggésben v_M a mikrobiális produkció sebessége, k az élő szervezetekre jellemző dimenzió nélküli arányosító tényező, T_{\max} a maximális produkcióhoz tartozó környezeti hőmérséklet, T_{\min} az a környezeti hőmérséklet, melyen a produkció nulla, E az aktivációs energia, mely jelen esetben az oxidációból származik, R az egyetemes gázállandó. *Szalay-Ringler (1986)* szerint a (3) egyenlet logaritmikus alakja közel lineáris összefüggést ír le a $T_{\min} - T_{\max}$ tartományban. A k a hőmérsékletre vonatkozó arányosító tényező, jelen esetben a nitrifikációt fenntartó baktériumokra vonatkozik (az *Azotobacter-Clostridium*-fajok). A k értéke:

$$\ln k = -\frac{E}{RT} + \ln A, \quad (5)$$

vagyis k az abszolút hőmérséklettel fordítottan változik. Mivel az A baktériumszám idő szerint kumulálódik a hőmérséklettől és a talajnedvességtől függően, a k értéke *klímafüggőnek* minősíthető. Minél kedvezőbbek az inkubációs idő alatti klimatikus feltételek, az ásványi NO_3 -tömeg adott talajtömegre vonatkoztatva annál nagyobb. A tömeggyarapodás egy téli függvény szerint alakul, s ennek a függvénynek a két hét alatti NO_3 -tömeggyarapodás (N_2) a független változója. *Stanford* (in: *Stevenson, 1982*) érlelési vizsgálatai szerint:

$$N_o = 40.8 + 3.98 N_2; \quad r = 0.86.$$

A korrelációs koefficiens értéke arra utal, hogy a talajban lezajló nitrifikációs folyamat intenzitását, illetve az ásványi N-tömeg nagyságát több tényező határozza meg.

A *talaj nedvességtartalma* a nitrátképződést jelentősen befolyásolja (*Keeney és Bremner, 1966*). Az optimumnak megfelelő nedvességtartalom, illetve szívóerő közel állandónak tekinthető.

Relatív talajnedvesség (RTN_{opt}): 80 %

Vízpotenciál (VP_{opt}): 300 hPa

Saját vizsgálataink szerint 0,7 VK_{\min} az optimális talajnedvességtartalom (*Szász, 1988*).

A *vizsgálat anyagát* azok a mérések képezték, melyek a Debreceni Agrártudományi Egyetem Agrometeorológiai Observatóriuma kísérleti területéről származtak. A mintaterület talaja fűtakaróval fedett, 30 év óta háborítatlan állapotú, trágyázásban nem részesült. A

talajkémiai vizsgálatok eredményeit az *I. táblázat* tartalmazza. A mintavételezés 0 – 10, 10 – 20 és 20 – 30 cm-es rétegre terjedt ki, 3-szoros ismétlésben, kora tavasztól késő őszig,

I. táblázat:
A vizsgált terület főbb talajtani jellemzői

Mélység (cm)	pH		Y ₁	H (%)	KA	hy	V (%)
	H ₂ O	KCL					
0 – 20	6,0	5,8	7,4	3,4	37	1,9	70
20 – 40	6,2	6,0	4,6	2,1	40	1,9	80
40 – 60	6,2	6,0	3,3	2,0	38	1,8	82
60 – 85	6,4	6,4	3,6	1,6	38	1,6	
85 – 105	6,6	6,4	1,8	1,1	36	1,6	
105 – 140	6,8	6,6	1,3	0,8	36	1,5	
140 – 170	8,4	8,2	–	0,6	36	1,5	
Összes só (%)						0,02	
Összes N (%)						0,158	
AL-P ₂ O ₅ (mg/100 g)						8,2	
AL-K ₂ O (mg/100 g)						22,6	
Humuszos réteg vastagsága (cm)						70–100	

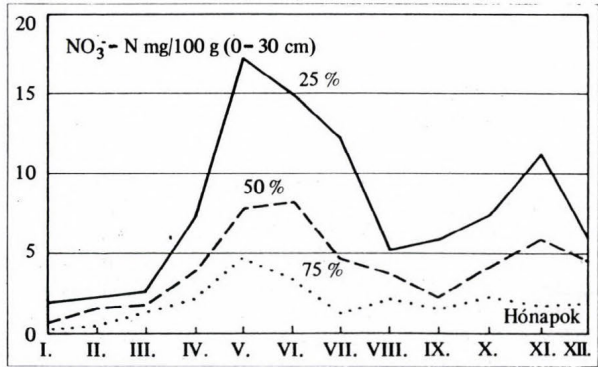
1975–1981 években. A kéthetente szedett talajmintákból a nitrát-N-tartalmat az egyetem Kémiai Tanszékén UV-fotometriás módszerrel *Loch Jakab* tanszékvezető egyetemi tanár és *Jászberényi István* egyetemi adjunktus irányításával határozták meg. A mérési eredmények az alföldi mezőszégi talajokra tekinthetők jellemzőknek, amelyek az ország területének mintegy 35 %-ára terjeszkednek. A vizsgálatok feldolgozásához a hazai szakirodalomból *Buzás I.* (1987), *Sarkadi J.* (1975) ide vonatkozó cikkeit tanulmányoztuk át.

3. A kísérleti mérések eredményei

A hat éven át vizsgált mintegy 400 talajminta nitrát-tartalmának (mg/100 g) ismerete lehetővé tette e fontos növényi tápanyag évi dinamikájának, szélsőséges változásainak megismerését.

A *nitrát-nitrogén évi változása* klimatikus okok folytán a talaj típusára jellegzetes módon alakul. A nitrifikációs folyamatok 6 éves vizsgálataink szerint a hóolvadást követően a talajfagy befejeződésével indulnak meg, s ekkor kezdődik meg a NO₃⁻ akkumulációja a talajfelső rétegében. Ezt követően a hőmérséklet emelkedésével és a csapadék növekedésével a nitrát-akkumuláció fokozódik. A legnagyobb értékek átlagban májusban és júniusban alakulnak ki (4–20 mg/100 g). A talaj felső rétegeinek nagyfokú kiszáradása idején a nitrát-koncentráció erőteljesen visszaesik, s a nyár végén, ősz elején egy másodlagos minimum alakul ki. A felső talajrétegek őszi átnedvesedése alkalmával értéke ismét emelkedik, s október végén, november elején kialakul egy másodlagos maximum, de ekkor az átlagos koncentráció csak 3–10 mg/100 g körüli marad. Ezek az ingadozások tehát klimatikus okokra vezethetők vissza.

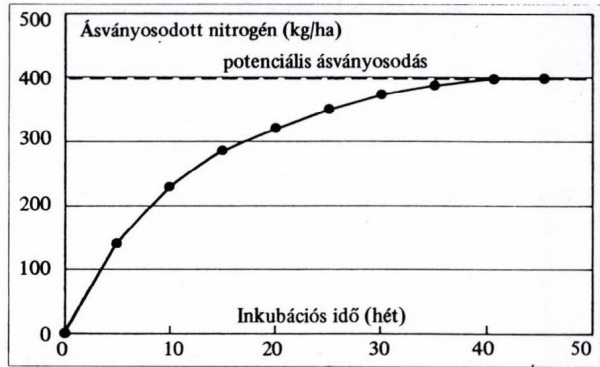
A nitrát-N-tartalom évi dinamikáját vizsgálva megállapítható, hogy a változást télen és tavasszal elsősorban a talaj hőmérséklete, míg a június-november közötti időszak alatt túlnyomórészt a higrikus tényezők szabályozzák. Hangsúlyozni kell, hogy az egyes években az átlagos évi menettől jelentős eltérés következhet be az uralkodó időjárási jelleg-től függően. A *változékonyság mértéke* azonban az év egyes szakaszaiban eltérő. A nagy variációs koefficiensek a fő- és másodlagos maximumok idején a legnagyobbak, míg a nyári minimum idején mérséklődnek, és természetesen a kora tavaszi időszakban a változékonyság minimális. A rendelkezésre álló megfigyelési anyagból megállapítást nyertek a 25, 50 és 75 %-os gyakorisági értékek; ezek évi változását az 1. ábra szemlélteti. A nitrát-N változását



1. ábra:
A NO₃⁻-N gyakorisági értékeinek évi menete a hajdúsági löszháton

a klimatikus vízmérleg menetével összehasonlítva megállapítható, hogy ha 40 mm-nél kisebb a csapadék a potenciális párolgáshoz mérten, úgy a vizsgált talajon jelentős nitrátkoncentráció-visszaesés nem történik.

Rendkívül fontos kérdés, hogy miként alakul egy kiválasztott *hidrotermikus hatás reakcióideje*. Részben laboratóriumi modell-kísérletek, részben szabadföldi talajminták elemzése az bizonyítják, hogy a kémiai analízis eredményét az előző 5–10 nap időjárása – hőmérséklet és csapadék – határozza meg. Ez az időtartam azonban csupán a teljes reakcióidő *első szakasza*. Amint arra már korábban utalás történt, a teljes reakcióidő 30–50 hétre tehető



2. ábra:
A NO₃⁻-N képződés reakcióideje (Stevenson szerint, 1982)

(Martin, 1955; Stevenson, 1982). A teljes reakcióidő értelmezését a 2. ábra szemlélteti, amely az összes ásványi N (NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻) tömegváltozását mutatja be az idő függvényeként. A telítési függvény tetőpontja (N₀) a *potenciális mineralizált N*. Figyelembevéve az

N_0 bekövetkezésének hosszú időtartamát, nyilvánvaló, hogy *a természetben az első 10–15 nap az a minimális időtartam, amely alapján a klimatikus hatásnak az ásványi nitrogénfeltáródásában betöltött szerepe számszerűen megállapítható.*

4. Az ásványi NO_3-N képződésének modellezése

A nitrogén ásványi feltáródása a talaj-légkör kölcsönhatásának egyik megnyilvánulása. Az élő mikroszervezet aerob és anaerob életfunkcióival az anyagátalakulás láncolatát eredményezi, s ennek része az ásványi N-formák kialakulása. A képződött N-formák aránya:

	%
$NO_3^- - N$:	85–90
NO_4^+ :	10–12
$NO_2^- - N$:	5– 7

A talaj N-készletének egy része – a szerves anyag mineralizációja során – fokozatosan átalakul felvehető ásványi formákká, s alapvetően a könnyen bomló szerves anyagok mennyisége és a feltáródás körülményei szabják meg a talajok N-szolgáltatását (Filep Gy. – Tóthné, 1980). A N-formák arányszámaiból következik, hogy a folyamat intenzitását a képződött nitrátmennyiség jellemzi. A képződési folyamat aktivitása két szempontból jelentős; egyrészt a nitrát az egyik legfontosabb növényi tápanyag, másrészt a nitrátnak és a nitritnek egy bizonyos mértéken felüli képződése talajvízszennyeződéshez vezet. Tekintettel a folyamat éghajlati függésére, a különböző „nitrogén-modellek” csak meghatározott éghajlatú területeken alkalmazhatók kellő biztonsággal. A modellek a növénytermesztésben hasznos becslési eljárásoknak tekinthetők, s információt adnak a növények N-ellátottságáról.

A $NO_3^- - N$ a talajban képződik, mozog, átalakul, illetve a növényzet veszi fel. A modellezés egyik fő célja a NO_3^- - mérleg időbeli változásának becslése. A mérleg általános felírásához vezessük be az alábbi tényezőket:

- M_0 : A NO_3^- -tömege adott talajtérfogatban vagy talajtömegekben, valamely időpontban;
- M_B : a talajban képződő nitrát-N mennyisége;
- $M_m \cdot v$: az anyagmozgáshoz (víz) kötött tömegáthelyeződés a függőleges mentén;
- $M_m \cdot i$: nedvességi egyensúly esetén bekövetkező iondiffúzió útján bekövetkező áthelyeződés;
- M_{tr} : valamely műtrágya formájában a talajba juttatott $NO_3^- - N$ -mennyiség;
- M_d : a denitrifikáció útján bekövetkező tömegesökkenés;
- M_n : a növények nitrátfelvétele következtében beálló tömegváltozás.

Egy Δz rétegre vonatkoztatott N-tömegváltozás lényegében az anyagmegmaradás elvére épül, illetve azt reprezentálja. Természetesen vannak a mérlegnek olyan komponensei, melyek csak sztochasztikus változóként kezelhetők. A lehetőség tehát a *vegyes modell alkotása*. – Ezek figyelembevételével az alábbiakban mutatjuk be a *modell alapját képező mérleget* stacionárius esetre vonatkoztatva:

$$\Delta (NO_3^- - N) = M_0 + \sum_0^t \sum_0^z M_B \pm \sum_0^t \sum_0^z M_{m(v \cdot i)} + \sum_0^z M_{tr} - \sum_0^t \sum_0^z M_d - \sum_0^t \sum_0^z M_n \quad (6)$$

A mérleg komponenseinek dimenziója azonos, bizonyos határfeltételek szerint folytonosak. Ez utóbbi a *folytonossági elv* alkalmazásának lehetőségét erősíti meg, ezért a különböző mozgások (szívárgás, ionmozgás, hőfluxus stb) *analóg függvényekkel* leírhatók. Az analóg függvényrendszer kidolgozása nagymértékben könnyíti a modellszerkezet egyszerűsítését, és ezáltal használatát. A határfeltételek megválasztásánál az egyszerűsítés végett fel kell tételeznünk a talaj izotróp voltát, vagyis hogy a vizsgált tér minden pontja

fizikailag és kémiaiilag azonos, csupán a NO_3^- -N- koncentráció ($N - C$) értéke változik térben és időben. A kvázi- stacionárius esetre az egyparaméteres modell tekinthető mértékadónak, mivel abban csupán a $N - C = f(t, x, y, z)$ idő- és térérték a változó. Ez esetben a folytonossági egyenlet elemei:

$$(N - C + \frac{\partial (N - C)}{\partial x} \delta x); \quad (N - C + \frac{\partial (N - C)}{\partial y} \delta y); \quad (N - C + \frac{\partial (N - C)}{\partial z} \delta z). \quad (7)$$

A fenti tagok egy x, y, z koordináta-rendszerbe helyezik a $N - C$ értékét és mozgásának irányát. Eltekintve a totális differenciál- egyenlet felírásától, a $N - C$ tömegváltozása dt idő alatt:

$$-\frac{\partial (N - C)}{\partial t} \delta x \delta y \delta z dt. \quad (8)$$

A folytonossági egyenletből származik az a megállapítás, mely szerint ha $N - C$ térben változó, akkor a z mentén bekövetkező mozgás az $N - C$, valamint a v skaláris szorzatával azonos. A v skaláris értéket általában a folyamatot jellemző - diffúziós, vezetési- együtthatóval szokás kifejezni; így a mozgásba jött NO_3^- -N tömege:

$$M = -K \frac{d(N - C)}{dz} dt, \quad (9)$$

amely egyben egy olyan analóg függvény, amely leírja a különböző anyagoknak a mozgás-sebességét a talajban. K az anyagra jellemző érték. Ez az egyenlet a modell egyik legfontosabb pontjának tekinthető.

A továbbiakban röviden foglalkozni kell a $M(N - C)$ fogalmával. A nitrát-nitrogén - mivel anyagi érték - alulról korlátos: $M - C = 0$. Fölmerül a kérdés, hogy felülről korlátos-e ez a függvény. Elvileg igen, mert felső értékét a felsorolt meghatározó tényezők szabályozzák. Így végül tehát igaz az, hogy a $M(N - C)$ értéke egy alulról és felülről korlátos függvényként kezelhető, felső határa az úgynevezett potenciális nitrát-nitrogéntartalom [$M_p(N - C)$], alsó határa pedig nulla. A lehetséges értékek e függvénytartományba esnek. Azt hangsúlyoznunk kell, hogy a $M_p(N - C)$ érték fogalmának bevezetése a modellezés egyszerűsítése céljából hasznos, bár számszerű értékét a talajtani vizsgálatok keretében általában nem használják, metodikailag a nitrogén szolgáltató-képesség megállapításával közelíthető (érlelés).

A továbbiakban a NO_3^- -N értékek alakulásáról kell megemlékeznünk, mivel az eddig összegyűlt empirikus értékek időbeli változása megbízható alapot nyújt a mérleg NO_3^- -N tagjának parametrizálásához. Az empirikus mérleg maradék tagjaiként az időben rendezett talajkémiai vizsgálatok sorát tekintjük. Az ily módon rendezett sorból levonható következtetések azért minősülnek empirikusnak, mivel a változások okát az eddigi ismeretek birtokában viszonylag nagy biztonsággal felismerjük, azonban az értékeket numerikus módon eddig nem tudtuk reprodukálni. A modellalkotás célja az, hogy meghatározott paraméterekből a mérleg értékét adott feltételekre megállapíthassuk.

A fent vázolt elvek általános használata nehézkes, ezért egyszerű statisztikai modell kidolgozása volt a reális és szükséges cél. Ennek a modellnek a célja a nitrátfeltáródás irányának és viszonylagos mértékének statisztikai becslése. Első közelítésben feltételezhető, hogy a nitrogénfeltáródást a talaj nedvességtartalma és a talaj hőmérséklete határozza meg:

$$\frac{\Delta \text{NO}_3^-}{\Delta t} = A_0 + A_1 \text{TN \%} + A_2 \text{TT} + A_3 (\text{TN \% TT}), \quad (10)$$

ahol A_0, A_1, A_2 és A_3 regressziós konstansok,

$A_0 = -1,101;$	$A_1 = 1,079;$	$A_2 = -1,672;$	$A_3 = 0,491,$
TN %:	talajnedvesség (tömegszázalék);		
TT:	talajhőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$, 10 cm) átlagértéke;		
Δt :	időlépcső (14 nap).		

A fenti többváltozós lineáris regressziós módszerrel kapott eredmények nem igazolták meggyőzően az említett hipotézist. Ez azzal magyarázható, hogy a meteorológiai paraméterek és a nitrogénfeltáródás mennyisége közötti összefüggések nem lineárisak. Fennállhat az az eset is, hogy a vizsgálatba bevont időjárási elemek nem elegendők a nitrogénfeltáródás folyamatában szerepet játszó meteorológiai hatások leírásához. Ezért több lehetőség kínálkozik, így pl. új változók bevezetése a régiek helyett. Kérdés az, hogy melyik időjárási elemet célszerű a vizsgálatba bevonni. A bevezetőben már utalás történt a csapadék jelentős szerepére (Ruzsányi, 1985; Loch- Jászberényi, 1987). Az adatbázisra építve történt meg egy előzetes kétváltozós lineáris, exponenciális és másodfokú vizsgálat. A másodfokú illesztés mutatott legszorosabb kapcsolatot a nitrogénfeltáródás és a meteorológiai elemek között. Ebből kiindulva alkalmaztuk az alábbi *többváltozós parabolikus* regressziós módszert:

$$\frac{\Delta \text{NO}_3^-}{\Delta t} = A_0 + A_1 \text{ TN \%} + A_2 \text{ TT} + A_3 \text{ CS} + B_1 \text{ TN \%} + B_2 \text{ TT}^2 + B_3 \text{ CS} + D_{(1,2)} \text{ TN \% TT} + D_{(1,3)} \text{ TN \% CS} + D_{(2,3)} \text{ TT CS}, \quad (11)$$

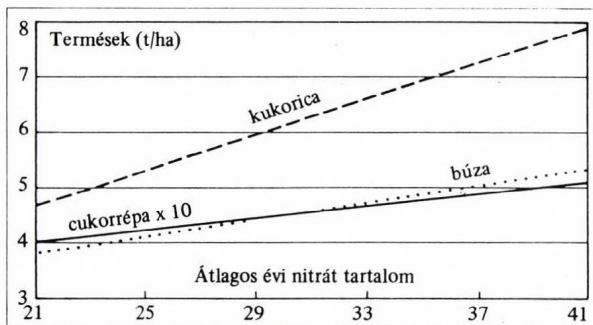
ahol

$A_0 = -1,435;$	$A_1 = -22,591;$	$A_2 = 30,183;$	$A_3 = 0,987$
$B_1 = 2,352;$	$B_2 = 1,494;$	$B_3 = 2,581$	
$D_{(1,2)} = 3,286;$	$D_{(1,3)} = -0,984;$	$D_{(2,3)} = -1,192,$	
TN %:	talajnedvesség (tömegszázalék),		
TT:	talajhőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$),		
CS:	csapadék (mm),		
r:	0,76.		

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az utóbbi egyenlettel számított és a mért függvényértékek szinte azonos lefutásúak, a mért és számított értékek igen jó egyezést mutatnak.

Ezek után fölvetődött a kérdés, hogy minként terjeszthető ki ez az eljárás olyan évek N-feltáródásának becslésére, amelyekről mérési adatok nem állnak a rendelkezésre. A kérdésre a következő válasz adható. Első lépésben képeztük a 6 éves meteorológiai és ásványi-N átlagot, majd az átlagértékekre meghatározást nyertek a többváltozós parabolikus regresszió konstansai. Ezeknek az átlagra vonatkozó parabolikus regressziós konstansoknak a segítségével az adatbázist megelőző és azt követő évek meteorológiai adatainak felhasználásával két évvel sikerült kibővíteni a rendelkezésre álló adatsort. Az iterációt többször alkalmazva történt meg átlagképzés, a regressziós konstansok meghatározása, és az új adatsort követő két évre történő nitrogénfeltáródás számítása az időjárási paraméterek alapján. A fenti eljárás többszöri ismétlésével egyre távolabb lehet eljutni a kezdő 6 éves adatbázistól. Az előállított nitrátfeltáródási sor szélső értékei és a különböző termésátlagok kapcsolata jól kifejezi az egyes növények nitrátérzékenységét. A talaj természetes nitrát-nitrogén-tartalmának növekedése egy bizonyos határig termésvnövekedést eredményez. A növekedés mér-

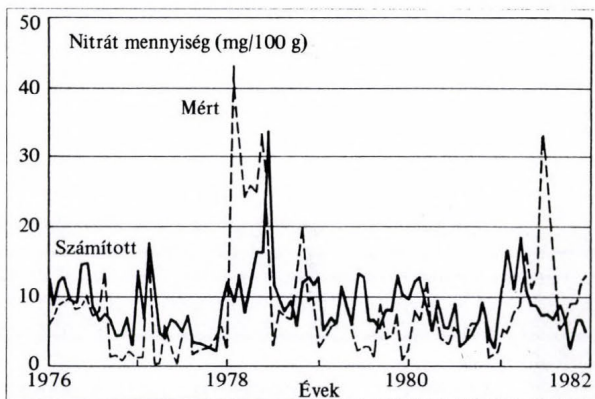
téke fajspecifikus tulajdonság, melyet a különböző meredekségű egyenesek jól jellemeznek (3. ábra).



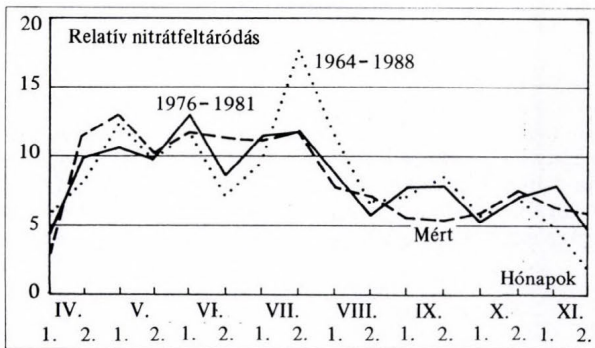
3. ábra:
A számított nitrát és az átlagos kukorica, cukorrépa és búzatermés trendje a hajdúsági löszháton

5. Az eredmények értékelése, következtetések

A vizsgálatok eredményei alapján kapott összefüggés gyakorlati alkalmazhatósága korlátozott, mivel a különböző talajok azonos légköri hatásokra eltérő módon reagálnak a nitrifikációs folyamatok alakulásában. Az ásványosodott nitrogén mennyisége rendkívül sok tényezőtől függ; e tényezők sorában fontos helyet foglalnak el a légköri hatások. Az említett

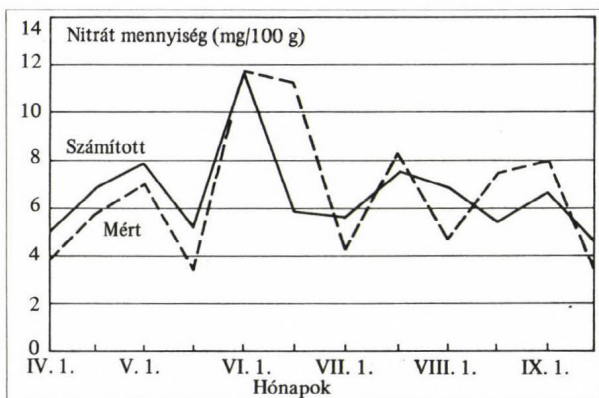


4. ábra:
A talaj számított és mért nitrát-feltáródása az április-november időszakban (1976-1981)



5. ábra:
A talaj átlagos nitrátfeltáródási menete április-november időszakban

okok folytán a (11) egyenlet a vályogtalajokra tekinthető reprezentatívnek. Az egyenlet a különböző talajtípusokra kalibrálható, azonban ez az eljárás rendkívül hosszadalmas. A vizsgálatok célja tulajdonképpen nem az ásványi-N mennyiségi meghatározása, hanem a *nitrát-dinamika időjárástól való függésének megállapítása* volt. A (11) egyenlettel számított értékek időbeli alakulását tekintve világosan tűnik ki, hogy az időjárás igen nagy feltáródási feltételkülönbséget vált ki. A magas értékek általában tavasszal fordulnak elő, és ősze ismételten kialakul egy másodlagos maximum. A (11) egyenlet megbízhatósága kedvező, ugyanis a mért és a számított értékek viszonylag közel állnak egymáshoz a 4. ábra adatai szerint. A (11) egyenlet 25 évre iterált változatával megállapítást nyert a nitrátfeltáródás dinamikájának átlagos menete április 1 – november 15. között, s ezt az 5. ábra mutatja be. A (11) egyenlet szerinti értékek ugyancsak ezen az ábrán szerepelnek. A kétféle módon számított értékek egyaránt közel állnak a mért értékekhez, s ezt a korrelációs együttható szorossága bizonyítja.



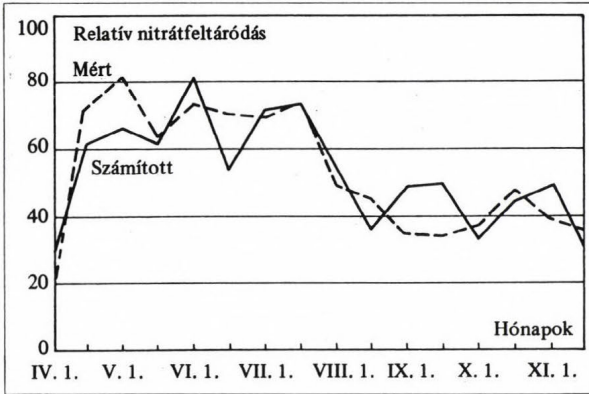
6. ábra:
Mért és számított nitrátfeltáródás
1989-ben

Felmerült az érvényesség időbeli extrapolációjának kérdése. A (11) egyenlet tesztelését a vizsgálatba be nem vont év mintáin is ellenőriztük, és a 0,72 értékű korrelációs koefficiens azt igazolja, hogy a számított értékek jól illeszkednek a mérési eredményekhez (6. ábra). A mért és számított érték közötti különbség renkívül csekélynek tekinthető, mivel a különböző pontokról származó minták mérhető nitrát-koncentrációja közismerten nagy szórást mutat.

A nitrátfeltáródás időjárási függését a bemutatott anyag jól bizonyítja, azonban fogalmilag a probléma tovább elemezhető. E megfontolásból alkalmaztuk a *potenciális nitrátfeltáródás fogalmát*, amely elsősorban azt fejezi ki, hogy a feltáródási folyamatok miként függenek a mindenkorai meteorológiai feltételektől. Mivel a feltáródás optimális feltételei ismeretesek mind a hőmérséklet, mind pedig a talajnedvesség tekintetében, ezért a tényleges nitrátmennyiség kifejezhető az optimális feltételeknél képződött mennyiség százalékában. Az optimális mennyiség megállapítása a következő módon történt. A (11) egyenletbe behelyettesítve a meteorológiai elemek optimális értékeit (hőmérséklet: 30°C, csapadék: 40 mm/15 nap, talajnedvesség: a vízkapacitás 75 %-a), kiszámítható az a nitrátmennyiség, amely a legkedvezőbb feltételek esetén képződhet. E maximális értéket referencia-szintnek tekintve, a tényleges nitrátmennyiség (NO_3^-)_m – mely számítás vagy mérés útján állapítható meg – mely számítás vagy mérés útján állapítható meg – kifejezhető annak százalékában. Az így kapott érték a relatív nitrátmennyiség (RNM), megállapítása:

$$RNM = 100 \frac{(\text{NO}_3^-)_m}{(\text{NO}_3^-)_{\max}} \% \quad (12)$$

Meg kell említeni, hogy a $(NO_3^-)_{max}$ referencia-érték talajtípusra jellemző, s nagysága évről-évre változó lehet. A *RNM* értéke a mineralizáció feltételére utal, és jól fejezi ki a meteorológiai hatásokat.



7. ábra:
A talaj ásványi nitrátartalma a potenciális érték százalékában (1976–1981)

A 7. ábra mutatja be a mért, illetve a számított nitrátértékek alapján kapott relatív nitrátfeltáródás évi menetét 1976–1981 évek átlagában. A leírtak alapján megállapítható, hogy a bemutatott módon az időjárási tényezőknek a nitrifikációban betöltött szerepe becsülhető és számszerűen reprodukálható a különböző évjáratokra.

A fenti vizsgálatok jelentősége abban van, hogy eligazít egy fontos gyakorlati kérdésben, hogy ti. főként a tavaszi kedvezőtlen időjárási feltételek miatt elmaradt természetes nitrogénfeltáródás milyen mértékű ásványi nitrogénutánpótlást igényel műtrágyázás formájában. Az összefüggések alapján ezek az ismeretek támpontot nyújtanak a fej-, illetve levéltrágyázás szükségességének eldöntésében is. Bár a talajerőgazdálkodás és az időjárás kapcsolata rendkívül bonyolult, a növénytáplálás kérdésében a nitrogén-ellátottság elsődleges szerepet tölt be, ezért a fent közölt megállapítások mind agrometeorológiai, mind agronómiai szempontból jelentőseknek minősíthetők.

IRODALOM

von Boguslawski, 1985: Zur Entwicklung des Begriffes Bodenfruchtbarkeit. *Z. Pfl. Düng. Bodenk.* 1965. 108. 97–115 p.

Buzás I., 1987: *Bevezetés a gyakorlati agrokémiába.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 177–179 p.

Filep Gy. – Tóthné Biró Á., 1980: *Agrokémia és talajtan.* Tom. 29. 1–2. Akadémiai Kiadó, Budapest. 229–244 p.

Keeney, D. R. – J. M. Brenner, 1966: Characterization of mineralizable nitrogen in soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30. 715–719 p.

Loch, J. – I. Jászberényi, 1987: The effect of fertilization and irrigation on the change of nitrate-N content of the soil profile. University of Agriculture, Debrecen

Martin B., 1955: A talajok CO₂ termelésének jelentősége és egyszerű elektromos CO₂ meghatározási módszer ismertetése. *Debreceni Mezőgazd. Akad. Tud. Évk.* 109–119 p.

Ruzsányi, L., 1985: *Effect of fertilization on the yield of winter wheat under dry and irrigated conditions.* Búza-termesztési kísérletek, 1970–1980. Akadémiai Kiadó, Budapest 519–526 p.

- Sarkadi J., 1975: *A műtrágyaigény becsülésének módszerei*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 182–185 p.
- Scheffer, F. – Schachtschabel, P., 1982: *Lehrbuch der Bodenkunde*. 11. Auflage Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 413 p.
- Stanford, G., 1982: Assessment of soil nitrogen availability. In: Stevenson: *Nitrogen in agricultural soils*. 651–688 p.
- Stefanovits P., 1981: *Talajtan*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Stevenson, F. J., 1982: Origin and distribution of nitrogen in soil. In: *Nitrogen in agricultural soils*. *Agronomy*, No. 22. 1–38 p.
- Szalai L. – Ringler A., 1986: *Biofizika*. Tankönyvkiadó, Budapest
- Szász G., 1988: *Agrometeorológia*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- van Veen, J. A. – M. J. Frissel, 1981: Simulation model of the behaviour of N in soil. In: *Simulation of nitrogen behaviour of soil-plant systems*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen. 126–154 p.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 95. évf. 6. szám, 1991. november – december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 95 No. 6 November – December 1991

Az időjárási tényezők összefüggése a szélerózió okozta mezőgazdasági károkkal

Tőkei László, Varga Katalin

Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Agrometeorológiai és Vízgazdálkodási Tanszék
1502 Budapest Pf. 53

és Karácsony János

Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar,
Vízgazdálkodási és Meliorációs Tanszék
2103 Gödöllő Pf. 303

Napjainkban a szélerózió-kutatás a szél jelentős, egyes becslések szerint milliárdos nagyságrendű mezőgazdasági kártétele miatt egyre inkább előtérbe kerül. A jelenség több oldalról vizsgálható. Ebben a munkában meteorológiai vonatkozásait emeltük ki. A koratavaszi hónapok meteorológiai paramétereit vizsgáltuk az Allami Biztosító által rendelkezésünkre bocsátott kártérítési összegekkel összefüggésben. Elemzéseink szerint a legerősebb kapcsolatot a kárösszegek és az erózióra kedvező, száraz talajállapot között találtuk ($r = 0,88$). A száraz talajállapotot több meteorológiai paraméter együttes hatása alakítja ki. Ennek vizsgálatára olyan formulát dolgoztunk ki, amely egyszerre veszi figyelembe ezeket a paramétereket (csapadék, hőmérséklet, szélőkés-gyakoriság). A kedvező talajállapot-gyakoriság és a csapadék hányadosából képzett index márciusi sorozata mutatta a legszorosabb kapcsolatot a kárösszegekkel ($r_{K(1)} = 0,93$).

*

Connection between meteorological factors and agricultural damages caused by wind erosion.
In our days the study of wind erosion is very important because agricultural damages caused have an order of milliard (10^9) forints. The data of damages used in this work were determined by National Insurance Company of Hungary. The effect of wind erosion can be investigated from different point of view. In the present study the authors examine its meteorological aspects. They find the closest relationships between the damages and the state of soil surface (correlation coefficient was 0,88). A formula is elaborated for taking into account the complex influence of different meteorological parameters (such as temperature, precipitation and frequencies of blasts of wind) on dry soil state. The most favourable results are determined for the indices composed by the ratio of frequencies of dry soil state and precipitation in March (the correlation coefficient is 0,93).

Bevezetés

A világszerte növekvő szélerózió okozta környezetkárosodás miatt napjainkban előtérbe került a szélerózió-kutatás, amely kiterjed a jelenség vizsgálatára, valamint az előrejelzési és védekezési módszerek kidolgozására is. A GATE Vízgazdálkodási és Meliorációs Tanszéke, a G-10 Környezetgazdálkodási Programiroda megbízásából kutatási programot indított, amelynek keretében komplex módon foglalkozik a szélerózió elleni védekezés elméleti és gyakorlati problémáival.

A hazai és nemzetközi kutatás egy eddig kevésbé vizsgált területe a szélerezíóit kiváltó, illetve elősegítő meteorológiai tényezők összefüggése a mezőgazdasági károkkal. A meteorológiai előrejelzésen alapuló védekezési módszerek kidolgozása kapcsán e kérdés tanulmányozása elengedhetetlen. Az eddigi kutatások során elsősorban a szél erősségét, a szeles napok gyakoriságát vizsgálták (Fan és Disrud, 1977; Dolgilevics, 1986; Gavrilov és Rodionov, 1981; Jarosevics, 1981; Karácsony és Király, 1977; Lynch és Edwards, 1978; Maki, 1985), illetve a talaj nedvességtartalmának hatását az erózió bekövetkezésére (Azizov, 1977). A szélerezíó elméleti kérdéseivel és a megelőzés lehetséges módszereivel Magyarországon korábban Bodolayné és Borsy foglalkozott behatóan (Bodolayné, 1965; Bodolayné et al. 1976; Borsy, 1972, 1974).

Ismeretes, hogy a szélerezíóit kiváltó legfontosabb környezeti tényezők a következők:

- laza, száraz, apró szemcsés talajfelszín;
- sima talajfelület, hiányzó vagy gyér növényzettel;
- kritikus érték feletti szélesebesség.

A száraz talaj kialakulását elősegíti a kevés csapadék és a szél, valamint a hőmérséklet szárító hatása. A téli hónapok kevés csapadéka, a csapadékszegény koratavaszi időszak gyakori előfordulása szintén kedvez ennek a folyamatnak (I. táblázat). Az eróziót fokozza a hazánk éghajlatára jellemző tavaszi szelek megélnkülése is (II. táblázat).

I. táblázat:
Átlagos havi csapadékmennyiség a vizsgált megyék átlagában (mm)

X.	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.
50	49	40	32	32	38	48	61

II. táblázat:
Átlagos havi szélesebesség a vizsgált megyék átlagában (m/s)

I.	II.	III.	IV.	V.	Évi
3,3	3,3	3,7	3,6	3,2	3,1

A tavaszi vetések idején, a kelés során, majd utána is még hetekig gyér a növényzet; nem alakul ki a védelmet nyújtó növényborítottság. Két igen fontos, szélerezíóra érzékeny mezőgazdasági növényünk vetési időpontja (a mák optimális vetési ideje február 25 – március 15., a cukorrépa vetési ideje március 15 – április 10.) erre a korai időszakra esik. A szélerezíó mezőgazdasági kártétele elsősorban a vetőmag kifúvásában, a fiatal növények betakarásában, illetve kitarakásában és a homokverésben nyilvánul meg. Ezek a kedvezőtlen jelenségek a legtöbbször a tenyészidőszak elején fordulnak elő.

2. Anyag és módszer

A szélerezíó a fent vázolt feltételek mellett elsősorban koratavasszal lép fel, s ebben az időszakban a legveszélyesebb a mezőgazdaságra. Ezért vizsgálataink során márciusi és áprilisi meteorológiai adatokkal dolgoztunk.

Az egyes években a különböző területeken a szélerezíó okozta károkat az Állami Biztosító által rendelkezésünkre bocsátott – ezen időszak alatt évenként és megyénként

kifizetett – kártérítési összegek listája alapján becsültük (III. táblázat). A szélerózió meteorológiai vonatkozásainak vizsgálatához a kárösszegek szerint leginkább sújtott hat megye (Jász-Nagykun-Szolnok-, Bács-Kiskun-, Győr-Sopron-Moson-, Békés-, Hajdú-Bihar- és Csongrád-megye) egy-egy meteorológiai főállomásának (Szolnok, Baja, Győr, Békéscsaba,

III. táblázat:
Az Állami Biztosító szélerózióval kapcsolatos kárkifizetései 1978–1987 között a kiválasztott hat megye átlagában (eFt)

Év	1978	1979	1980	1981	1982
Kárösszeg	114,8	1159,7	1012,8	722,8	823,5

Év	1983	1984	1985	1986	1987
Kárösszeg	2401,2	5780,8	472,0	1087,5	1029,7

Debrecen, Szeged) adatsorát használtuk fel az 1978–1987-es időszakból. A meteorológiai elemek közül a havi csapadékösszeg és középhőmérséklet, a szélleőkés-gyakoriság, illetve az erózióra kedvező talajállapot-gyakoriság adatait vontuk be a vizsgálatba. Az erózióra kedvező talajállapot-gyakoriságot az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) évkönyvei alapján, a talajállapotra megadott kulcs szerint, a 0, 6, 7, 8, 9 kategóriák relatív gyakoriságait összeszámolva állapítottuk meg. A szélleőkés-gyakoriság adatok az OMSZ „Havijelentés” című kiadványaiból származnak. A havijelentések a 10 m/s, 15 m/s és a 20 m/s-nál nagyobb szélleőkés gyakoriságairól közölnek statisztikákat. Munkánk során ezeket az adatokat használtuk fel. A megyékre vonatkozó kártérítési összegeket, illetve a meteorológiai adatokat átlagoltuk, hogy kiküszöböljük a károsított területek eltérő természeti szerkezetéből származó ingadozásokat. Mivel az Állami Biztosító széleróziós kártétel esetén a kieső jövedelem 20 %-át téríti meg, így a kártérítési összeg erősen függ a természettől növényfajtól és a növényfajok területi arányától. A továbbiakban csak az átlagolt meteorológiai és kártérítési adatokkal dolgoztunk.

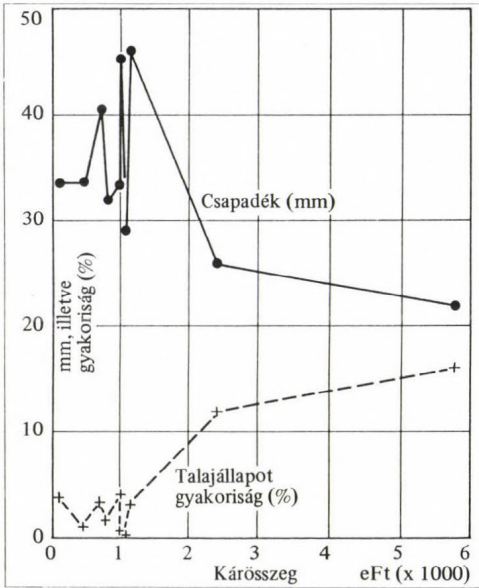
3. Az eredmények értékelése

A havi csapadékmennyiséget és az erózióra kedvező talajállapot-gyakoriságot a kártérítési összeg függvényében grafikusán ábrázoltuk (1. ábra). Az ábrából világosan kitűnik, hogy ha a márciusi csapadékösszeg 30 mm alá csökken, a széleróziós kár ugrásszerűen emelkedik. Ezzel egyidejűleg a kárösszeg emelkedésekor az erózióra kedvező talajállapot-gyakoriság is nő. A talajállapot esetében a kritikus érték havi négy előfordulás.

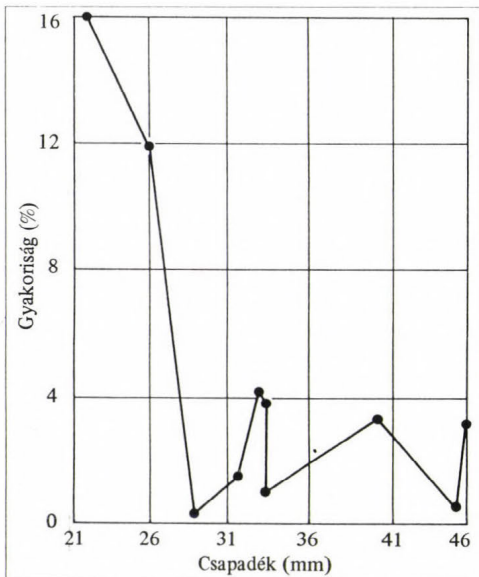
A csapadék és a kedvező talajállapot összefüggését a 2. ábrán mutatjuk be. Ez megerősíti azt az előbbi megállapításunkat, mely szerint a talajállapot-gyakoriság abban az esetben emelkedik a kritikusnak megállapított 4 fölé, amikor a havi csapadékmennyiség 30 mm alá csökken.

A hőmérséklet talajállapotra gyakorolt, közvetett hatását mutatja a 3. ábra. A hőmérséklet emelkedésével párhuzamosan növekszik az erózióra kedvező talajállapot gyakorisága. Az ettől a tendenciától eltérő, kiemelkedően magas gyakorisági értékek esetében a havi csapadékmennyiség a kritikus 30 mm alatt volt.

A hőmérséklet hatása a talajfelszín állapotára – a magasabb havi középhőmérsék-
letről kifolyólag – áprilisban erőteljesebben jelentkezik (4. ábra).



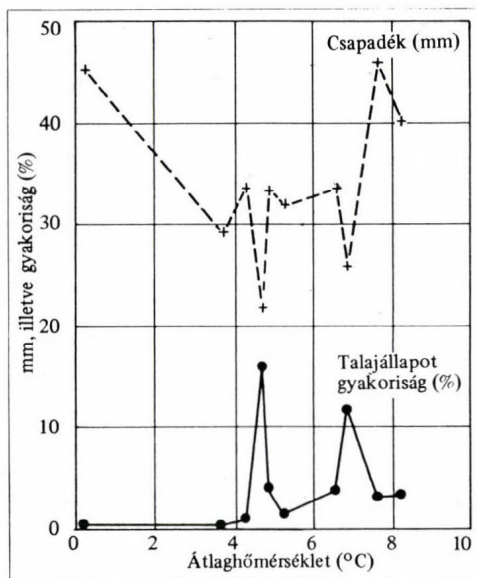
1. ábra:
A csapadékmennyiség és az erózióra kedvező talajállapot-gyakoriság a kárösszeg függvényében (március)



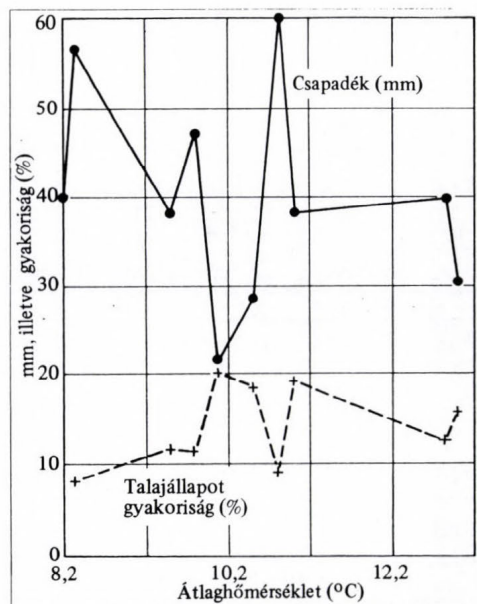
2. ábra:
A márciusi, erózióra kedvező talajállapot-gyakoriság a csapadékmennyiség függvényében

A grafikus elemzés során kapott eredmények igazolására elvégeztük az adatok matematikai-statisztikai vizsgálatát is. A statisztikai elemzés módszere a korrelációanalízis

volt. A vizsgált elemekre (kártérítési összegek, átlagolt meteorológiai adatok) kiszámítottuk a korrelációs értékeket. Az összefüggések erősségének megállapításához a következő inter-



3. ábra:
A csapadékmennyiség és az erózióra kedvező talajállapot az átlaghőmérséklet függvényében (március)



4. ábra:
A csapadékmennyiség és az erózióra kedvező talajállapot-gyakoriság az átlaghőmérséklet függvényében (április)

vallumokat adtuk meg:

- ha a korrelációs érték $0,41 < |r| < 0,60$ között van, az összefüggés gyenge;
- ha a korrelációs érték $0,61 < |r| < 0,80$ között van, az összefüggés közepes;
- ha a korrelációs érték $0,81 < |r| < 1,00$ között van, az összefüggés erős.

A korrelációs értékeket az egyes hónapok átlagolt adataival számoltuk ki és a következő megállapításokra jutottunk:

– március:

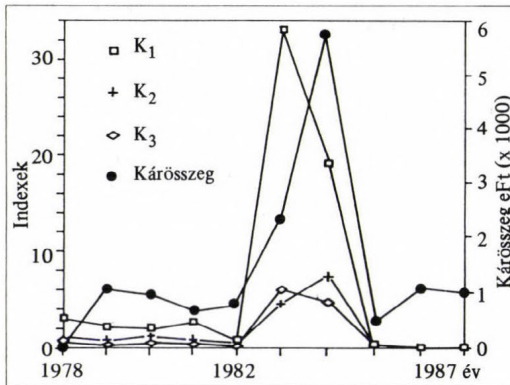
A kártérítési összeg a havi csapadékmennyiséggel közepes, negatív korrelációban áll ($r = 0,60$). A 10 m/s és a 20 m/s-nál nagyobb szélhőkészek gyakorisága inkább gyenge összefüggést mutat a széleróziós kárral. A korrelációs együttható rendre 0,55-el, illetve 0,62-vel egyenlő.

Az erózióra kedvező talajállapot gyakorisága és a kártérítési összeg közötti korreláció mértéke erős ($r = 0,88$). A csapadékmennyiség és a talajállapot negatív összefüggését mutatja a 0,65 korrelációs érték.

– április:

Az áprilisi meteorológiai paraméterek közül leginkább a szélhőkés-gyakoriság korrelál a széleróziós kár mértékével. A 10 m/s és a 15 m/s-nál erősebb szélhőkészek gyakorisága gyenge összefüggést mutat ($r = 0,59$, illetve $r = 0,59$). A 20 m/s-nál nagyobb szélhőkés esetében a korreláció erős ($r = 0,82$). A csapadék és az erózióra kedvező talajállapot ebben a hónapban erős, negatív összefüggést mutat ($r = 0,83$).

A korrelációs értékek alapján megállapíthatjuk, hogy a széleróziót elsősorban a havi csapadékmennyiség, a szél és a kedvező talajállapot befolyásolja. A hőmérséklet – bár korrelációs összefüggést nem mutat – hatása nem hagyható figyelmen kívül, mert közvetve a talajfelszín nedvességi állapotát befolyásolja.



5. ábra:
A széleróziót jellemző márciusi indexek (lásd szöveg) grafikus ábrázolása

A meteorológiai tényezők azonban nem külön-külön, egymástól függetlenül, hanem együttesen idézik elő a széleróziót. Ezeknek az összefüggéseknek a vizsgálatához az átlagolt meteorológiai adatokból a hónapot jellemző indexeket képeztünk. A kialakított formulák a következők:

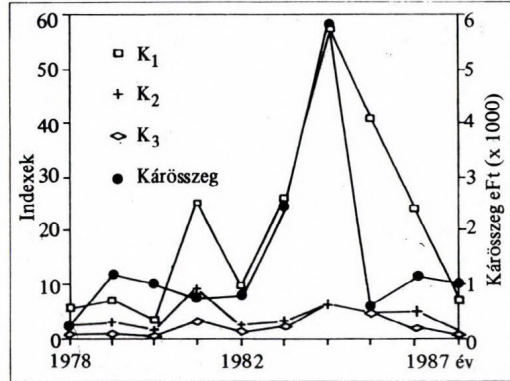
$$K(1) = 10 \cdot T_k / \text{csapadék};$$

$$K(2) = T_k \cdot (1,5 \cdot \{\text{szél} > 15\}) / \text{csapadék};$$

$$K(3) = t \cdot \{\{\text{szél} > 15\} \cdot T\} / \text{csapadék},$$

ahol t = havi középhőmérséklet °C-ban. Ezekben a formulákban T_k az erózióra kedvező talajállapot gyakorisága, $\{\text{szél} > 15\}$ a 15 m/s-nál erősebb szélhőkészek gyakorisága, míg a csapadék havi mennyisége mm-ben van kifejezve.

A formulák alapján a meteorológiai adatokból kiszámolt indexsorokat ismét korreláltuk a kártérítési összegekkel. A K_1 indexből számolt indexsor csak március hónapban korrelál a kártérítéssel, igen erős mértékben ($r = 0,93$). Áprilisban összefüggés nem mutatható ki. A K_2 indexsor márciusban és áprilisban is közepesen korrelál a kártérítési összeggel ($r = 0,76$, illetve $r = 0,65$). A K_3 indexsor és a kártérítési összeg értékei között közepes a korreláció, áprilisban valamivel erősebb. Az együtharó értéke márciusban és áprilisban rendre $0,65$, illetve $0,70$.



6. ábra:
A széleróziót jellemző áprilisi indexek (lásd szöveg) grafikus ábrázolása

A márciusi indexsorok grafikus ábrázolásából egyértelműen kitűnik, hogy a képzett indexsorok és a kártérítési összegek görbéinek lefutása hasonló: főleg a K_1 márciusi értéke esetében (5. ábra). Az áprilisi indexsorok esetében ez már nem olyan egyértelmű, a K_3 kivételével, amely valamivel szorosabb összefüggést mutat a kárösszeggel, mint a márciusi adatok (6. ábra). A K_1 áprilisi görbéje teljesen eltér a kárösszeg görbétől, amiből arra következtethetünk, hogy míg márciusban a csapadék és ezzel összefüggésben a talajállapot a meghatározó tényező, addig áprilisban a szélsébség a döntő.

4. Következtetések

A szélerózió jelensége több szempontból vizsgálható. Jelen tanulmányban a meteorológiai vonatkozásokat emeltük ki. Összefüggést állapítottunk meg az Állami Biztosító szélkár-statisztikája, illetve a talajállapot, a csapadék, a szellőkés-gyakoriság és a hőmérséklet között. Az erózió és a meteorológiai tényezők közötti kapcsolat vizsgálata során megállapítottuk, hogy a mezőgazdasági termelés szempontjából legveszélyesebb koratavaszi időszakban elsősorban a talajállapottól és a talaj nedvességtartalmától függ az erodálhatóság. Az erózióra kedvező száraz talajállapot kialakulásában meghatározó elem a csapadék mennyisége. Hazánkban az évi csapadékjárás minimuma január és február hónapban van (I. táblázat). Ez még márciusban is érezteti hatását, ebből következően e hónapban nagy gyakorisággal fordulhat elő az erózióra kedvező száraz talajállapot. A hőmérséklet és a szél szárító hatása – amely áprilisban hangsúlyosabban érvényesül –, a megélénkítő szelek (II. táblázat), a magasabb havi középhőmérséklet szintén befolyásolja a talaj nedvességtartalmát. Az eróziós károk megelőzésében tehát igen fontos szerepet játszik a talaj nedvességtartalmának megőrzése megfelelő agrotechnikai módszerek alkalmazásával.

Vizsgálataink eredményei alapján szolgálhatnak egy, az egész ország területére kidolgozandó széleróziós térképnek, amely a meteorológiai paraméterek alapján osztályozná az egyes tájegységeket az erózió általi veszélyeztetettség szerint.

IRODALOM

- Azizov, A., 1977: Influence of soil moisture on the resistance of soil to wind erosion. *Soviet Soil Science* 9, 105–108.
- Bodolay I-né, 1965: A talajok szélrózsiójának folyamata és dinamikája. *Agrokémia és Talajtan* 14, 311–320.
- Bodolay I-né, Máté F. és Szűcs L., 1976: A szélrózsió hatása a Bácskai löszháton. *Agrokémia és Talajtan* 25, 96–103.
- Borsy Z., 1972: A szélrózsió vizsgálata a magyarországi futóhomok területeken. *Földrajzi Közlemények* 20, 156–160.
- Borsy, Z., 1974: Recent results of wind-erosion studies in Hungarian blown-sand areas. *Földrajzi Értesítő* 23, 227–236.
- Dolgilevics, M. I., 1986: Prognozirovanie vetrovoj erozii pocsv. *Tez. dokl. 2. szjezda pocsvovédovi agrohímikov, USzSzR, Harkov*
- Fan, L. T. and Disrud, L. A., 1977: Transient wind erosion a study of the nonstationary effect on rate of wind erosion. *Soil Science* 124, 61–65.
- Gavrilov, L. N. i Rodionov, V. Sz., 1981: Rajonirovanie territorii podverzennoj vetrovoj erozii, po csasztote i szezonnosztii jejo pojavlenija (na primere Sztravopol szkogo kraja). *Materialii 7. Vsesz. Naucs. Konf. po Prirod i Ekon. Geogr. Rajonir SzSzsZr Moskva*, 42–45.
- Jarosevics, L. M., 1981: Metodika koliciesztvennij ocenki prirodnuh uszlovij territorii dlja razrabotki protivodefljacionnuh meroprijatij na meliorirovannuh zemljah. *Vlijanie hozdejat.-ti na prirodu BSzSzsZr Minszk*, 144–150.
- Karácsony J. és Király M., 1977: Deflációt kiváltó időjárási tényezők. Kísérletek a defláldott talajmennyiség mérésére. *OMSZ Hivatalos Kiadványok XLIII*, 205–210.
- Lynch, L. G. and Edwards, K., 1978: The analysis of limited climatic data with reference to wind erosion risk in semi-arid to arid regions. *Agricultural Meteorology* 21, 37–47.
- Maki T., 1985: Studies on the windbreak nets. Effects on the micrometeorological modification and wind erosion prevention by a windbreak net at the bare ground field in winter and spring. *Agricultural Meteorology* 40, 323–330.

BACH, W. and JAIN, A. K.: From Climate Crisis to Climate Protection. (Az éghajlati válságtól az éghajlat védelméig.) Greenpeace Germany, University Muenster, 1991. 74+12 oldal, 24 ábra, 14 táblázat, 38 irodalmi hivatkozás.

Wilfrid Bach a Münsteri Egyetem Alkalmazott Klimatológiai Tanszékének professzora, míg **Atul K. Jain** Indiából, Új Delhiből került a müncheni egyetemre mint tudományos kutató. A könyv alcíme: Mennyire hatékonyak az antropogén üvegházhatás csökkentésére tett határozatok? Ez az alcím jól kifejezi a szerzőpáros munkájának célját. Igen alapos elemzést adnak az emberi tevékenységből származó különböző üvegházgázok emissziójáról, az emissziós források relatív intenzitásáról, az üvegházhatásból eredő globális fölmelegedésről.

A számításkor a kiindulási föltétel változatlan emberi tevékenység, a BAU (business-as-usual). A különböző föltételekre elvégzett számítások alapján az üvegházhatás okozta fölmelegedést 2100-ig extrapolálták. Az egyes elméleti modellek 2100-ra 4,5, 2,5, illetve 1,5°C melegedést helyeznek kilátásba BAU esetén. A mennyiségük csökkenő sorrendjében a melegedést okozó üvegházgázok, illetve forrásaik a következők: CO₂ fosszilis tüzelőanyagokból, trópusi erdők irtásából, metán, halogénezett szénhidrogének, dinitrogén-oxid. Figyelmet érdemel az a táblázat, amely 180 ország évi szén-dioxid kibocsátásáról nyújt áttekintést.

A szerzők ezután sorra elemzik a különböző intézkedések, a Montreáli Jegyzőkönyv, a Londoni Egyezmény, valamint a német parlament Enquete-Bizottsága előírásainak betartása nyomán várható emisszió csökkentéseket. A CFC gázok kibocsátása 2010-re gyakorlatilag megszűnik, amennyiben a nemzetközi előírásokat betartják. A trópusi erdők irtása BAU esetén 2030-ra, illetve 2050-re teljesen eltűntetné az őserdőket a trópusokon. Az intézkedések betartásával az erdőirtás 2005 és 2010 között megszűnne. Az energia takarékossgal elérhető CO₂ emisszió csökkentés várhatóan a gazdaságilag fejlett országokban lesz a legerősebb, a fejlődő országokban az emisszió tovább növekszik. Hasonló számításokat végeztek a szerzők a metán és a dinitrogén-oxid emissziójának várható csökkentésére.

Mindezek alapján becsléseket végeztek a fölmelegedés várható csökkenésére vonatkozóan. Végül ajánlásokat adnak az 1990 és 2000 közötti időszakban hozandó nemzetközi intézkedésekre a légkör és éghajlat védelmére.

Koppány György

SCORER, R. S.: Satellite as Microscope. (Műhold, mint mikroszkóp) Ellis Horwood Ltd., Chichester, 1990. 268 old., számos fénykép és ábra.

Scorer professzor neve a magyar meteorológusok körében már az ötvenes években ismertté vált a hegyek szélárnyékos oldalán kialakuló hullámmozgás elméleti és experimentális vizsgálatával. A laikus szemlélő számára is megkapó Altocumulus lenticularisok a légkör egyébként csak mérésekkel felderíthető mozgásfolyamatait teszik láthatóvá és látványossá. Bizonyára a könyv szerzőjét is kezdettől fogva motiválhatta ez a jelenség, hiszen életművének jelentős része az aerodinamika, a felhőfizika és a műhold-meteorológia területére esik.

Alig négy évvel a „Cloud investigation by satellite” című könyvének megírása után – melyben inkább a nagytérségű felhőrendszerekkel foglalkozik – elkészült a kis-skálájú jelenségek bemutatásával és fizikai magyarázatával foglalkozó kötet. Tizenegy évnyi időszakból több ezer, műholdról készült felvétel közül választott ki néhány százat. Ezek között már jócskán akadt antropogén eredetű felhő is (pl. kondenzcsíkok), vagy földfelszín-közei jelenség (hőszigetek az infravörös tartományban készült képeken). A válogatáshoz az eredeti képanyagot kellett használnia, hiszen a számítógéppel feldolgozott képeken a nagytérségű folyamatok számára zajként jelentkező mikroskálájú felhőformák kiszűrésre kerülnek.

A könyv első négy fejezete a későbbiek megértéséhez szükséges sugárzási (szóródás, visszaverődés, elnyelés) és felhőfizikai ismereteket közli.

Külön fejezetet szentel a NOAA műholdak 3. csatornáján (3,55–3,93 μm -es hullámsáv) megjelenő képeknek, amelyek értelmezése elég bonyolult, hiszen a felhőfényesség nagymértékben függ a cseppnagyságtól.

Önálló fejezetet kaptak az óceánok felhőmentes területein felfedezhető, hajók okozta csíkok és a hulladékégető hajók füstfáklyái. A szárazföldi eredetű füstfáklyák is főleg a tengerek fölé érve válnak láthatóvá, különösen akkor, ha a bennük lévő vízgőz kondenzálódik.

A felső troposzférában megjelenő csíkok (orografikus Cirrus, kondenzcsík) tanulmányozásánál főleg a 3. csatorna képeit használja, amelyen a kondenzcsíkok hol fehér, hol fekete sávként jelennek meg, attól függően, hogy mennyivel korábban jöttek létre. Kapcsolatot talált a megfigyelt kondenzcsíkok és a létrehozó repülőgép típusok között is.

A természetes, illetve antropogén eredetű légköri homály, por és füst a részecskénagyságtól függően vagy a látható, vagy az infravörös tartományban készült képeken jelenik meg.

A szennyeződések lerakódásával foglalkozó fejezet látszólag elüt a könyv célkitűzéseitől, de a Csernobil-i radioaktív szennyeződés terjedésével és illusztrálásával foglalkozó alfejezet magyarázatot ad e kitérőre.

A vulkánok és erdőtüzek füstfáklyái ugyancsak jól felfedezhetők és analizálhatók a felhőképeken.

A „mikroszkopikus” jelenségek mellett a mezoskálájú formációkkal (lee-hullámok, frontok, inverziók) is foglalkozik a szerző, majd befejezésül újonnan felfedezett, különleges szerkezetű és formájú képződményeket mutat be.

A fényképekkel bőven illusztrált könyvben nagyon alapos, elmélyült fizikai magyarázatot is találunk minden jelenséggel kapcsolatban. Scorer professzor sokkal többet lát és közöl velünk, mint amit egy műhold-meteorológiával „barátságban” lévő meteorológus fel tud fedezni.

Egyetlen körülmény nehezítheti meg az olvasó dolgát: egyes esetekben nehéz azonosítani a leírtakat a fényképeken. Ezt megoldotta volna néhány azonosító jel, nyíl vagy földrajzi koordinátaháló felrakása.

Ambrózy Pál

MAROSI S. és SOMOGYI S. (szerk.): Magyarország kistájainak katasztere, I–II. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest, 1990. 1023 oldal, 60 irodalmi tétel, számos ábra, térkép és táblázat, települések jegyzéke.

Az MTA Földrajztudományi Kutató Intézet több évi kutatásainak kiemelkedő eredménye a Magyarország kistájainak katasztere című kiadvány, amely „a természeti erőforrások összehangolt hasznosítását megalapozó kutatások” megnevezésű tárcaközi program egyik feladatának, nevezetesen „A természeti erőforrások katasztere elkészítése”-nek a vizsgálati eredményeit foglalja össze két kötetben. A több mint 1000 oldalnyi kiadványban az egymástól eltérő 230 kistájunk fontosabb, főleg természeti környezeti tényezőit összegzi a könyv megírásában résztvevő 10 szerző. E terjedelmes tudományos mű az egyes hazai kistájak helyzetének, éghajlatának, vízrajzának, domborzatának, földtani adottságainak, talajainak, természetes és természetett növényzetének, s mindezek ismeretében a területhasznosításnak rendszerezett bemutatását adja, amit egy tájtipológiai összegzés zár.

A munkából egyértelműen kiviláglik, hogy mind a szerkesztőknek, mind a szerzőknek kifejezett törekvése volt – a nagy terjedelem ellenére is – a tömör szöveges értékelés és az azt alátámasztó, igen nagy mennyiségű számszerű adatok, mennyiségi paraméterek, ábrák és táblázatok közlése. A közölt bőséges adatbázis kitűnő forrásanyaga lehet további elemző vizsgálatoknak, sőt alapját képezheti egy, a regionalitás elvén felépülő széleskörű földrajzi adatbanknak is.

A kiadvány meteorológiai szempontból is értékes anyag, hiszen az éghajlati viszonyoknak ilyen részletes (kistájak szerinti bontású) és az egész országot felölelő jellemzése még nem jelent meg. A könyv ezen alfejezeteinek külön értéke, hogy a klímaadatbázis az 1951–1980 közötti meteorológiai megfigyeléseken alapul (vagyis a Meteorológiai Világszervezet által ajánlott legújabb klímaperióduson), s az adatközlés módja lehetővé teszi egyrészt a korábbi klímaperiódusokkal való összevetést, másrészt biztosítja az egyes kistájak éghajlati viszonyainak összehasonlító elemzését. A feldolgozott és közölt adatok kiválasztásának fő szempontjait a napfénytartamra, a hőmérsékleti- és csapadékviszonyokra, az ariditás mértékére, a szélenergiaviszonyokra, az éghajlati-típusokra és a területhasznosításra vonatkozólag – elsősorban az határozta meg, hogy maga a klíma mennyiben befolyásolja a tájban élő lakosság életlehetőségeit, a környezet és gazdálkodás összhangját.

Az agrometeorológusok és klimatológusok különös érdeklődéssel tanulmányozhatják a jól áttekinthető vízrajzi fejezeteket. E részben a táj vízfolyásainak jellemző adatait elemzi a szerző, ideértve a vízjárás jellemzőin túlmenően a vízminőséget is. A kistájak vízháztartásának területi értékeit a fajlagos felszíni lefolyási tényezővel, illetve a vízhiány és a vízfelesleg értékeivel jellemzi. Az idevonatkozó adatok jól hasznosíthatók az öntözővíznormák meghatározásához, továbbá az öntözés szükségességének, illetve mértékének megállapításához. Részletes képet kapunk a tájak állóvizei-ről, a talajvízről, annak mennyiségi és minőségi viszonyairól, végül a táj vízkészleteinek kihasználtságáról.

Az agrometeorológiai és éghajlati kutatások hőháztartási témakörében nagy segítséget jelent a kiadvány talajtani jellemzőkre vonatkozó ismeretanyaga. Ugyanis a legtöbb konkrét anyagot a tájak talajait ismertető fejezetrészek nyújtják a talajtípusok területi részarványának, az egyes típusok és a lejtőszög kapcsolatának, valamint a terület-hasznosítással való összefüggéseknek a táblázatos bemutatásával. A megértést és a kistájak helyi viszonyai sajátosságainak értelmezését kitűnően fogalmazott magyarázó szöveg könnyíti meg.

Mintegy összefoglaló szintézisnek tekinthető a kistájak tájtipológiai jellemzése, amihez a szerzők felhasználták a többi tájtényezőről készült és leírt adatokat, értékeléseket. Ez a jellemzés minden táj, és kistáj esetében megtalálható a kiadványban. A leírt sajátosságok alapján meghatározták azokat a tájtipológiai egységeket, amelyek egészében vagy részleteiben az egyes tájakat jellemzik és azt is, hogy területükből milyen arányban részesülnek. A tipológiai jellemzés alapján utalnak a tájhasznosítás jelenlegi helyzetével való összhangra, a szükségesnek látszó, vagy egyéb okból fellépő változás lehetőségeire és jellegére.

Egyet kell értenünk *Pécsi Márton* akadémikusnak a kiadvány előszavában írt értékelésével, miszerint „Magyarország kistájainak katasztere” nem csupán tömören összegzi és megújítja a sok évtizedes, tudományos és gyakorlati célból szerzett ismereteinket, hanem újabb széleskörű adatgyűjtés és egységes szemlélet alapján új műfaji feldolgozást ad a földtudományok – köztük a meteorológia, különös tekintettel az agrometeorológia és klimatológia valamint a gyakorlati célú felhasználók számára.

Antal Emánuel

Antal Emánuel nyugalomba vonult

Antal Emánuel egyetemi hallgató korában csak felületesen ismertem. Azt azonban tudtam róla, hogy az Eötvös Loránd Tudományegyetem azon meteorológus hallgatói közé tartozik, akik még az előadások közti szünetekben is sokszor szakmai kérdésekről vitatkoznak. Így nem is volt váratlan, hogy meteorológus diplomáját 1955-ben kitüntetéssel szerezte meg.

Munkatársként az 1958-ban indult Balaton-kutatáson találkoztunk, mint az Országos Meteorológiai Intézet alkalmazottjai. Bár tevékenységünk közvetlenül nem függött össze, hiszen ő terepklimatológiai, én aerológiai méréseket végeztem, nagy hatással volt rám szakmai tudása és szeretete, valamint szervezőkészsége. Megéreztem, hogy azok közé a kollégák közé tartozik, akik el akarnak érni valamit és elképzeléseiket végre is tudják hajtani. A Balaton sugárzás-, hő- és vízháztartása témakörben megjelent tanulmányait érdeklődéssel olvastam. Ezek a tanulmányok alapul szolgáltak „Az evapotranspiráció meghatározása” című doktori értekezéséhez, amelyet az ELTE-n 1961-ben „summa cum laude” minősítéssel védett meg.

Antal Emánuel érdeklődése ezután a növények vízháztartásának vizsgálata felé fordult. 1963-ban Szarvason agrometeorológiai állomást létesített, majd 1965-ben az akkori Országos Vízügyi Hivatal (OVH) megbízásából a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen karöltve evapotranspirométeres hálózatot szervezett. Még ma is világosan emlékszem egy 1964-es megbeszélésre, amikor kandidátusi témáját terjesztette elő, amelynek lényege az öntözővíz mennyiségének meteorológiai alapokon történő meghatározása és előrejelzése volt. A tervekről nem csak a meteorológus, hanem a jelen lévő vízügyi és mezőgazdasági szakemberek is igen lelkesen nyilatkoztak. Számomra kézzel foghatóan először ekkor világosodott meg, hogy a légköri mérések milyen fontos gyakorlati célok megvalósítását segíthetik elő. Az 1968-ban megvédett „Az öntözés előrejelzése meteorológiai ada-

tok alapján” című kandidátusi értekezése igazolta azokat a várakozásokat, amelyeket a téma felvetése keltett. Sőt, a munkát az OVH a „*Vizgazdálkodás Kiváló Dolgozója*” című kitüntetéssel is elismerte.

A kandidátusi fokozat megszerzése után további fontos elképzelései valósultak meg. Ezek közé tartozott a Fertő tavi kutatás, amelynek anyagából több doktori disszertáció, ötvennél több tanulmány és két könyv született. Ebben az időben *Antal Emánuel* már több kutató munkáját irányította, bizonyítva tudományos iskolateremtő képességeit. Másik fontos kutatási témája a talajerőgazdálkodás agrometeorológiai megalapozása volt. Ez is olyan komplex témakör, amelyben nagyszerűen megtalálta a közös hangot más tudományok képviselőivel, esetünkben a Keszthelyi Agrártudományi Egyetem munkatársaival.

Az addig is kiváló szakmai felkészültségét tovább emelte a jó munkáját elismerő, a Meteorológiai Világszervezettől kapott ösztöndíj, amellyel egy évet az Egyesült Államokban töltött a korszerű agro- és hidrometeorológiai mérési és kutatási módszerek megismerése céljából

Antal Emánuel szakmai pályájának kiemelkedő eseménye volt a konzervipari növények termeltetésének és feldolgozásának összehangolására, 1977-ben elindított számítógépes integrált termelésirányító mintarendszer kidolgozása. A munka az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság anyagi támogatásával a Nyíregyházi Konzervgyár közreműködésével folyt, de tudományos részét *Antal Emánuel* szervezte és irányította. A kutatás eredményeit a konzerviparban a mai napig használják. A meteorológus szakmában egyedülállóan, a kutatás elismeréseképpen 1988-ban „*Állami Díj*”-at kapott.

Szakmai és emberi kapcsolatunk mindig kifogástalan volt. Hosszú ideig szakmai felettese voltam, majd 1981-ben szerepet cseréltünk. Mint az Országos Meteorológiai Szolgálat elnökhelyettese éve

ken át hivatali felettesem volt. Személyiségére jellemző, hogy a hosszú évek alatt egyetlenegy hangosabb szó sem hangzott el közöttünk.

Az OMSZ elnökhelyetteseként, illetve 1990 decembere és 1991 februárja között megbízott elnökként, a szakmai munkára *Antal Emánuel*nek természetesen kevesebb ideje maradt. Szakmai ismereteit és szervezőképességét azonban ebben a munkakörben is jól kamatoztatta. Így, egyebek mellett, 1987-ben újra mozgósította munkatársait. A Magyar Tudományos Akadémia támogatásával kétoldali kutatási együttműködést kezdeményezett az Országos Meteorológiai Szolgálat és a National Center for Atmospheric Research (NCAR, Boulder, USA) között a szélsőséges éghajlati események tanulmányozására. Az együttműködés négy esztendeje alatt a program keretében 27 tanulmányt, s egy angol nyelvű kiadványt publikáltak a résztvevő kutatók.

Antal Emánuel tudományos közéleti szereplése is figyelemreméltó. Ezt bizonyítja, hogy számos tudományos bizottság tagja (MTA Meteorológiai Tudományos Bizottsága, valamint Hidrológiai Bizottsága, a Tudományos Minősítő Bizottság Földrajz és Meteorológiai Szakbizottsága, az ICID Magyar Nemzeti Bizottsága stb), társelnöke a Magyar Meteorológiai Társaságnak, szerkesztő bizottsági tagja az „*Időjárás*”-nak 1977-től, valamint az „*Agricultural and Forest Meteorology*” című nemzetközi szakfolyóiratnak 1974-től.

Több, mint 20 éve vesz részt a felsőfokú agrárképzés agrometeorológiai oktatásában, aminek elismeréséül a *Gödöllői Agrártudományi Egyetemen* 1980-ban *címzetes egyetemi docens*, majd 1985-ben *címzetes egyetemi tanár* kinevezést kapott.

Publikációs munkáinak döntő többsége az agro- és hidrometeorológia tárgykörében jelent meg. Részt vett 4 szakkönyv, 3 egyetemi jegyzet megírásában, szerkesztője és társszerzője két angol nyelvű kiadványnak, összesen 102 tanulmány szerzője, illetve társszerzője, amelyből 20-nál több idegen nyelven jelent meg.

A rövid megemlékezés természetesen nem teszi lehetővé, hogy *Antal Emánuel* pályafutásának minden részletét elemezzük és méltassuk. Egyértelmű azonban, hogy az utóbbi évtizedek egyik legkiemelkedőbb meteorológusa. Személye összeforrt a légköri kutatások és az OMSZ tevékenysége színvonalának emelésével. Tudományágunk fejlődéséért olyan sokat tett, hogy munkájának eredményei még sokáig fellelhetők lesznek szakmánk mindennapjaiban. Sőt azt is reméljük, hogy jól megérdemelt pihenése közben arra is marad ideje, hogy problémáink megoldásában tanácsaival továbbra is segítsen bennünket. Nyugdíjas éveikhez sok erőt és egészséget kívánunk.

Mészáros Ernő

ATMOSPHERIC ENVIRONMENT

an international journal

To promote the distribution of *Atmospheric Environment* „Időjárás” publishes regularly the contents of this important journal. For further information the interested reader is asked to contact *Dr. P. Brimblecombe*, School for Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich NR4 7TJ, U. K.

Volume 25A Number 11 1991

Symposium on Global Climatic Effects of Aerosols

- | | | |
|--|------|---|
| <i>J. E. Penner and G. W. Mulholland</i> | 2433 | An overview |
| <i>S. Twomey</i> | 2435 | Aerosols, clouds and radiation |
| <i>O. Preining</i> | 2443 | Aerosol and climate—an overview |
| <i>T. L. Anderson and R. J. Charlson</i> | 2445 | Geophysiology of natural marine sulfate aerosols |
| <i>J. G. Hudson</i> | 2449 | Observations of anthropogenic cloud condensation nuclei |
| <i>P. A. Durkee, F. Pfeil,
E. Frost and R. Shema</i> | 2457 | Global analysis of aerosol particle characteristics |
| <i>W. G. N. Slinn</i> | 2473 | Hints of another gremlin in the greenhouse: anthropogenic sulfur |
| <i>S. M. Kreidenweis, F. Yin,
S.-C. Wang, D. Grosjean,
R. C. Flagan and J. H. Seinfeld</i> | 2491 | Aerosol formation during photooxidation of organosulfur species |
| <i>S. M. Kreidenweis, J. E. Penner,
F. Yin and J. H. Seinfeld</i> | 2501 | The effects of dimethylsulfide upon marine aerosol concentrations |
| <i>D. J. Erickson, III, J. J. Walton,
S. J. Ghan and J. E. Penner</i> | 2513 | Three-dimensional modeling of the global atmospheric sulfur cycle: a first step |
| <i>A. D. A. Hansen, W. H. Benner
and T. Novakov</i> | 2521 | Sulfur dioxide oxidation in laboratory clouds |
| <i>W. G. Finnegan, R. L. Pitter
and L. G. Young</i> | 2531 | Preliminary study of coupled oxidation-reduction reactions of included ions in growing ice crystals |
| <i>M. J. Molina</i> | 2535 | Heterogeneous chemistry on polar stratospheric clouds |
| <i>E. M. Patterson, R. M. Duckworth,
C. M. Wyman, E. A. Powell
and J. W. Gooch</i> | 2539 | Measurements of the optical properties of the smoke emissions from plastics, hydrocarbons, and other urban fuels for nuclear winter studies |
| <i>N. P. Bryner and G. W. Mulholland</i> | 2553 | Smoke emission and burning rates for urban structures |
| <i>M. F. Iskander, H. Y. Chen
and J. E. Penner</i> | 2563 | Resonance optical absorption by fractal agglomerates of smoke aerosols |

<i>C. F. Rogers, J. G. Hudson, J. Hallett and J. E. Penner</i>	2571	Cloud droplet nucleation by crude oil smoke and coagulated crude oil/wood smoke particles
<i>D. E. Hagen, M. B. Trueblood and J. Podzimek</i>	2581	Combustion aerosol scavenging
<i>J. Podzimek, M. B. Trueblood and D. E. Hagen</i>	2587	Condensation nuclei activation or deactivation by deposited insoluble particles
<i>N. L. Miller and P. K. Wang</i>	2593	A theoretical determination of the collection rates of aerosol particles by falling ice crystal plates and columns
<i>T. F. Harvey and L. L. Edwards</i>	2607	A parametric investigation of electrical effects on aerosols scavenging by droplets over large fires
<i>S. J. Ghan</i>	2615	Chronic climatic effects of nuclear war
<i>D. P. Bacon and R. A. Sarma</i>	2627	Agglomeration of dust in convective clouds initialized by nuclear bursts
<i>L. C. Rosen and J. Ipser</i>	2643	Scattering of ground based lasers by aerosols in an atmosphere with enhanced particle content

Volume 25A Number 12 1991

<i>E. Ganor</i>	2657	The composition of clay minerals transported to Israel as indicators of Saharan dust emission
<i>E. Ganor, H. A. Foner, S. Brenner, D. Neeman and N. Lavi</i>	2665	The chemical composition of aerosols settling in Israel following dust storms
<i>A. G. Allen, R. M. Harrison and K. W. Nicholson</i>	2671	Dry deposition of fine aerosol to a short grass surface
<i>R. W. Gillett and G. P. Ayers</i>	2677	The use of thymol as a biocide in rainwater samples
<i>C. Veldt</i>	2683	Emissions of SO _x , NO _x , VOC and CO from East European countries
<i>E. Atlas</i>	2701	Observation of possible elemental sulfur in the marine atmosphere and speculation on its origin
<i>L. A. Smith and A. S. Lefohn</i>	2707	Co-occurrence of ozone and wet deposited hydrogen ion in the United States
<i>G. Zhang, P. K. Dasgupta and Y.-S. Cheng</i>	2717	Design of a straight inlet diffusion scrubber. Comparison of particle transmission with other collection devices and characterization for the measurement of hydrogen peroxide and formaldehyde
<i>A. S. Wexler and J. H. Seinfeld</i>	2731	Second-generation inorganic aerosol model
<i>B. Y. Underwood</i>	2749	Deposition velocity and the collision model of atmospheric dispersion-I. Framework and application to cases with constant turbulent velocity scale

B. Y. Underwood

*W. P. L. Carter and
F. W. Lurmann*

*F. Raes, C. Tassone, G. Grippa,
N. Zarimpas and G. Graziani*

*R. R. Draxler, R. Dietz,
R. J. Lagomarsino and G. Start*

*W. H. Snyder and
R. E. Lawson, Jr*

*S. T. Trudgill, H. A. Viles,
R. U. Cooke, R. J. Inkpen,
A. L. Heathwaite and J. Houston*

*D. T. Mylonas, D. T. Allen,
S. H. Ehrman and S. E. Pratsinis*

*D. Camuffo, A. Bernardi and
P. Bacci*

*R. D. Saylor, L. K. Peters and
R. Mathur*

Technical Note

*J. J. Colls, P. A. Geissler and
C. K. Baker*

Short Communication

*M. D. Cheng, P. K. Hopke,
S. Landsberger and L. A. Barrie*

Discussions

*G. W. Gross, W. G. Finnegan
and R. L. Pitter*

J. Dignon

- 2761 Deposition velocity and the collision model of atmospheric dispersion-II. Extension to cases with variable turbulent velocity scale
- 2771 Evaluation of a detailed gas-phase atmospheric reaction mechanism using environmental chamber data
- 2807 Updating long-range transport model predictions using real-time monitoring data in case of nuclear accidents with release to the atmosphere
- 2815 Across North America Tracer Experiment (ANATEX): sampling and analysis
- 2837 Fluid modeling simulation of stack-tip downwash for neutrally buoyant plumes
- 2851 Trends in stone weathering and atmospheric pollution at St Paul's Cathedral, London, 1980-1990
- 2855 The sources and size distributions of organonitrates in Los Angeles aerosol
- 2863 Transboundary transport of atmospheric pollutants through the eastern Alps
- 2873 The STEM-II regional-scale acid deposition and photochemical oxidant model-III. A study of mesoscale acid deposition in the lower Ohio River Valley

- 2895 Long-term performance of a field-release system for the intermittent exposure of agricultural crops to sulphur dioxide

- 2903 Distribution characteristics of trace elements and ionic species of aerosol collected at Canadian High Arctic

- 2911 Preliminary study of coupled oxidation-reduction reactions of included ions in growing ice crystals

- 2915 Perturbations to tropospheric oxidants 1985-2035.2. Calculations of hydrogen peroxide in chemically coherent regions



SZERZŐINK FIGYELMÉBE

Az IDŐJÁRÁS célja az elméleti és alkalmazott meteorológia tárgykörébe tartozó tanulmányok publikálása. A tanulmányok új kutatási eredményeket tartalmazó beszámolók, illetve adott szakterület időszerű kérdéseit összefoglaló kritikai szemlecek lehetnek. A közlés nyelve: magyar vagy angol. A kettes sortávolsággal gépelt kéziratok két példányban küldendők be a következő címmel: **Időjárás Szerkesztősége 1525 Budapest, Pf.: 38.**

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

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

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

Szövegrész: Alcímekkel értelemszerűen fejezetekre tagolandó.

Irodalmi hivatkozások: Szövegben a hivatkozás tartalmazza a szerző(k) nevét aláhúzva és a publikálás évét. Például egyetlen szerző esetén: *Róna* (1909), vagy ha a szerző neve a szövegbe nem illeszthető be: (*Róna*, 1909); két szerző esetén: *Gamow és Cleveland*, (1953). Ha adott szerzők ugyanazon évben publikált több cikkére hivatkozunk, akkor az évszámhoz *a*), *b*) stb. betűket írunk. Az irodalom felsorolása a **cikk végén** a szerző(k) neve szerinti betűrendben történik. Folyóirat esetén: szerző(k) neve, évszám, a cikk címe, a folyóirat neve, kötetszám, kezdő és befejező oldalszám. Például: *Dési, F.*, 1955: A meteorológiai kutatás időszerű kérdései. *Időjárás* 57, 65–70. Könyv esetén: Szerző(k) neve, évszám, könyvcím, kiadó, megjelenés helye. Például: *Junge, C. E.*, 1963: *Air Chemistry and Radioactivity*. Academic Press, New York and London.

Ábrák: A kézirat első példányához az ábrákat pausz- vagy mm- papíron, a másodikhoz az eredeti ábrák másolatát kell csatolni. Az ábrák aláírásait külön lapon kell mellékelni. Fényképek fekete-fehér színben, fényes, kontrasztos minőségben nyújthatók be.

Táblázatok: A táblázatokat római számozással, szöveggel együtt, külön lapon kell mellékelni.

Matematikai formulák és jelölések: A nem latin betűkkel és kézzel írott jelekkel a margón ceruzával írt magyarázattal kell ellátni.

A szerzők megjelent tanulmányukért térítésmentesen 30 db **különlenyomatot** kapnak. Több különlenyomat a szerző költségére a kézirat elküldésével egyidejűleg rendelhető.

NOTES TO THE AUTHORS

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

Papers will be subjected to constructive criticism by unidentified referees.

The manuscript should meet the following formal requirements:

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

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

References: The text citation should contain the name(s) of the author(s) underlined and the year of publication. In case of one author: *Róna* (1909), or of the name of the author cannot be fitted into the text: (*Róna*, 1909); in case of two authors: *Gamow and Cleveland* (1973); there are more than two authors: *Bacsó et al.*, (1953). When referring to several papers published in the same year by the same author, the year of publication should be followed by letters, *a*), *b*) etc. At the end of the paper the list of references should be arranged alphabetically. For an article: the name(s) of author(s), year, title of article, name of journal, volume number, pages. E. G. *Dési, F.*, 1955: Current problems of meteorological research, *Időjárás* 57, 65–70. For a book: the name(s) of author(s) year, title of book, publisher, place of publication. E. G. *Junge, C. E.*, 1963: *Air Chemistry and Radioactivity*. Academic Press, New York and London.

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

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

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

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

Az Országos Meteorológiai Szolgálat Folyóirata

Készült az Országos Meteorológiai Szolgálat Nyomdájában,

1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1. Telefon: 1 353 500

Felelős vezető: **Máthé Gyuláné**

Felelős kiadó: **Dr. Mersich Iván**, az OMSZ elnöke

Levél cím: 1525 Budapest, Pf.: 38.

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324-6329