

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

88. ÉVF. ★ 4. SZÁM ★ 1984. JÚLIUS—AUGUSZTUS

TARTALOM

<i>Péczy György</i> : Az afrikai Száhel-övezet csapadékingadozásainak kapcsolata a Föld időjárási anomáliáival	185
<i>Penzar, I.—Penzar, B.</i> : A napfénytartamnak az eloszlásfüggvény segítségével meghatározott jellemzői Horvátországban (angol nyelven)	193
<i>Závodsky, D.—Mitošinková, M.</i> : A nitrogénvegyületek légköri mérlege Csehszlovákia fölött (angol nyelven)	202
<i>Kapovits Albert</i> : Frontális felhő—csapadék rendszer vizsgálata	210
<i>Sastri, A. S. R. A. S.—Patel, S. R.</i> : A szárazgazdálkodású rizs mezőgazdasági aszályának osztályozása — Esettanulmány Közép-Indiára (angol nyelven)	223
<i>Nathan, K. K.</i> : Egy referencia növényállomány evapotranspirációja és összetevői közötti kapcsolat szemiárid területen (angol nyelven)	228
<i>Kmetykó Katalin</i> : A kukorica területi termésátlagának előrejelzése meteorológiai paraméterek segítségével	232
<i>Ajtay Ágnes—Bonz József—Takács Ferenc</i> : Összefüggés a vetőburgonya termés hozama és a meteorológiai tényezők között	238
Irodalom	247

CONTENTS

<i>Péczy, G.</i> : Relationship between the oscillations of precipitation in Sahel-zone in Africa and weather anomalies of the Earth	185
<i>Penzar, I.—Penzar, B.</i> : Features of sunshine duration in Croatia determined by means of distribution functions (in English)....	193
<i>Závodsky, D.—Mitošinková, M.</i> : Estimation of atmospheric budget of nitrogen compounds over Czechoslovakia (in English)	202
<i>Kapovits, A.</i> : Radar study of a frontal cloud—precipitation system	210
<i>Sastri, A. S. R. A. S.—Patel, S. R.</i> : Classification of agricultural droughts of rainfed rice crop — A case study for Central India (in English)	223
<i>Nathan, K. K.</i> : A note on the relationship between reference crop evapotranspiration and its components in a semiarid environment (in English)	228
<i>Kmetykó, K.</i> : Prediction of areal average yield of maize on the basis of meteorological parameters	232
<i>Ajtay, Á.—Bonz, J.—Takács, F.</i> : Relation between crop yield of seed potatoes and meteorological parameters	238
Literature	247

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 88. ★ NO. 4. ★ JULY—AUGUST 1984. ★ BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata
Journal of the Hungarian Meteorological Service

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD

AMBRÓZY P. (Budapest)	MESINGER, F. (Beograd)
ANTAL E. (Budapest)	PRUPPACHER, H. R. (Mainz)
BENGTSSON, L. (Reading)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
BÖHME, W. (Potsdam)	RENOUX, A. (Paris-Créteil)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)	ŠAMAJ, F. (Bratislava)
FISHER, B. (Leatherhead)	SPÁNKUCH, D. (Potsdam)
GEORGII, H. – W. (Frankfurt a. M.)	STELCZER K. (Budapest)
GÖTZ G. (Budapest)	SZEPESI D. (Budapest)
GULYÁS O. (Budapest)	TAYLOR F. W. (Oxford)
HAMAN, K. (Warsawa)	TÄNZER T. (Budapest)
HUSAR, R. (St. Louis, Missouri)	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
KAPOVITS, A. (Budapest)	VITEK, V. (Praha)
LOGVINOV, K. (Kijev)	WHELPDALE, D. M. (Downsview, Ont.)
MAJOR GY. (Budapest)	WIRTH E. (Pécs)

Elnök – Chairman of the Editorial Board:

MÉSZÁROS ERNŐ (Budapest)

Szerkesztő – Editor:

LŐRINCZ ANNA (Budapest)

Szerkesztőség: Budapest, Postafiók 38. 1525

Előfizetés: 1 évre 223 Ft. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán
Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024. Levélcím: Budapest, Pf. 38. 1525. Megjelenik kéthavonként.

Egyes szám ára 38 Ft

Editorial Office: H-1525 Budapest P. O. B. 33 — Hungary. This journal, published bimonthly
can be purchased from the distributor: KULTURA, H-1389 Budapest P.O.B. 149 — Hungary

The actual subscription rate is determined by the distributor

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88.évf. 4.szám,1984. július-augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol.88. No 4. July-August.1984. Budapest

Az afrikai Száhel-övezet csapadékingadozásainak kapcsolata a Föld időjárási anomáliáival

PÉCZELY GYÖRGY József Attila Tudományegyetem Éghajlattani Tanszéke, Szeged. Pf. 661.

Relationship between the oscillations of precipitation in Sahel-zone in Africa and weather anomalies of the Earth. The author studies the conditions of drought striking the Sahel-zone in the last 15 years, a relation is searched between the weather anomalies of this zone and other parts of Earth. Between 1931 and 1960 the precipitation-supply was relatively favourable in this zone. This present dry period was started in 1968. Analysing the connection between the yearly amounts of precipitation and the synoptic pressure-patterns it has turned out, that there is a positive correlation between the precipitation anomalies of Sahel-zone and the developing phase South-Pacific oceanic and South-Atlantic subtropical anticyclones. At the same time relation is inverse with the North-Atlantic subtropical anticyclone. The author has pointed out, that there exists a negative correlation between the precipitation Sahel-zone and the precipitation of equatorial belt of Pacific Ocean, furthermore the temperature of water in the effective region of the Peru-current.

✱

Az afrikai Száhel-övezet csapadékingadozásainak kapcsolata a Föld időjárási anomáliáival. Szerző a Száhel-övezetet az utóbbi 15 évben sújtó aszály feltételeit elemzi, kapcsolatot keres az övezetben és a Föld más részein fellépő időjárási anomáliák között. 1931–1960 között az övezet csapadékelátottsága viszonylag kedvező volt. A jelenleg is tartó nagyon száraz periódus 1968-ban kezdődött. Elemezve az évi csapadékösszegek és a nagytérségű légnyomáseloszlás közötti kapcsolatot kiderült, hogy reális pozitív korreláció van a Száhel-övezet csapadékanomáliái és a dél-csendes-óceáni valamint a dél-atlanti szubtrópusi anticiklonok fejlettsége között. Ugyanakkor ellentétes a kapcsolat az észak-atlanti szubtrópusi anticiklonnal. Kimutatta a szerző azt is, hogy a Száhel-övezet csapadéka negatív korrelációban áll a Csendes-óceán egyenlítői övezetének csapadékával és a Perui-áramlás hatáskörzetének vízhőmérsékletével.

The unfinished manuscript of the paper was received by the editorial staff after the author's untimely death. It was known, that the author was dealing with this theme and the greatest part of the paper had been done. By the help of his and ex-collaborators the editorial board obtained the manuscript. No change was made, only the last sentence was finished. This last paper of Professor György Péczely, climatologist, even if it is uncompleted was considered worthy of being published, — hopefully with the readers' endorsement.

✱

E tanulmány kézírata a Szerző váratlan halála után, befejezetlenül került szerkesztőségünkbe. Tudomásunk volt arról, hogy Péczely professzor foglalkozik ezzel a témával, és hogy a kézirat nagyobbik, lényeges része már elkészült, csupán befejezése hiányzik. A Szerző közvetlen hozzátartozói s a tanszék munkatársai eljuttatták szerkesztőségünkbe a kéziratot. Szövegén semmit sem változtattunk, csupán az utolsó, félbemaradt mondatot fejeztük be. Péczely Györgynek, a szegedi

egyetem klimatológus-professzorának írásaival három évtizeden át rendre találkozhattak olvasóink folyóiratunkban. E legutolsó, sajnálatosan befejezetlenül maradt tanulmányát — reméljük, olvasóink egyetértésével — még így is, föltétlenül érdemesnek tartottuk közlésre. (A szerkesztő).

✱

A Szahara és az afrikai Szavanna-övezet között az Atlanti-óceántól az Etióp-magasföldig végighúzódó, mintegy 600 — 800 km szélességű zóna jelentős évközi csapadékingadozásai már a meteorológiai megfigyelések kezdetekor felkeltették a szakemberek figyelmét. Az utóbbi másfél évtizedben egyre szélesebb körű érdeklődés kísérte az afrikai Száhel-övezet csapadékát, mivel a sorozatosan fellépő száraz évek káros következményei a térség megváltozott gazdasági, társadalmi és politikai viszonyai miatt a múlthoz képest jelentősen fokozódtak. A népesség és az állatállomány rohamos növekedése, a túllegettetés miatti nagymérvű talajpusztulás és a nomád pásztorok vándorlását korlátozó államhatárok együttesen oda hatottak, hogy az utóbbi évek tartós szárazsága máskor nem tapasztalt katasztrófális éhínséget okozott, s több százezer ember éhhalálát idézte elő.

A trópusi száraz Szavanna-övnek, amely az afrikai Száhel-országok (Szenegambia, Mali, Felső-Volta, Niger, Csád, Szudán) mezőgazdasági területeinek túlnyomó részét uralja, legjellemzőbb éghajlati sajátossága a csapadék nagyfokú bizonytalansága. Ez abban áll, hogy az évi csapadéknak szinte teljes egészét adó rövid, 2 — 3 hónapos nyári esős időszak egyes években alig fejlődik ki, vagy akár teljesen el is marad, ha a délnyugati nyári monszun nedves légtömegei nem érik el az érintett térséget. Ennek közvetlen oka a trópusi konvergencia zóna (ITCZ) szokásosnál délebbi helyzete a nyári hónapokban.

A jelenség azonban, amint arra a következőkben rámutatunk, nem csupán lokális méretű, hanem az kapcsolatban áll a Föld más részein fellépő időjárási anomáliákkal is.

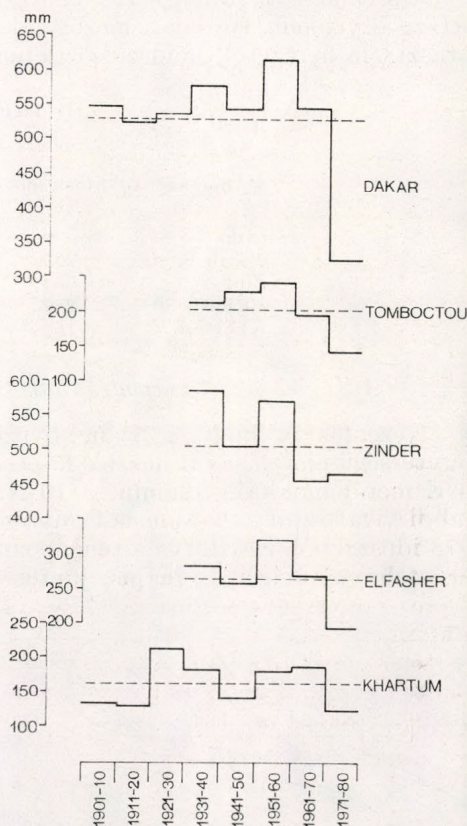
A Száhel-övezet csapadékingadozásai 1901 — 1982 között

A Száhel-övezet csapadékingadozásainak jellemzésére viszonylag kevés átlomásról van hosszúsorozatú észlelési anyag. Vizsgálatunkhoz a következő megfigyelőhelyek évi csapadékösszegeinek idősorait használtuk fel: Dakar: $\varphi = 14^{\circ}44' N$, $\lambda = 17^{\circ}30' W$, Tombouctou (Timbuktu): $\varphi = 16^{\circ}46' N$, $\lambda = 3^{\circ}01' W$, Zinder: $\varphi = 13^{\circ}48' N$, $\lambda = 9^{\circ}00' E$, El Fasher (el-Fáser): $\varphi = 13^{\circ}37' N$, $\lambda = 25^{\circ}20' E$, Khartoum (Kartúm): $\varphi = 15^{\circ}36' N$, $\lambda = 32^{\circ}33' E$. Zárójelben az illető hely elfogadott fonetikus magyar átírása áll. A felsorolt állomások között Dakar és Kartúm adatsora 1901 — 1982-ig, Timbuktu, Zinder és el-Fáser adatsora pedig 1931 — 1982-ig terjed. A felsorolt állomások évi csapadékösszegeinek 10 éves átlagait az I. ábra tünteti fel.

Kitűnik, hogy a száraz évek utolsó évtizedbeli halmozódása az egész Száhel-övezetre, de főként annak nyugati részére jellemző, Dakarbon például az 1971 — 1980-as időszak átlagos évi csapadéka csupán 61,8%-a volt az 1901 — 1982 közötti időszak átlagának. Ezzel szemben 1931 — 1960 között viszonylag kedvezően alakult az övezet csapadékellátottsága, ez az időszak a Száhel klímaoptimumának tekinthető.

A Száhel-övezet csapadékellátottságának részletesebb időbeli alakulását az I. táblázat adatai érzékeltetik. Az összeállítás az övezet évi csapadékának

átlagos százalékos értékeit tartalmazza 1931 – 1982-ig. Ezeket a számértékeket úgy állítottuk elő, hogy a vizsgált 5 állomás évi csapadékösszegeit a vonatkozó időszak átlagának százalékában fejeztük ki s ezeknek az értékeknek a számtani közepét tekintettük.



1. ábra: A Száhel-övezet néhány állomásának tízéves csapadékátlagai (szagatott vonal: sokévi átlag)

Látható, hogy a napjainkig tartó Száhel-szárazság 1968-ban kezdődött el, s ezt a hosszú száraz szakaszt csak 1979 közel normális csapadéka szakította meg. Ezen a 15 éves száraz időszakon belül a legsúlyosabb aszály 1972 – 1973-ban, 1977 – 1978-ban, majd 1982-ben alakult ki. Hasonlóan csekély csapadékú, de jóval rövidebb aszályos időszakokat 1947 – 1949 között és 1941-ben regisztrálhatunk, míg a legkedvezőbb csapadékelátottság 1950 – 1967 között volt megfigyelhető a vizsgált időszorban.

I. TÁBLÁZAT

A Száhel övezet átlagos évi csapadékösszege, %

Év	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1930	.	119	108	102	104	128	115	89	136	102
1940	97	75	92	126	97	111	134	70	81	65
1950	145	111	110	123	162	106	110	110	126	105
1960	96	113	141	94	126	89	87	118	92	87
1970	71	79	53	64	84	83	79	60	74	95
1980	81	88	56	.	.	.	.	.	.	.

Érdekes szembeállítanunk egymással a legkedvezőbb csapadékú szakaszokat (1931–1960 és 1950–1967) az 1968–1982-es rendkívül száraz időszakokkal (II. táblázat). Kitűnik, hogy a nagy Száhel-aszály másfél évtizedében az övezet a klímoptimum átlagos évi csapadékának csupán kétharmadát (66%) kapta, s ez az évi mintegy 70–280 mm-es csapadékhiány ott ahol a vízellátottság egyébként is csak a mezőgazdasági minimum határa körül ingadozik, katasztrófa helyzetet előidéző vízdeficitet jelent.

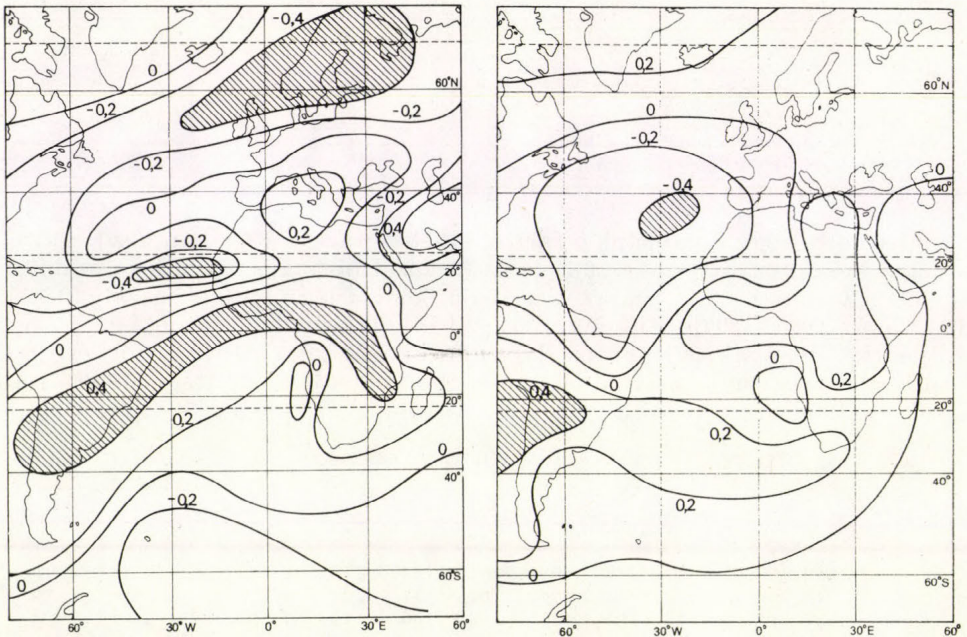
II. TÁBLÁZAT

Átlagos évi csapadék a Száhel-övezetben, mm

Állomás	1931–1960	1950–1967	1968–1982
Dakar	580	622	340
Tomboctou	227	227	148
Zinder	554	541	446
El Fasher	287	317	206
Khartum	169	194	129

A Száhel-övezet csapadékának kapcsolata cirkulációs tényezőkkel

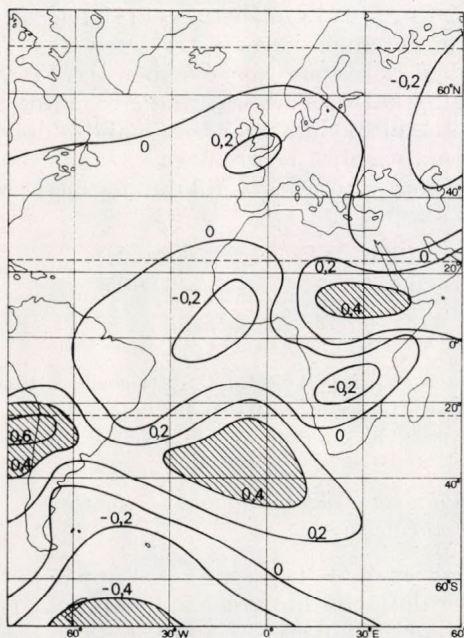
Kézenfekvő, hogy a Száhel-övezet csapadékingadozásait a légnyomás nagytérségű eloszlásával hozzuk kapcsolatba. A kapcsolatkereséshez a 80°W, 60°E meridiánokkal, valamint a 70°N, 70°S szélességi körökkel határolt térségből kiválasztott 40 állomás légnyomási adatsorait használtuk fel az 1951–1978 időszakból. Előállítva a tengerszinti légnyomás évszakos átlagait (december–február, március–május, június–augusztus), meghatároztuk ezek kor-



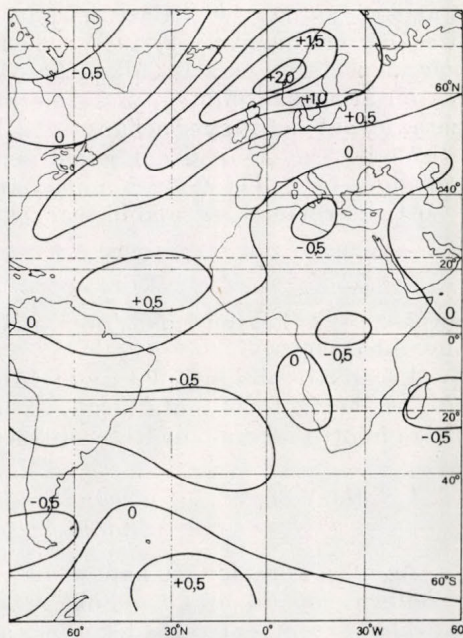
2–3. ábra: A légnyomás és a Száhel-öv csapadéka közötti korreláció a december–februári és a március–májusi időszakban

relációs együtthatóit a Száhel-öv I. táblázatban közölt százalékos átlagos csapadékaival. Az adatokból megszerkesztett izokorrelációs térképeket a 2–4. ábrák szemléltetik. Tekintetbe véve az észlelési sorok hosszát (28 adatpár), az 5%-os valószínűségi szinten 0,36 korrelációs együttható esetén rögzíthetünk reális kapcsolatot.

Megállapítható, hogy a vizsgált térség légnyomásának évszakos átlagai és a Száhel évi csapadéka közötti kapcsolat határozott földrajzi rendszert követ. Jelentős területeken találunk statisztikailag reális korrelációt mind a pozitív, mind pedig a negatív értékek tartományában (az ábrákon ezeket a területeket csikozással emeltük ki). Kétségtől legjellegzetesebb a Száhel nyári esős évszakát fél évvel megelőző december–február időszak légnyomásának a kapcsolata (2. ábra). A statisztikailag reális pozitív korreláció területe a déli félgömb szubtrópusi övén keresztül a Csendes-óceán dél-amerikai partvidékétől Dél-Afrikaig húzódik, vagyis a Száhel szárazságokat fél évvel megelőzi a dél-csendes-óceáni és dél-atlanti szubtrópusi anticiklonok gyengébb fejlettsége. A március–május időszak légnyomási korrelációjánál is kitűnik a dél-csendes-óceáni szubtrópusi anticiklon hatáskörzetének pozitív kapcsolata, ám ugyanakkor jellegzetes az észak-atlanti szubtrópusi anticiklon térségével fennálló reális negatív kapcsolat is (3. ábra). Az esős évszak (június–augusztus) légnyomásának korrelációi arra utalnak, hogy a Száhel-övezet száraz éveiben megerősödik, csapadékos éveiben pedig gyengül az Atlanti-óceán trópusi területein a 20°N szélesség és az Egyenlítő közötti nyomásgradiens. Afrika egyenlítői övezetében a száraz Száhel-években az átlagosnál alacsonyabb, a csapadékos Száhel-években pedig magasabb légnyomás jellemző (4. ábra).



4. ábra: A légnyomás és a Száhel-öv csapadéka közötti korreláció a július–augusztusi időszakban



5. ábra: Az Atlanti-térség légnyomás anomáliája június–augusztusban a Száhel-övezet aszályos éveiben (csapadék az évi átlag 80%-a alatt)

Az 5. ábrán azt mutatjuk be, hogy a legszárazabb években, amikor a Száhel-övezet csapadékának területi átlaga a normálérték 80%-a alá esett, mekkora volt a június–augusztus időszak átlagos légnyomási anomáliája. Az anomáliatérkép legjellemzőbb vonása az, hogy Száhel szárazságok esetén az Atlanti-óceán térségének az Egyenlítőtől északra eső körzeteiben pozitív, míg az Atlanti-óceán Egyenlítőtől délre eső területein, mintegy az 50°S szélességig negatív anomália alakul ki. A légnyomásnak ilyen eloszlása azt jelenti, hogy a Száhel-övezet száraz éveiben a nyári hónapokban gyengül az Atlanti-óceán délkeleti passzátya, s ezzel összefüggésben gyengül a Guineai-öböl délnyugati monszunja is.

III. TÁBLÁZAT

Az ITCZ átlagos földrajzi szélessége (°) június – augusztus között a csapadékos (a. oszlop) és száraz (b. oszlop) Száhel-években

Hónap	Meridián							
	30° W		10° W		10° E		30° E	
	a	b	a	b	a	b	a	b
Jún.	3,7	1,8	16,0	13,8	19,3	17,8	16,7	11,3
Júl.	7,3	4,0	20,3	16,0	19,3	19,0	19,0	16,0
Aug.	6,7	6,5	20,3	18,8	20,7	18,0	18,3	12,0

Nagyon jellegzetes a trópusi konvergencia zóna (ITCZ) helyzetének összefüggése a Száhel-öv csapadékával. A tengerszinti légnyomás havi eloszlásának térképei alapján (*Die Witterung im Übersee*) rögzítettük az ITCZ átlagos helyzetét azokra az évekre, amikor a Száhel csapadéka meghaladta a 120%-ot és azokra, amikor 80% alatt maradt. Az 1958–1975 közötti évekre elvégzett vizsgálat eredményeit a 30°W–30°E meridiánok közötti területre a III. táblázat tartalmazza. Megállapítható, hogy a csapadékos években az ITCZ nyáron átlagosan mintegy 2–4 meridiánfokkal északabbra található, mint a száraz években, vagyis néhány száz km-es eltolódása már elég ahhoz, hogy a Száhel-övezet csapadékát jelentősen befolyásolja. Kiszámítva a Száhel évi csapadéka és az ITCZ nyári hónapokra vonatkozó átlagos földrajzi szélessége közötti korrelációt, az alábbi értékeket kapjuk:

30°W	10°W	10°E	30°E
0,527	0,700	0,357	0,605

(Az 5%-os valószínűségi szinten reális korrelációk azok, amelyek 0,47-nél nagyobbak).

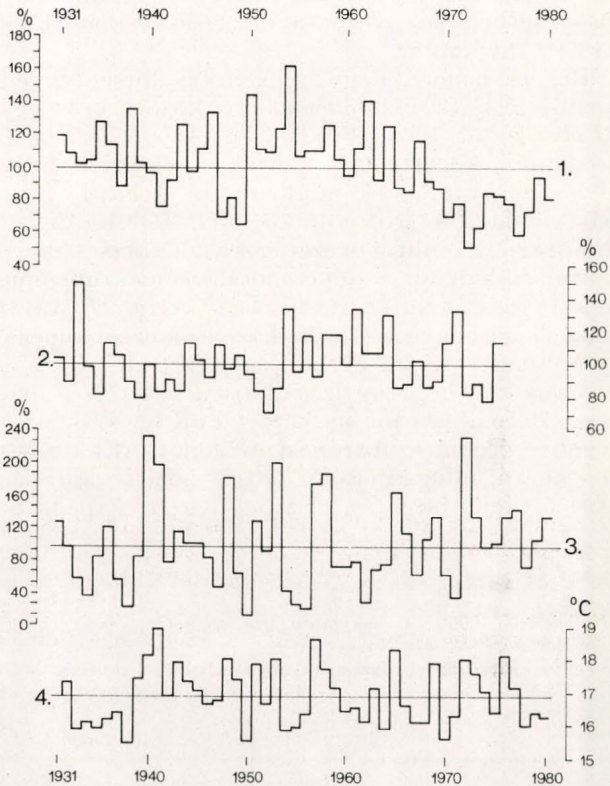
Legszorosabb kapcsolat az ITCZ-nek a Száhel-övezet nyugati része fölött elfoglalt helyzetével mutatkozik, ez ugyanis a leggyakoribb helye az Észak-Afrika fölött kialakuló nyári termikus depresszió központjának. (*Stranz, 1975*).

A Száhel-övezet csapadékának kapcsolata a Föld különböző térségeinek időjárási anomáliáival

Az előzőkben feltárt kapcsolatok arra utalnak, hogy a Száhel-anomáliák összefüggésben állhatnak a Föld más területeinek időjárási anomáliáival is. A Száhel-övezet évi csapadékát (1. adatsor) a következő adatsorokkal korreláltuk: Az indiai monszunterület 5 állomás (Veraval, New Delhi, Nagpur, Visakhapatnam, Calcutta) alapján számított évi átlagos csapadéka (2. adatsor), A Csendes-óceán egyenlítői övezetének évi csapadéka Óceán-sziget adatai

alapján (3. adatsor), a Csendes-óceán partvidékének évi átlagos felszíni vízhőmérséklete Puerto Chicama adatai alapján (4. adatsor).

Az adatokat a 6. ábra tünteti fel, az adatsorok közötti kölcsönös korrelációkat a IV. táblázat tartalmazza. Megállapítható, hogy az adatsorok többsége között statisztikailag reális kapcsolat található. A Száhel-övezet csapadékának negatív korrelációban áll a Csendes-óceán egyenlítői övezetének csapadékával és a Perui-áramlat hatáskörzetének vízhőmérsékletével. Ez azt jelenti, hogy a csapa-



6. ábra : Évi csapadék-, ill. vízhőmérsékleti anomáliák a Föld különböző pontjain: 1. Száhel-övezet; 2. öt indiai állomás; 3. Óceán sziget; 4. perui partvidék (vízhőmérséklet)

dékos „El Nino” évek, amikor az egyenlítői hidegvízfeltörés elmaradása miatt a tenger felszíne az átlagnál melegebb, többé-kevésbé egybeesnek a Száhel száraz éveivel, míg az egyenlítői pacifikus területek szűkös csapadék idején a Száhel átlag fölötti csapadékban részesül. A 6. ábráról leolvasható néhány ilyen jellegzetes egybeesés. Így például 1931 – 1980 között a következő kiemelkedően csapadékos „El Nino” években lépett fel Száhel-szárazság:

IV. TÁBLÁZAT

A 6. ábrán feltüntetett adatsorok közötti korrelációs együtthatók

Adatsor	1	2	3	4
1	1,000	0,141	-0,325	-0,340
2		1,000	-0,370	-0,409
3			1,000	0,793
4				1,000

Az 5%-os valószínűségi szinten reális korrelációk azok, amelyek abszolút értékben 0,27-nél nagyobbak.

1941, 1948, 1965, 1972, 1977. Érdemes kiemelni, hogy az egyik legcsapadékosabb „El Niño” év (1972) volt a Szahel-aszály legsúlyosabb éve. Az ellenkező szélsőségek (szárazság a Csendes-óceán egyenlítői övezetében, átlagosnál jóval több csapadék a Szahel-ben) összeesésének legjellemzőbb példái 1938, 1950, 1954 és 1962. A két trópusi terület csapadékjárásának ellentétes alakulását további adatokkal is megvilágíthatjuk. Kiszámítva a Szahel átlagos évi csapadékát azokra az évekre, amikor Ocean-sziget évi csapadéka az 50 évi törzsérték 130%-ánál több, illetve 60%-ánál kevesebb volt, az adódik, hogy első esetben az övezet a normális csapadék 86,5%-át, utóbbiban viszont 113,1%-át kapta.

Régóta ismert, hogy a pacifikus térség egyenlítői szakaszának csapadékmennyisége és vízhőmérséklete között erős egyértelmű kapcsolat áll fenn (Doberitz, R. 1969, Bjerknes, J. 1969, Péczely, G. 1978), amelyet a 3. és 4. adatsorok közötti 0,793 értékű korrelációs együttható újfent alátámaszt. Hasonló összefüggés található az Atlanti-óceán trópusi térségében Angola partvidékén is (Silveira, M. M., 1969). Az is kimutatható, hogy a Csendes-óceán egyenlítői övezetének vízhőmérséklete, illetve csapadéka erős negatív korrelációban áll a dél-csendes-óceáni szubtrópusi öv légnyomásával, a délkeleti passzát intenzitásával (Péczely, G. 1978). A 2. és 3. ábrák izokorrelációs görbéi kapcsolatba hozhatók ezzel a megállapítással, tekintve a Szahel és a csendes-óceáni egyenlítői övezet ellentétes csapadékeloszlását. Arról van ugyanis szó, hogy a vizsgált pacifikus térség évi csapadékának a legnagyobb része december–május között hull le, s akkor esik sok csapadék, ha a dél-csendes-óceáni szubtrópusi öv fejlett. Ekkor viszont, mint pl. a 2. ábráról is látható, elfogadhatóan magas pozitív korreláció van az említett szubtrópusi öv fejlettsége és a Szahel-övezet csapadéka között.

IRODALOM

- Bjerknes, J., 1969: Atmospheric teleconnections from the Equatorial Pacific. *Monthly Weather Review*, Vol. 97. No. 3.
- Doberitz, R., 1969: Cross spectrum analysis of rainfall and sea temperature at the equatorial Pacific Ocean: a contribution to the “El Niño” phenomenon. *Bonner Met. Abhandlungen*. Bonn, No. 8.
- Péczely Gy., 1978: Fluctuation of Precipitation in the Tropical Zone on the Pacific. *Időjárás*, 82. No. 1.
- Silveira, M. M., 1969: Pesquisa duma relação a variação anual da temperatura da aqua do mar na costa de Angola e a variação anual da precipitação no litoral e noutras regiões do territorio mais distantes do oceano. Serviço Meteorológico de Angola, Luanda.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 4. szám, 1984. július-augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No 4. July-August, 1984. Budapest

Features of sunshine duration in Croatia determined by means of distribution functions

PENZAR, I. and PENZAR, B., *Geophysical Institute, Faculty of Science, Zagreb, Yugoslavia*

A napfénytartamnak az eloszlásfüggvény segítségével meghatározott jellemzői Horvátországban. A szerzők példát mutatnak be a valószínűségi és a kumulatív eloszlásfüggvény használatára a relatív napfénytartam éghajlati analízisében. A sűrűségfüggvény első momentumaiból, mediánjaiból és kvartiliseiből hasonlóságokat és különbségeket állapítanak meg a szárazföld belseje és a partvidék között; s ugyanúgy Horvátország alpi és síkvidéki része között. A régiók közötti különbségek, amelyek hónapról hónapra változnak a domborzatnak és a földfelszín anyagi minőségének, valamint a közép- és dél-európai ciklonpályák évi változásának és gyakoriságának tulajdoníthatók.

✕

Features of sunshine duration in Croatia determined by means of distribution functions. The paper presents an example of using the probability density functions and the cumulative distribution functions in climatic analysis of relative sunshine duration. From the density function forms, their first moments, medians and quartiles, similarities and differences of the insolation regime between the inland and the coast as well as between the Alpine and the Pannonian parts of Croatia have been established. The differences regarding the respective regions and the month-to-month changes can be attributed to the unequal form and composition of the Earth's surface and to the annual changes of the cyclonic paths and their frequencies in Central and South Europe.

✕

1. Background

The second degree polynomials

$$\begin{aligned} f(x) &= A + Bx + Cx^2, & 0 \leq x \leq 100 \\ f(x) &= 0, & x < 0, x > 100 \end{aligned} \quad (1)$$

which satisfy the conditions

$$f(x) \geq 0, \quad 0 \leq x \leq 100$$

$$F(0) = 0; \quad F(100) = 1 \quad (2)$$

have been successfully used to describe the frequency distributions of relative sunshine duration in Croatia. Here x is the relative sunshine duration in percent, $f(x)$ is the probability density function, and $F(x)$ is the cumulative distribution function representing the probability of relative sunshine duration which is smaller than x . The goodness of fit between the theoretical and the corresponding empirical distribution has been confirmed by the Kolmogorov test for 46 samples at significance level 0.05 and for the remaining two (Zagreb in September and December) only at significance level 0.01 (Penzar and Penzar, 1983 b, 1984).

In very few cases even better fit was attained when instead of (1) the form (3) was used.

$$\begin{aligned} f(x) &= D + Ex + Fx^2 + Gx^3, & 0 \leq x \leq 100 \\ f(x) &= 0, & x < 0, x > 100 \end{aligned} \quad (3)$$

Some important details of the sunshine regime, which the parabola (1) was not able to show, could be reproduced in such a way.

In this study the features of relative sunshine duration are derived from the probability density functions $f(x)$ and their cumulative distribution functions $F(x)$.



Fig. 1: Location of the meteorological stations used to represent the sunshine conditions in the four parts of Croatia

2. Data

The input data were the daily relative sunshine durations in the last 25 or 30 years for the four places in Croatia representing the meteorological conditions in the east continental and level part, the west continental and mountainous part, the north coastal, and the south coastal part (Fig. 1). The places and the observing periods were

Place	Latitude	Longitude	Period
Osijek	45°33'	18°42'	1958 – 1982
Zagreb	45°49'	15°59'	1951 – 1980
Opatija	45°20'	14°19'	1953 – 1982
Split	43°30'	16°27'	1946 – 1975

The distribution functions were determined for each month of a year. Since the results are derived from the long periods, they show the recent climatic characteristics of the relative sunshine duration.

3. Discussion of results

Shapes of probability density functions. Four shapes of the density functions appear. The examples can be seen in Fig. 2, and the corresponding cumulative distributions in Fig. 3. The shapes *a* and *c* are prevailing. They may be considered as modifications of the symmetrical, bimodal U- distri-

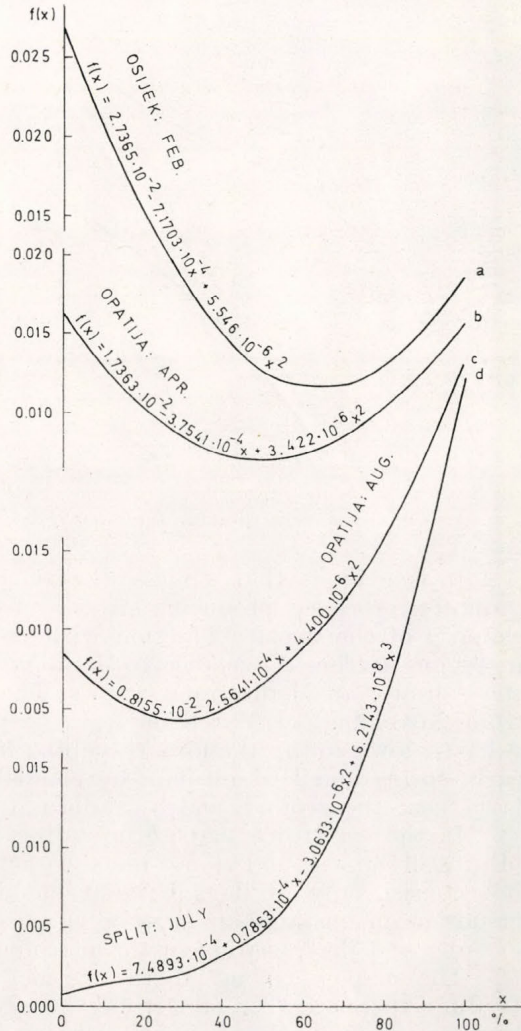


Fig. 2: The four shapes of the probability density functions $f(x)$

bution (shape *b*), which rarely appears. All the three shapes *a*, *b*, and *c* are parts of the parabolas expressed by (1). They show the larger probabilities for the border classes of x than for the ones near the middle of the interval for x . But the rarest shape *d* is a third degree polynomial (3) indicating an increase of the probabilities in classes from the left to the right end of the interval for x . In a course of a year the shape of the distribution gradually changes from month to month.

In order to facilitate the discussion of bimodal density functions we may divide the days according to the relative sunshine duration into three groups. The days with some small value of x will be called sunless days. The days represented by a large x -value will be named sunny days, and the ones with relative sunshine duration about the middle of the interval (0, 100) semisunny days.

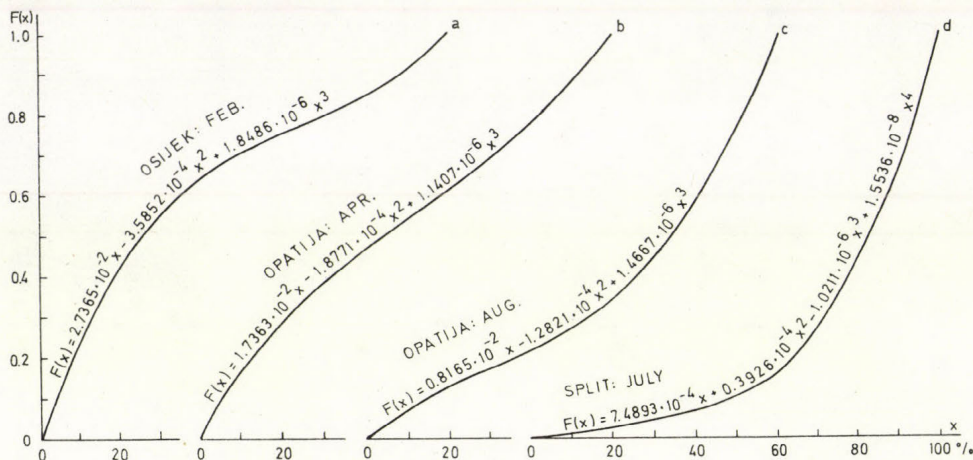


Fig. 3: Cumulative distribution functions $F(x)$ corresponding to the densities in Fig. 2

It is evident that sunless days may appear as a result of frontal or radiation processes producing stratiform clouds or fog of long duration. The shape *a* of the density function with prevailing sunless days can be found in region 4 from November to January, when the region is influenced by the Adriatic and Mediterranean lows. The same shape in regions 1, 2, and 3 from November to March or April is produced by frontal clouds in the Adriatic lows and in the lows travelling from the Adriatic to the continent in early spring and late autumn, by clouds of warm advection over a cold air layer near the ground, and by radiation fogs.

In the transitory shape *b* preceding or following the *a* shape the probabilities of sunless and sunny days are equal. The group of sunny days does not consist only of days without clouds and fog. Uncompact convective clouds in an unstable air mass or clear skies with radiation fog rising in the evening and disappearing in the morning may produce sunny days as well.

The shape *c* belongs to the warmer part of a year. It exists from May or June to September or October everywhere except in region 4, where it begins as early as March. Summer approaching, the conditions for the formation of fog become more and more unfavourable. Hence the secondary mode on the left hand side of the distribution weakens. In June and July it entirely disappears in the southernmost region where the distribution transforms into the shape *d*.

None of the density functions has the mode near the middle of the interval for x , in the group of semisunny days. Such days may be expected above all in the vicinity of cold fronts and when the radiation fog or clouds are temporarily destroyed by the daily warming or by the wind.

The first moment. The mean of distribution, differing strongly from the mode, is a value which does not occur frequently. Nevertheless, the first moment

$$\mu = \int_0^{100} 100 x f(x) dx \quad (4)$$

is an important parameter defining the location of the distribution. The centre of mass of the material surface bounded by the curve $f(x)$ and the x- axes has the abscissa equal to the first moment μ . The first information on the climate regarding sunshine can be obtained from this moment. The larger the first moment, the sunnier the climate.

TABLE I.
Annual course of the first moment

Month	Osijek	Zagreb	Opatija	Split
Jan.	29.8	26.9	42.6	46.7
Feb.	36.5	32.9	44.4	49.3
March	46.1	40.2	44.2	52.3
April	49.9	45.8	47.2	57.1
May	54.2	49.2	54.1	60.4
June	58.0	51.9	56.9	68.1
July	61.6	59.6	66.5	77.6
Aug.	63.8	61.5	65.3	76.6
Sept.	57.2	52.8	58.1	67.9
Oct.	51.8	44.7	52.9	59.9
Nov.	32.9	28.5	42.2	45.6
Dec.	27.0	26.4	38.5	42.7

From *Table I* five important climatic characteristics can be seen.

i. Region 4 gets the most sunshine during the whole year. The combination of several well known factors leads to this characteristic. The region is much less affected by the Genoa lows than the North Adriatic. In summer practically no atmospheric disturbances bringing clouds penetrate as far southwards as region 4. Because of the warm sea and windy atmosphere there is no fog which strongly influences the sunshine duration in regions 1 and 2 in winter.

ii. Region 2 gets least sunshine during the whole year. In this hilly and mountainous part of Croatia the conditions for the development of clouds are always more favourable than in the level parts prevailing in region 1.

iii. July and August are the sunniest months.

This is due to the shifting of the general circulation belts "cum Sole", that means northwards in the summer. Hence the cyclonic paths move to North Europe and the border of the subtropical pressure belt reaches the Adriatic. In summer only the cold fronts from the Atlantic cause clouds and rain in Croatia, above all in the northern regions 1 and 2 (Penzar, 1971).

iv. December is the least sunny month.

This is due to the strong Mediterranean cyclonic activity. Besides, in the inner regions the effects connected with the cooling of the lower air layer are also present.

v. An especially large change in the annual course of the first moment takes place from October to November, when the autumn high, recently often to be found over Central and South Europe, disappears. November is the

TABLE II.

Departures of the first moment from the empirical mean

Month	Osijek	Zagreb	Opatija	Split
Jan.	5.9	6.4	5.8	2.9
Feb.	3.6	4.3	4.0	3.5
March	3.3	2.7	3.8	6.1
April	2.1	1.2	2.1	2.6
May	2.1	0.5	1.4	1.8
June	1.5	-1.1	1.2	1.4
July	0.4	0.1	0.7	2.5
Aug.	2.0	0.1	1.2	0.8
Sept.	0.3	-2.3	1.8	4.5
Oct.	1.8	1.7	2.3	5.1
Nov.	5.1	5.4	3.7	2.8
Dec.	5.9	8.0	3.7	3.7

month with main or secondary maximum in the annual course of precipitation in Croatia.

Table II. shows that the differences between the first moment and the empirical mean are not large.

Median and quartiles. The median v , the lower quartile q_L and the upper quartile q_U determined according to formulae

$$F(v) = 0.5; F(q_L) = 0.25; F(q_U) = 0.75 \quad (5)$$

are presented in Fig. 4-6. In the distribution of form *a* the median is situated on the left hand side, and in the distributions of form *c* and *d* on the right hand side of the first moment. As another location parameter it shows all the above characteristics of the insolation features.

For the part of a year when the fog is insignificant we shall closely watch the effect of the annual shifting of the cyclonic paths upon the median and the quartiles.

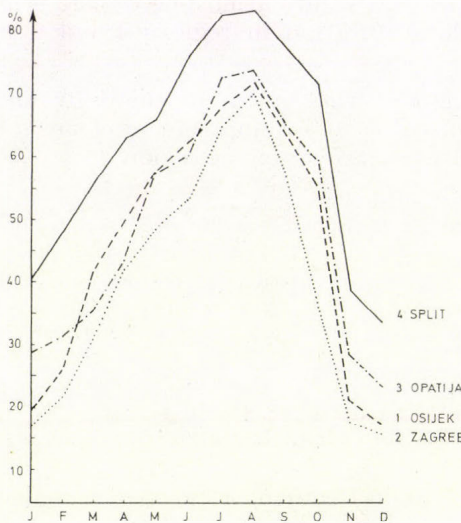


Fig. 4: Annual course of the median

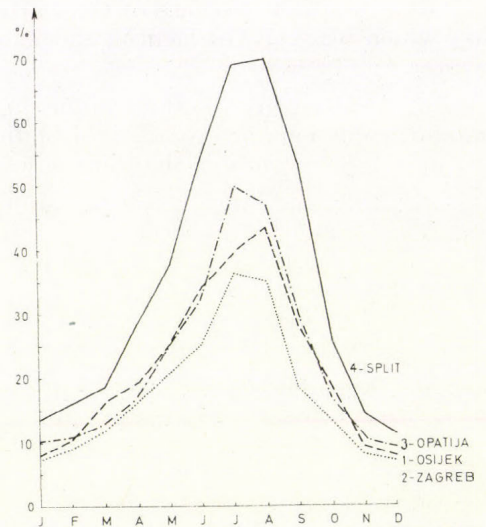


Fig. 5: Annual course of the lower quartile q_L

It is known that in March the cyclonic activity in the Gulf of Genoa is rather strong. Its influence can be seen as a decrease of insolation on the curves for the North Adriatic (region 3) in Fig. 4-6. There is a particularly strong decrease in the upper quartile, that means in the number of sunny days. In April and May many Mediterranean cyclones take direction to the continent, which becomes warmer and warmer. They often pass over the North Adriatic, the western part of Croatia and Hungary. All the three Figures show the strong decrease in regions 3 and 2. Region 4 is obviously more influenced by atmospheric disturbances in May than in April. In region 1 only the lower quartile seems to be diminished, i. e. the number of sunless days is increased.

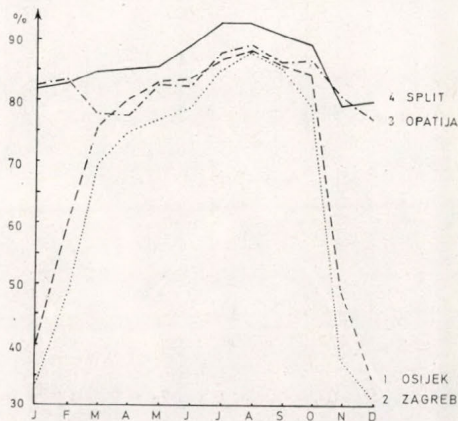


Fig. 6: Annual course of the upper quartile qu

In June the cyclonic activity on the Mediterranean ceases. The lows often pass over the Central Europe travelling eastwards from the Atlantic. Besides, the number of fresh air invasions from the Atlantic into the Central Europe is increased. Region 4 is not influenced by such weather disturbances but the other parts of Croatia are (Fig. 4-6).

Finally, in July the lows paths are displaced even more northwards. The Adriatic is protected from the cold fronts which cause the lack of sunshine in regions 1 and 2, by the Alps and the Dinaric Mountains. The number of sunless days is increased in eastern Croatia (Osijek, Fig. 5).

Some irregularities can be seen on the descending parts of the curves for the median and quartiles in September. The medians are evidently too low in regions 3, 1, and 2, with regard to the adjoining months and to region 4. The same is valid for the lower quartile in regions 3 and 2, as well as for the upper one in region 3. The conclusion can be drawn that in the time when the belt of planetary long waves returning southwards reaches South Europe again, weather disturbances act upon the North Adriatic and the western part stronger than upon the other parts of Croatia.

The largest ten percent interval. Among all intervals (a, b) in which the variate x can be expected with the probability 0.1, the most interesting is the largest one. The largest ten percent interval contains daily relative sunshine durations that occur rarely. Its location and width may be important in helio-technics.

The limits a and b can be easily determined from the equations

$$F(b) - F(a) = 0.1; \quad t - a = t - b \quad (6)$$

t being the abscissa of the minimum of $f(x)$.

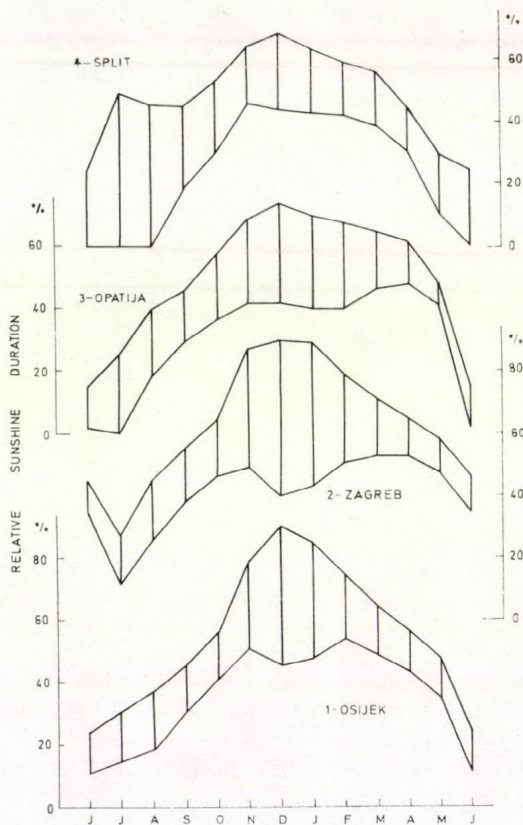


Fig. 7: Upper and lower limit of the largest 10 percent interval for relative sunshine duration

If (6) implies $a < 0$ or $b > 100$, the equations (7) or (8), respectively, are to be used instead.

$$a = 0; \quad F(b) = 0.1 \quad (7)$$

$$1 - F(a) = 0.1; \quad b = 100 \quad (8)$$

The wide interval beginning at the small values of relative sunshine duration indicates the favourable conditions for insolation. But the conditions are unfavourable when the wide interval covers the large sunshine duration values. July in region 4 and December in region 2 appear as the extreme cases having the largest ten percent interval as wide as the half of the range for relative sunshine duration (0–49% and 40–90%, respectively). The interval is rather narrow in the spring months when the density functions have a minimum at x somewhat under 50% (Fig. 7).

4. Conclusion

This analysis of the distribution functions and the former researches of the annual courses of cloudiness (Goldberg, 1931) and precipitation (Penzar and Penzar, 1980, 1981, 1983 a) supplement one another. The location and the causes of the precipitation extremes may be connected now with the character of cloudiness, which is deducible from the relative sunshine duration. Regarding these two climatic elements let us mention only three facts here:

– the minimum of precipitation and the maximum of relative sunshine duration coincide only in the Adriatic in summer,

– an increase in precipitation amounts and a diminished increase in relative sunshine duration occur together in the spring months,

– during the secondary minimum of precipitation in northern Croatia in early autumn no increase of relative sunshine duration can be observed.

REFERENCES

- Goldberg, J., 1931: Jährliche und tägliche Periode der Bewölkung in Zagreb. *Bull. internat. Académie Yougoslave des sciences et des beaux-arts, Cl. des sc. math. et nat.* 25, 1–19.
- Penzar, B., 1971: Pression et courants atmosphériques au-dessus de l'Adriatique et de la partie voisine du continent pendant l'été. *Időjárás* 75, 8–14.
- Penzar, B. and Penzar, I., 1980, 1981: O položaju i uzrocima ekstrema u godišnjem hodu oborine u Hrvatskoj, I, II. (On the position and the causes of the extremes in the annual course of precipitation in Croatia, Part I, II.) *Geografski glasnik* (Bull. de géographie) 41/42, 27–48; 43, 27–49.
- Penzar, B. and Penzar, I., 1983 a: Prikaz godišnjeg hoda oborine u Hrvatskoj pomoću Köppeneve sheme. (Types of annual precipitation courses in Croatia based on Köppen scheme). *Radovi* (Transaction, Dept. of Geography, Faculty of Science, Zagreb) 17/18, 3–9.
- Penzar, I. and Penzar, B., 1983 b: O mogućnosti sijanja sunca u Splitu i u Zagrebu. (On the possibility of sunshine duration at Split and Zagreb.) *Sunčeva energija* 4, 63–67.
- Penzar, B. and Penzar, I., 1984: Distribution of daily relative sunshine duration in Croatia. Manuscript.
-

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 4. szám, 1984. július–augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No 4. July–August, 1984. Budapest

Estimation of atmospheric budget of nitrogen compounds over Czechoslovakia

ZÁVODSKÝ, D. and MITOŠINKOVÁ, M., *Slovak Hydrometeorological Institute, 833 15 Bratislava, Czechoslovakia*

A nitrogénvegyületek légköri mérlege Csehszlovákia fölött. A szerzők csehszlovák statisztikus adatok és elfogadott emissziós tényezők alapján meghatározzák a nitrogén vegyületek természetes és mesterséges forrásokból származó emisszióját. A száraz és nedves ülepedést mért adatok alapján számítják ki. A végzett számítások szerint az 1981-es csehszlovák $\text{NO}_x\text{-N}$ emisszió 155–410 GgN/év-vel, míg $\text{NH}_x\text{-N}$ emisszió 105–186 Gg/N év-vel egyenlő. Mindkét vegyületcsoport esetén a természetes források a teljes emisszió kevesebb, mint 10%-át szolgáltatják. A száraz és nedves ülepedés együttes összege Csehszlovákiában 1981-ben 189–355 Gg $\text{NO}_x\text{-N/év}$, illetve 145–178 Gg $\text{NH}_x\text{-N/év}$ volt. A forrásokkal az ülepedés így lényegében egyensúlyban van. A szerzők végül megbecslik a nitrogén-oxidok 9 kelet-európai ország közötti nagyléptékű terjedését. Ehhez olyan egyszerű trajektória modellt használnak, amelyben figyelembe vehető a kémiai átalakulások és az ülepedés hatása. A számítások eredményei Csehszlovákia esetén jó egyezésben vannak a mérleg-egyenlet alapján meghatározott értékekkel.

✱

Estimation of atmospheric budget of nitrogen compounds over Czechoslovakia. The emissions of nitrogen compounds from natural and anthropogenic sources are estimated on the basis of Czechoslovak statistical data from the year 1981 and generally accepted emission factors. The wet and dry deposition of nitrogen compounds are determined by the use of empirical data. According to the estimation presented the total $\text{NO}_x\text{-N}$ emission over Czechoslovakia in 1981 is equal to 155–410 Gg N yr⁻¹, while the corresponding figure for $\text{NH}_x\text{-N}$ is 105–186 Gg N yr⁻¹. In both cases natural sources emit less than 10% of the total emission. The sum of dry and wet deposition in Czechoslovakia for the year 1981 is estimated to be 189–355 Gg N yr⁻¹ for $\text{NO}_x\text{-N}$, while it is equal to 145–178 Gg N yr⁻¹ for $\text{NH}_x\text{-N}$. It is found that the Czechoslovak sources of N compounds are practically balanced by wet and dry deposition. The estimation of long range transport and deposition of nitrogen oxides among 9 central European countries is presented by using a simple trajectory model with constant transformation and deposition rates. The results of preliminary calculations for Czechoslovakia agree reasonably well with the mass balance estimation.

✱

1. Introduction. During the last few years there has been a growing realization that the emission of SO_2 is not the only important cause of acid precipitation but that nitrogen oxides also play a very significant role. The relative contribution of nitrate to the overall acidification in the central parts of Europe is at least 30%. Many authors have noted very rapid increase of the nitrate concentration in precipitation during the last 20 years. These facts document the increasing effect of man-made sources on the atmospheric nitrogen cycle mainly on regional and continental scale.

The global atmospheric budget of nitrogen compounds was discussed by Robinson and Robbins (1972), Söderlund and Svensson (1976) and Böttger et al. (1978). The study of man-made effects on N cycle is of particular interest

for smaller parts of the Earth's surface, where anthropogenic sources are concentrated. Thus, *Söderlund* (1977) investigated the atmospheric mass balance of nitrogen compounds over NW Europe and *Bónis* et al. (1980) for the whole Europe. They found that human activities over the mentioned areas are responsible for the dominant part of total fluxes. Recently *Bónis* (1981) estimated the budget of nitrogen compounds over Hungary. She concluded that that the sources of nitrogen compounds over Hungary are practically balanced by the sinks.

The goal of the present paper is to estimate the magnitude of long range transport of nitrogen compounds in relation to the territory of Czechoslovakia for the year 1981. Two methods were selected: a mass balance of sources and sinks in the same manner as it was made for Hungary by *Bónis* (1981) and the calculation of transport of nitrogen compounds by using a simple trajectory model on the basis of emission inventory and meteorological data.

2. Mass balance of nitrogen compounds over Czechoslovakia

The emission of nitrogen compounds (NO_x , NH_x) into the atmosphere over Czechoslovakia was roughly estimated from the official Czechoslovak statistical data for the year 1981 (*Štatistická ročenka ČSSR*, 1982) and emission factors proposed by *Söderlund* (1977), *Böttger* et al. (1978), *Bónis* et al. (1980) and *Semb* and *Amble* (1981). Natural sources of NO_x (lightning, soil exhalation and partly NH_3 oxidation) were estimated using the figures of *Böttger* et al. (1978) and taking into account the geographical location of Czechoslovakia. The magnitude of the emission factor for the nitric acid production was assumed 0.05–8.5 g NO_x –N/kg HNO_3 (*Bónis* et al., 1980). The fertilizer production NO_x –N was calculated assuming that 1% of the mass of fertilizer used is emitted into the air (*Böttger* et al., 1978). The emission due to aviation was estimated using the same procedure as *Söderlund* (1977).

Bónis (1981) estimated NH_x emission rates for Hungary on the basis of available published information. The corresponding data for Czechoslovakia were obtained in the same way with respect to the local conditions. The contribution of wild animals to the NH_3 production was neglected.

The results are summarized in *Tables I–V*. As one could expect, the predominant source of NO_x is the combustion of fuels. However, many of the deposits of brown coal contain large amounts of water. Since the coal is usually

TABLE I.
The Czechoslovak NO_x -N emission from the combustion of fuels in 1981

Fuels	Amount $\times 10^6$ t yr ⁻¹	Emission factor g NO_x –N kg ⁻¹	Emission Gg N yr ⁻¹
Hard coal	14	0.9–2.8	12.6–39.2
Brown coal/lignite	90	0.9–2.8	81.0–252.0
Oil	6	1.5–3.0	9.0–18.0
Wood	0.8	0.15–1.5	0.1–1.2
Natural gas*	7	0.6–3.0	4.2–21.0
Steel manufacturing	9.9	0.1–0.6	1.0–5.9

Total 107.9–337.3

* The amount of natural gas and the emission factor is expressed in 10^9 m³ yr⁻¹ and g NO_x –N m⁻³, respectively

not allowed to dry before being processed, it would tend to lower the combustion temperature. Hence, the true NO_x emissions from this source by *Söderlund* (1977) are probably in the lower part of the given range. Natural sources of NO_x represent only a negligible part of the total budget.

Like as for NO_x , in the case of NH_x compounds anthropogenic sources are dominant. Natural production is less than 10% of the total emission rates.

TABLE II.

The Czechoslovak NO_x -N emission from the automobile traffic in 1981 (By assuming that cars run 15-20 thousand km yr⁻¹)

Vehicles	Number of vehicles $\times 10^3$	Emission factor g NO_x -N km ⁻¹	Emission Gg N yr ⁻¹
Cars	2500	0.9	33.7-45.0
Others (lorries, busses, tractors, ...)	300	1.2	5.4-7.2
		Total	39.1-52.2

TABLE III.

Natural and anthropogenic NO_x sources and emission rates in Czechoslovakia in 1981

NO_x sources	Emission rates Gg N yr ⁻¹
Natural	
Lightning	2.5-5.5
Soil exhalation	0.6
	Sum: 3.1-6.1
Anthropogenic	
Fuel combustion	107.9-337.3
Automobile traffic	39.1-52.2
Nitric acid production	0.1-10.2
Fertilizer production and use	6.4
Aviation	0.35
	Sum: 153.9-406.5
NH_3 oxidation	0.8-3.5
	Total: 154.7-410.0

TABLE IV.

NH_3 -N emission by different domestic animals in Czechoslovakia in 1981

Domestic animals	Number $\times 10^6$	Emission factor kg NH_3 -N yr ⁻¹	Emission Gg N yr ⁻¹
Cattle	3.60	18.6-27.4	67.0-98.6
Pigs	7.30	2.2-3.3	16.7-25.1
Sheep	0.96	2.2-4.4	2.1-4.2
Horses	0.04	7.7-13.1	0.3-0.5
		Total	86.1-128.4

Characteristic concentrations given in *Table VI* for Czechoslovak rural conditions were estimated on the base of preliminary results from NO_x measurements from 6 background stations in Czechoslovakia. NO_3 and NO_x were determined with the guajacol method and triethanolamine method, respectively. Concentrations of gaseous and particulate nitrate and ammonium compounds were estimated according to field measurements in Danube lowlands by using two filters method and denuder technics, respectively. On the other hand dry deposition velocity data tabulated were taken from the appropriate literature (see e. g. *Bónis et al.*, 1980).

Table VI shows the estimation of annual dry deposition of nitrogen compounds in Czechoslovakia. The range of the concentrations of nitrogen compounds given in the table was selected as representative for Czechoslovak rural conditions. Because of very limited empirical data, especially measurements of gaseous nitrate and ammonium compounds, the uncertainty of given values is large.

The physical state of nitrate as well as ammonia compounds is of great importance for the sink processes, the gaseous forms being much more readily deposited than the particulate. Moreover, the deposition processes of nitrogen compounds are not well understood and need further refinement. Deposition velocities of nitrogen compounds reported in this paper were taken from the lit-

TABLE V.
Natural and anthropogenic NH_x sources and emission rates in Czechoslovakia in 1981

NH_x sources	Emission rates Gg N yr ⁻¹
Natural	
Soil exhalation	1.1 – 22.4
Anthropogenic	
Domestic animals	86.1 – 128.4
Fertilizer production	16.1 – 32.2
Automobile traffic	1.1 – 1.9
Coal combustion	0.6 – 1.3
Oxidation of NH_3	–(0.8 – 3.5)
Total:	104.2 – 182.7

TABLE VI.
Annual dry deposition of N-compounds in Czechoslovakia for the year 1981

Compounds	Concentration $\mu\text{g N m}^{-3}$	Deposition velocity cm s^{-1}	Deposition Gg N yr ⁻¹
NO_x	3.0 – 5.0	0.6	72.7 – 121.1
NO_3 particulate	0.5 – 1.0	0.03 – 0.3	0.6 – 12.1
HNO_3 gas	0.5 – 1.5	0.8	16.1 – 48.4
NH_3	1.5 – 3.0	0.5	30.2 – 60.5
NH_4	2.5 – 4.0	0.04	4.0 – 6.5
Initial deposition (5 – 20% of NO_2 emission)			7.7 – 81.3
Total:			131.3 – 329.9

erature (Söderlund, 1977; Böttger et al., 1978; Bónis et al., 1980). The deposition rate of nitric acid was assumed to be the same as for sulphur dioxide.

Unlike other authors the initial deposition of NO_x was included in the mass balance calculation. The magnitude of this quantity was assumed to be between 5–20% of the anthropogenic NO_2 emission. The initial deposition represents the deposition of nitrogen compounds in the proximity of industrial areas and towns, where parameters for the rural conditions cannot be applied. The correct estimation of this quantity is of course very problematical.

The wet deposition of nitrogen compounds on the territory of Czechoslovakia was estimated using precipitation chemistry measurements. Results from 6 Czechoslovak background stations (including 2 BAPMoN stations) were included into the calculations. All samples were analysed in one laboratory which regularly takes part in WMO intercomparisons.

TABLE VII.

The balance sheet for NO_x and NH_x compounds for Czechoslovakia in 1981 in Gg N yr^{-1}

	$\text{NO}_x\text{-N}$	$\text{NH}_x\text{-N}$
Emission		
Natural	3.1 – 6.1	1.1 – 22.4
Anthropogenic	153.9 – 406.5	103.9 – 163.8
NH_3 oxidation	0.8 – 3.5	– (0.8 – 3.5)
Sum:	154.7 – 410.0	104.2 – 182.7
Deposition		
Dry deposition	89.4 – 181.6	34.2 – 67.0
Wet deposition	92.2	110.6
Initial deposition	7.7 – 81.3	–
Sum:	189.3 – 355.1	144.8 – 177.6

In *Table VII* the balance sheet for NO_x and NH_x compounds for Czechoslovakia is presented. Considering the average values of the intervals as representative, one could conclude, that the Czechoslovak sources of nitrogen compounds are practically balanced by wet and dry deposition. Because of uncertainties associated with all the emission and deposition terms, improved techniques and much more extensive data are needed to confirm this preliminary conclusion.

3. Model estimation of regional transport and deposition of nitrogen oxides in Central Europe

NO is produced mainly by the combustion of fuels. NO is further oxidized to NO_2 in exhaust gas and in the atmosphere. The fate of NO_2 on regional scale is not well known, but it is likely that a major portion of NO_2 is converted into nitrate and then removed from the atmosphere. This process is similar to the conversion of SO_2 to sulphate. However, whereas almost the entire mass of atmospheric sulphate is in particulate form, it may be supposed that nitric acid and perhaps other nitrates exist primarily as gases in the atmosphere

(Okita et al., 1976; Forrest et al., 1982; Stelson et al., 1982). Because of the relatively rapid reaction of NO_2 with OH radical, the formation of HNO_3 takes place significantly faster than the formation of H_2SO_4 . Provided that the precipitation scavenging of these two compounds is not too different one would expect that nitrate in precipitation is of more local origin than sulphate (Rodhe et al., 1979).

The estimation of long range transport and deposition of nitrogen oxides among 9 Central European countries was made using a trajectory transport model with the simple parameterization of chemical transformation and deposition processes. For this purpose the transport model elaborated for SO_2 (Závodský and Pukančíková, 1983) was adopted. The simple chemical scheme $\text{NO}_x \rightarrow \text{HNO}_3$ (gas) $\rightarrow \text{NO}_3$ (particulate) and constant transformation rates with no feedback mechanisms were assumed. A network (24×24 squares)

TABLE VIII.

Estimated country-by-country NO_x -N budget among selected Central European countries in 1981 (total-wet+dry deposition NO_x -N in Gg N yr⁻¹)

Emitter countries	Receiver countries									SUM	Q**
	Austria	Czecho-slovakia	GDR	FRG	Hun-gary	Poland	Roma-nia	UdSSR*	Yugo-slavia		
Austria	14	3	<1	1	4	1	2	1	6	33	44
Czechoslovakia	10	110	10	4	22	28	20	10	21	244	304
GDR	15	52	127	14	18	48	12	15	19	320	406
FRG	20	18	22	160	9	14	5	5	20	273	365
Hungary	2	8	<1	<1	50	5	21	11	14	113	152
Poland	1	18	2	<1	10	127	21	40	7	227	304
Romania	<1	1	<1	<1	3	2	82	19	3	113	203
UdSSR*	<1	<1	<1	<1	<1	3	6	137	<1	152	304
Yugoslavia	5	3	<1	2	12	2	20	7	132	184	299
SUM	69	214	166	185	129	230	189	254	223	1659	.

* UdSSR west part within grid (690 000 km²)

** Q—emission of NO_x -N in 10³ tonnes per year (NO_2 emission=one third of SO_2 emission by ECE inventory)

with 75 km grid distance was applied. The input NO_x emission data used in the calculation were obtained by the interpolation of the ECE sulphur dioxide data (Dovland and Saltbones, 1978), assuming that NO_x emission makes one third of SO_2 emission in each square. Initial deposition of nitrogen compounds as well as wet deposition rates were assumed to be at the same level as for sulphur compounds. In agreement with Eliassen et al. (1982) the deposition velocity of nitric acid was assumed 1 cm s⁻¹. The assumption of constant ratio 1:1 between gaseous and particulate nitrate was accepted. Trajectories were computed on the basis of 850 mb wind data. Trajectories started from the centre of each square at 00 and 12 GMT. Precipitation rates used in the calculations were taken as daily means for 300×300 km squares. Model parameters values:

Dry deposition velocity NO_x	0.6 cm s^{-1}
HNO_3 (gas)	1.0 cm s^{-1}
NO_3 (particulate)	0.1 cm s^{-1}
Transformation rate $\text{NO}_x \rightarrow \text{HNO}_3$	7.0 $\% \text{ h}^{-1}$
Ratio HNO_3/NO_3	1:1
Wet deposition rate $\text{NO}_x, \text{HNO}_3$	0.216 I h^{-1}
NO_3 (particulate)	0.07 I h^{-1}
(I – precipitation rate mm h^{-1})	
Initial deposition	20%
Mixing height	1,000 m

Table VIII contains the results of model estimated country – by – country NO_x -N budget among 9 Central European countries for the year 1981. From the data given in the table one can conclude that for example about 40% of Czechoslovak emission is deposited on its own territory, another 40% is deposited on the territories of selected countries and the remaining 20% is deposited outside the grid. The outflow from the Czechoslovak territory is a little higher than the total deposition in Czechoslovakia resulting from inflow from all the selected Central European countries.

Long range transport of nitrogen oxides is a complex process, which cannot be approximated sufficiently by using a simple transport model. Oxides of nitrogen are photochemically very active. They play a significant role in the atmospheric production of radicals and oxidants. Thus nitrogen oxides indirectly affect the transformation rate of other atmospheric pollutants such as SO_2 and hydrocarbons. Only more sophisticated models incorporating the appropriate chemical kinetics with feedback mechanisms would improve the correlation between computed and observed data. However, the application of the these models requires a more detailed emission inventory and a better understanding of transformation and deposition processes of nitrogen compounds.

4. Summary and conclusions

First attempt was made to estimate the magnitude of long range transport of nitrogen compounds in relation to the territory of Czechoslovakia. Considering the mass balance calculation the preliminary conclusion can be made that Czechoslovak sources of nitrogen compounds are practically balanced by wet and dry deposition.

A simple trajectory model was used to estimate country – by – country NO_x -N budget among 9 Central European countries. The result of model calculation reasonably agreed with the mass balance estimation.

The results presented have to be considered with precaution and they do not allow to come to any definite conclusions. All atmospheric transport terms require further refinement by means of more extensive measurements and more sophisticated models.

REFERENCES

- Bónis, K., Mészáros, E. and Pustay, M., 1980: On the atmospheric budget of nitrogen compounds over Europe. *Időjárás* 84, 57–68.
- Bónis, K. 1981: A nitrogénvegyületek légköri mérlege Magyarország fölött. *Időjárás* 85, 149–156.
- Böttger, A., Enhalt, D. H. and Gravenhorst, G., 1978: Atmosphärische Kreislaufe von Stickoxiden und Ammoniak. *Berichte der Kernforschungsanlage Jülich*, Nr. 1558.
- Dovland, H. and Saltbones, J., 1978: Emissions of sulphur dioxide in Europe in 1978. NILU Lilleström, *EMEP CCC, Report 2/79*.
- Eliassen, A., Hov, O., Isaksen, I., Saltbones, J. and Stordal, F., 1982: A lagrangian long-range transport model with atmospheric boundary layer chemistry. *J. Appl. Meteor.* 21, 1645–1661.
- Forrest, J., Spandau, D. J., Tanner, R. L. and Newman, L., 1982: Determination of atmospheric nitrate and nitric acid employing a diffusion denuder with a filter pack. *Atm. Environ.* 16, 1473–1485.
- Okita, T., Morimoto, S. and Izawa, M., 1976: Measurements of gaseous and particulate nitrates in the atmosphere. *Atm. Environ.* 10, 1085–1089.
- Robinson, E. and Robbins, R., 1972: Emissions, concentrations and fate of gaseous atmospheric pollutants. *Air Pollution Control—Part II*, Wiley—Interscience, Sydney, 1–86.
- Rodhe, H., Crutzen, P. and Vanderpol, A., 1979: Formation of sulfuric and nitric acid in the atmosphere during long range transport. *WMO No. 538*, 165–171.
- Semb, A. and Amble, E., 1981: Emission of nitrogen oxides from fossil fuel combustion in Europe. *NILU Lilleström, Report 13/81*.
- Söderlund, R., 1977: NO_x pollutants and ammonia emissions — A mass balance for the atmosphere over NW Europe. *Ambio* 6, 118–122.
- Söderlund, R. and Svenson, B. H., 1976: The global nitrogen cycle. *SCOPE Report 7. Ecol. Bull.* 22, 23–73.
- Stelson, A. W. and Seinfeld, J. H. 1982: Relative humidity and pH dependence of the vapour pressure of ammonium nitrate — nitric acid solutions at 25 °C. *Atm. Environ.* 16, 993–1000.
- Štatistická ročenka ČSSR, 1982: ALFA, Bratislava.
- Závodský, D. and Pukančíková, K., 1983: Odhad regionálneho prenosu a usadzovania antropogénnej sýry v strednej Európe v roku 1980. *Meteorologické zprávy*, 6, 182–186.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 4. szám, 1984. július-augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No 4. July-August, 1984. Budapest

Frontális felhő-csapadék rendszer radar vizsgálata*

KAPOVITS ALBERT, Központi Meteorológiai Intézet, H-1525 Budapest, P.O.B. 38.

Radar study of a frontal cloud-precipitation system. The weather situation of 4 July 1982 is studied. This day a severe cold front, after having slowed down in the Alpine region and then (activated, pushed into the Carpathian basin and crossed Hungary at great speed. This type of weather situation quite frequently occurs in this region. From the point of view of our storm warning system of increasing importance the main problems are the recognition in time of the activation of the frontal system and determination of the risks expected to be associated with it. Significance of radar observations in weather analysis and very short range weather forecasts is demonstrated. Surface and upper-air synoptic data and available meteorological satellite data are analyzed on one hand and weather radar data gained routinely and photographically are used on the other. The case study points out, after all, that weather radar observations make an effective component of the basic observing system and the information originating from it usefully completes the synoptic observational data and even in certain cases it can be used alone for analysing the weather situation because of its good relationships with the synoptic weather characteristics.

*

Frontális felhő-csapadék rendszer vizsgálata. A vizsgálat tárgya az 1982. július 4-i időjárás helyzet. Ezen a napon egy erős hideg front, miután az Alpok térségében átmenetileg lelassult, aktivizálódott, majd betört a Kárpát-medencébe és nagy sebességgel rohant át hazánkon. Az ilyen időjárás helyzet meglehetősen gyakori Magyarországon. Növekvő jelentőségű időjárás veszélyjelző rendszerünk szempontjából alapvető fontosságú a frontális rendszer aktivizálódásának időben történő felismerése és a várható kísérő veszélyes jelenségek meghatározása. A tanulmány a radar megfigyeléseknek a jelentőségét demonstrálja az időjárás helyzet analízisében és ultra-rövidtávú előrejelzésében. Egyrészt tartalmazza a talajfelszíni és magaslégköri szinoptikus adatok analízisét, valamint a rendelkezésre álló műhold-képeket, másrészt az időjárás radarral a rutin megfigyelések során és fényképezések útján nyert adatokat. A vizsgálatok végeredményben bizonyítják, hogy az időjárás radarmegfigyelések a megfigyelő alaprendszer hatékony összetevőjét képezik és a nyújtott információ hasznosan kiegészíti a szinoptikus meteorológiai adatokat, sőt, bizonyos esetekben a radar információ önmagában is felhasználható az időjárás helyzet analízisére, minthogy a radar adatok szoros kapcsolatot mutatnak az időjárás szinoptikus meteorológiai jellemzőivel.

*

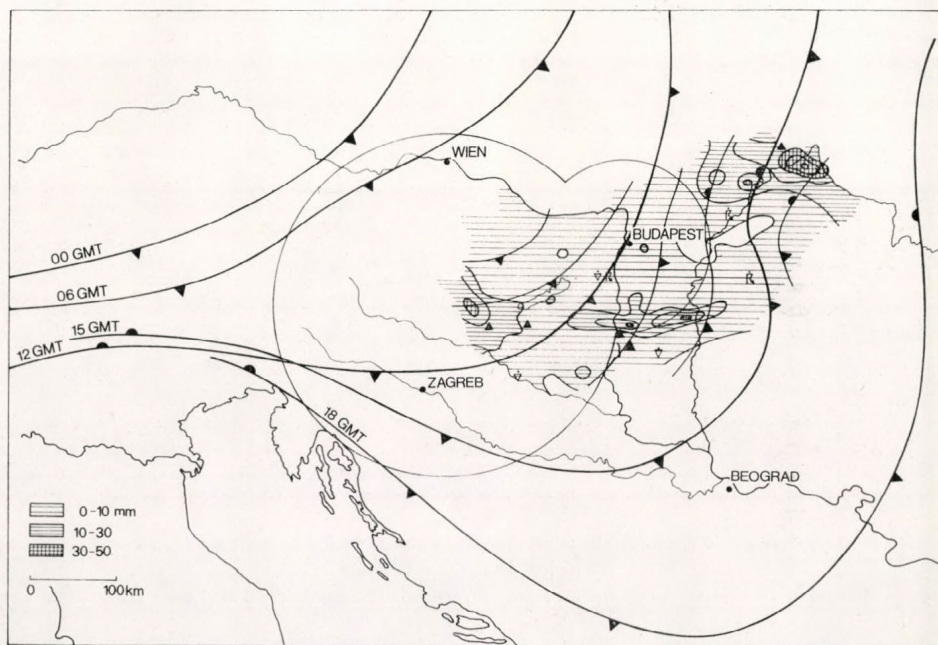
Bevezetés. Tapasztalatainkból ismeretes, hogy a nyugatról érkező időjárás frontok, miközben veszítenek intenzitásukból, gyakran lelassulnak az Alpok előterében, majd aktivizálódva, a következő napon betörnek a Kárpát-medencébe. Ezt a tapasztalati tényt más szerzők is megerősítették (Pichler, 1982; Steinecker, 1982). A front fejlődésében bekövetkezett ilyen változások nehezen jelezhetők előre, és ráadásul a rövidtávú időjárás előrejelzéseknek, az ezen

* A XI. Nemzetközi Kárpátmeteorológiai Konferencián, 1983. szeptemberében Székesfehérvárott elhangzott angol nyelvű előadás.

időjárás helyzetekben gyakori sikertelenségén túlmenően, nehézségeket okoznak viharjelző rendszerünkben. Sikeres analízist és eredményesebb veszélyjelzést csak az olyan operatív távjelző rendszereknek a használatától várhatunk, mint az időjárás radarok és meteorológiai műholdak.

Szinoptikus időjárás helyzet

1982. július 4-én éjjelre egy észak-déli irányítottágú hidegfront déli szélé, áthaladva az Alpok előterén, elérte az Innsbruck – Salzburg – Linz – Pribyslav vonalat (1. ábra). A frontot szórványosan mérsékelt zivatar-tevékenység kísérte, amely kora reggelre megszűnt. A front mögött, 150–250 km távolságban, kiterjedt csapadékos terület volt megfigyelhető. A rendszer reggelre Ausztria

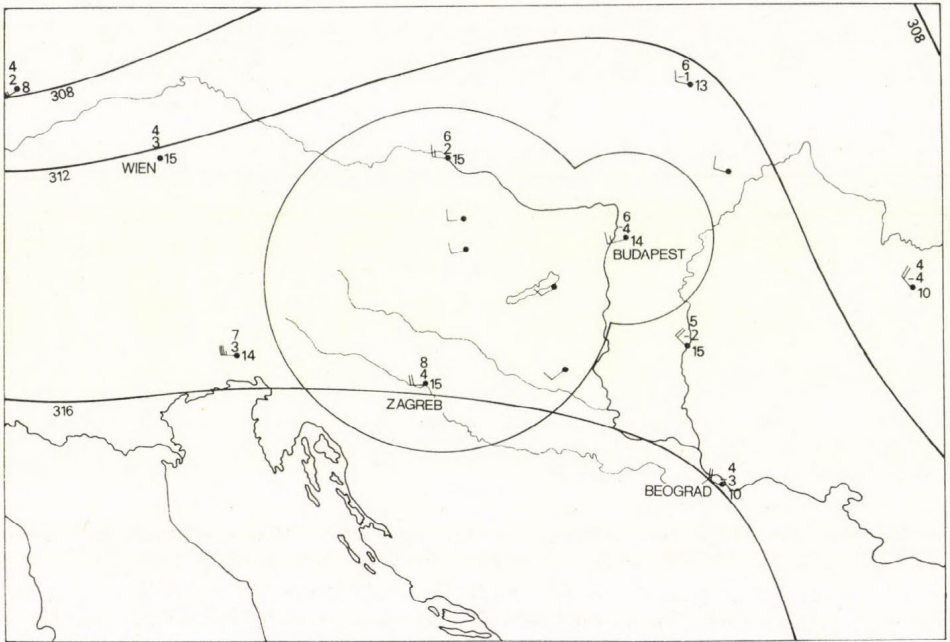


1. ábra: A hidegfront izokronjai és a frontátvonulás során lehullott csapadékösszegek a csapadék típusának feltüntetésével 1982. július 4-én Magyarországon

Fig. 1: Surface cold front isochrones on 4 July 1982 and precipitation totals for the frontal passage with indication of the types of precipitation in Hungary

fölött regenerálódott és 09,20 GMT-kor elérte a magyar határt. Miközben a front mögött nagynyomású terület alakult ki, a rendszer előtt átmenetileg zárt izobárrendszerű mezociklon jelent meg, és heves záporok-zivatarok törtek ki, erős szellőkésekkel. A 30–35 ms⁻¹ erősségű szellőkések a Dunántúlon erősebbek voltak, mint keleten, ahol mindössze 20–25 ms⁻¹-ot értek el. Magyarországi északkeleti részén a front sebessége viszonylag kicsiny volt, az ország nyugati és délkeleti részén tapasztalt sebességhez képest. A front áthaladását jelentős, 3–6 mbar/3 óra mértékű nyomásemelkedés és 10–12 °C nagyságú, 1–2 óra alatt bekövetkezett hőmérséklet-csökkenés kísérte. Egy, az országot délnyugat-északkelet irányban keresztező ív alakú területen tetemes csapa-

dékmennyiséget mértek és jégesőt észleltek. A frontátvonulás alatt lehullott csapadék mennyisége foltokban 10–30 mm volt és északkeleten elérte az 50 mm-t. A front az országot 16.00 GMT körül hagyta el keleti irányban. A frontátvonulás során a Kárpát-medence felett és környezetében a vezető áramlás szintjében a szélmező irányítottága délnyugat-nyugatiról nyugat-északnyugatira változott és a kezdetben divergáló izohipszák párhuzamossá váltak (2. ábra).



2. ábra: 700 mbar-os szint analízise a Kárpát-medence felett és annak környezetében 1982 július 4-én 00 GMT-kor

Fig. 2: 700 mbar analysis over and around the Carpathian basin at 00 GMT on 4 July 1982

A vizsgálat céljára felhasznált adatok

A vizsgálat céljára az operatív gyakorlatban rendelkezésre álló földfelszíni és magaslévköri szinoptikus megfigyelési adatokat, valamint a veszélyjelző rendszer SPECI jelentéseit használtuk fel. A rendszer mozgása és a csapadékmező finom szerkezetének meghatározásához kiegészítőleg figyelembe vettük a mintegy 1000 éghajlati és csapadékmérő állomás adatait.

Sokoldalúan felhasználtuk a Szentgotthárd-Farkasfa körüli 200 km-es sugarú területről és a Budapest körüli 100 km-es sugarú területről MRL-5 típusú időjárásradarral (I. táblázat) megfigyelt adatokat és megkíséreltük figyelembe venni a Magyarország déli részén működő jégeső elhárító rendszer radaradatait is. A radaradatok különböző formában álltak rendelkezésünkre: időjárásradartérképek, manuálisan digitalizált, távgépíron továbbított térképek, fényképfelvételek és az állomások megfigyelési naplóiba történt bejegyzések formájában. Szentgotthárd-Farkasfán az MRL-5 időjárásradar 3 cm-es hullámhosszon működött, míg ugyanakkor a Budapest-i időjárásradarállo-

más 10 cm-es hullámhosszon működött. A Szentgotthárd-Farkasfa-i időjárási radarmegfigyelések a front előtti eseményektől egészen 1982. július 4-én 13.18 GMT-ig folytak, amikor is a megfigyelések villámcsapás miatt megszakadtak.

A fentiekén kívül analizáltuk a NOAA-7 13.10 GMT-kor Budapesten vett infravörös (IR) és látható (VIS) tartományban fölvelt képeit és a METEOSAT-2 11.00, 12.00 és 13.00 GMT-kor vett VIS2 CO3 képeit.

I. TÁBLÁZAT – TABLE I.

Az MRL-5 típusú időjárási radar paraméterei a vizsgált napon
 Properties of the MRL-5 weather radars as used on the day in question

Hullámhossz cm	Antenna átmérő m	Csúcs- teljesít- mény kW	Im- pul- zus hossz μ s	Minimálisan detek- tálható jel bármely távolságban		Vevő dina- mikája dB	Mérés- határ km
				mm h ⁻¹	dBZ		
3	4,5	250	2	0,1	4	70	200
10	4,5	550	1	0,3	15	70	100

Úgy véljük, hogy a felhasznált adatokkal kapcsolatban az alábbiakat szükséges megjegyeznünk:

1. Magyarországon működik egy viharjelző rendszer, amely főként szinoptikus meteorológiai állomásokból áll. Valahányszor a rendszer valamely állomásán szignifikáns időjárási jelenség lép fel, vagy az időjárási elemek lényegesen megváltoznak, ezt URH-n az időjárást előrejelző központba kell jelenteni;

2. Magyarországon időjárási radarhálózat kiépítése van folyamatban. Ennek a hálózatnak a fent említett 2 állomása, Szentgotthárd-Farkasfán és Budapesten már működött a vizsgált időjárási helyzet idején. Az állomások személyzetének azonban még nem volt elegendő gyakorlatuk abban az időben, megfigyeléseiket nem azonos módszerrel végezték, az alkalmazott hullámhosszak különbözők voltak, és így az adatokat nem tekinthetjük kompatibiliseknek;

3. A jégesőelhárító rendszer és saját radarállomása autonóm rendszer, amely csak veszi az időjárási radarhálózat adatait, saját adatait azonban nem juttatja be rendszeresen az időjárási radarhálózat információs áramlásába;

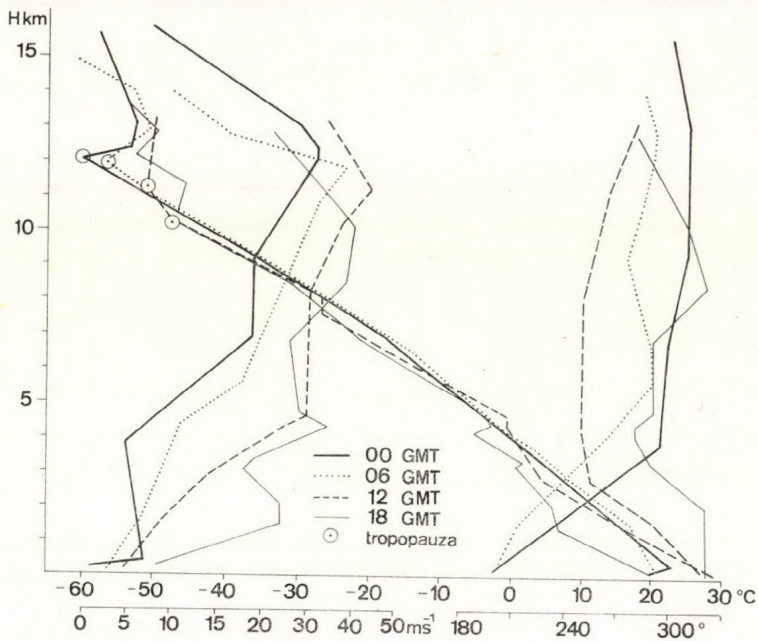
4. A műholdmeteorológia magyarországi művelésének eredményeit elismerték. A tudományos eredmények mellett azonban még nem fejlesztettek ki egy operatív rendszert. Ez a magyarázata annak, hogy a vizsgált napon csak néhány műholdkép állott rendelkezésünkre.

Úgy véljük, hogy a felsoroltak választ adnak arra az eddig kimondatlan kérdésre, hogy miért korlátozódott vizsgálatunk időben és térben a Kárpát-medence belsejére.

Az adatok analízise

A szinoptikus és csapadékmérő állomások jelentései alapján meghatározva a front izokronjait, nyomon követtük a front mozgását (1. ábra). Az ország nyugati és délkeleti részén a front növekvő, átlagosan 66 km h⁻¹ sebességgel

haladt délkeleti irányba. Az ország északkeleti területein sebessége 36 km h^{-1} volt. A front sebességének növekedése feltehetőleg a rendszer regenerálódásának volt köszönhető, a mozgás sebességében tapasztalt különbségeket pedig minden bizonnyal a topográfiai különbségek okozták. Ezek a megállapítások általában jól magyarázzák a csapadék mennyiségének és típusának az eloszlását, kivéve egy keskeny, viszonylag nagy csapadékmennyiségű sávot az ország közepén.



3. ábra: Hőmérsékleti és szélviszonyok Budapest felett 1982. július 4-én
Fig. 3: Temperature and wind profiles over Budapest on 4 July 1982

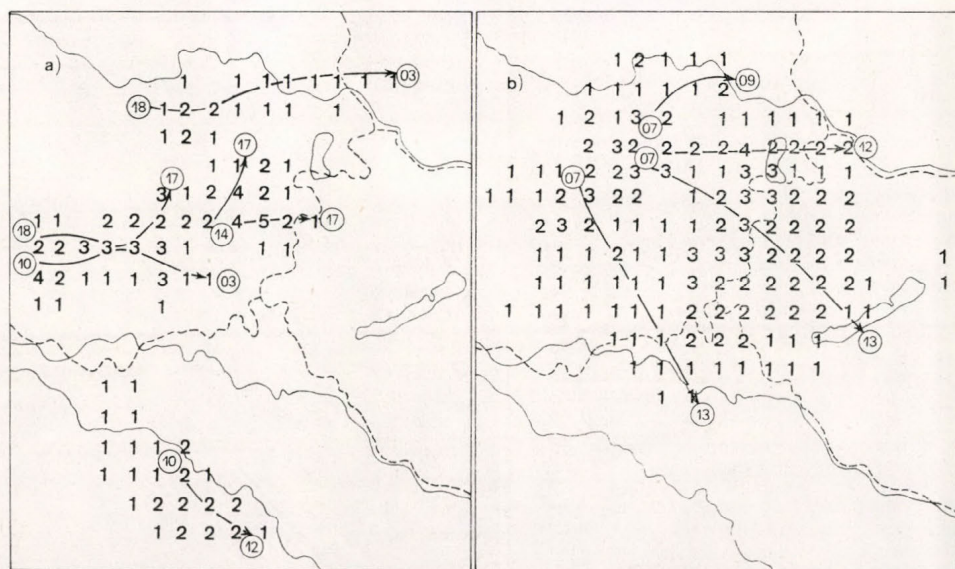
A szinoptikus állomások mindegyikére meghatároztuk a frontális felhőzet és csapadék tartalmát. Ezek az adatok, a front haladási sebességével együtt, lehetővé tették, hogy meghatározzuk a frontális felhőzet- és csapadékrendszer frontra merőleges méreteit. Az ilyen módon becsült felhősáv szélessége 144 és 363 km között váltakozott és átlagosan 274 km volt, a csapadékszóna szélessége pedig 14-től 231 km-ig változott, átlagos szélessége 144 km volt.

A dunántúli állomások csapadék-regisztrátumai alapján megállapított 10 perces csapadékkintenzitás értékek igen változatosak voltak; a sok helyen mért tized mm értéktől a Zalaegerszegen (12915) mért 10,0 mm-ig, sőt Szentgottárd-Farkasfán (12910) mért 27,8 mm értékig terjedtek. Mindenesetre ez az utóbbi érték a heves csapadékok kategóriájába tartozik (Babos, 1959). Vas és Zala megyékben néhány helyen jégesőt is észleltek.

A magaslégtéri időjárási helyzet jellemzésére bemutatjuk a július 4-i 00 GMT-s 700 mbar-os topográfiát, melyet PILOT jelentésekkel egészítettünk ki. Erre vonatkozóan nem tudunk többet mondani, mint amit már közöltünk a szinoptikus időjárási helyzet ismertetésekor. A magaslégtéri állapotoknak a nap során bekövetkezett változásait a budapesti rádiószonda mérések alapján a 3. ábrán mutatjuk be. Jól látható a hőmérséklet csökkenése, különösen

a légkör alsó rétegeiben, a tropopauzán magasságának 12 km-ről 10 km-re történő csökkenése, valamint az alsó rétegekben a szélesebbesség erőteljes növekedése, melyet a szél irányának a magassággal történő erőteljes balra fordulása kísért. Végül is a troposzférikus rétegekre vonatkozó átlagos szélirány dél-nyugatiról északnyugatira változott, miközben a szél közepes sebessége 25–35 km h⁻¹-ről 100–120 kmh⁻¹-ra növekedett a nap második felére.

A radarmegfigyelések azok, amelyek lehetővé teszik, hogy a csapadékmező-



4. ábra: A csapadék echók órákban kifejezett tartamgyakoriságának eloszlása Szentgotthárd/Farkasfa körül és az echó trajektóriák (a) 1982. július 3-án 10 GMT és 1982. július 4-én 03 GMT között, valamint (b) 1982. július 4-én 07 GMT és 13 GMT között

Fig. 4: Distribution of durations in hours of precipitation echoes around Szentgotthárd/Farkasfa and the echo trajectories between 10.00 GMT on 3 July and 03.00 GMT on 4 July 1982 (a) and form 07.00 GMT till 13.00 GMT on 4 July 1982 (b)

nek a front-áthaladást megelőző és a frontátvonulás alatt bekövetkezett változásainak a részleteit nyomon követhessük. A Szentgotthárd-Farkasfán végzett radarmegfigyeléseket használtuk fel arra, hogy a csapadék echók tartamának órákban kifejezett eloszlását és az echók trajektóriáit bemutassuk (4. ábra). A gyűjtőtérképek szemléletesen mutatják a csapadék folyamatok kibontakozását, néhány egymást követő hullámban, Ausztria keleti tartományai felett és azt, amint a folyamat éjféltre befejeződik, majd 1982 július 4-én reggelre, még mindig Ausztria területén, újból kifejlődik. Nem vitatható a Keleti Alpok szerepe a csapadékfolyamatok ilyenén alakulásában.

Abból a célból, hogy az időjárási helyzet analizését elősegítsük, táblázatba foglaltuk a fohó-csapadék rendszer időjárási rdarral mért néhány fontos karakterisztikáját (II. táblázat).

A csapadékkintenzitás (I) és a radar reflektivitási tényező (Z) közötti jó összefüggések lehetővé teszik, hogy az elektromos jeleket a meteorológusok számára érthető csapadékkintenzitás értékekké számítsuk át. Tanumányainkban az átszámításhoz az alábbi összefüggéseket használtuk fel:

$$Z = 200 I^{1,6} \quad \text{esőre,} \\ Z = 450 I^{1,46} \quad \text{záporra-zivatarra.} \quad (1)$$

Július 3-án prefrontális időjárás helyzetben kis mezo-méretű konvektív echók alakultak ki néhány helyen Ausztriában. Ezek nem maradtak fenn egy-két óránál tovább és intenzitásuk csak néhány helyen és rövid időre érte el az erős fokozatot (*Brüljov és Nizdojminoga, 1977*). Ezek az echók késő

II- TÁBLÁZAT – TABLE II-

A Szentgotthárd–Farkasfán és Budapest–Ferihegyen 1982 július 3-án és 4-én megfigyelt radar-adatok időrendi sorrendben

Chronology of the weather radar data measured on 3rd and 4th July 1982 at Szentgotthárd-Farkasfa and Budapest–Ferihegy

Idő GMT	T	S	H _{max}	I _{max}	Idő GMT	T	S	H _{max}	I _{max}	V _r		V _{pt}		V* _{pt}	
										d	s	d	s	d	s
Szentgotthárd Farkasfa 3 cm, 200 km mérés határ															
Júl. 3.					Júl. 4.										
10	6800	6.2	9.5	1.5	07	1 800	3.0	7.5	0.2	—	—	—	—	080	20
11	2550	4.2	10.0	3.5	08	4 850	3.3	10.0	0.2	040	25	100	30	—	—
12	2000	3.6	11.0	8.0	09	8 400	4.7	12.0	3.5	060	90	120	47	—	—
13	1700	3.4	10.0	8.0	10	6 150	3.8	20.0	20.0	080	40	140	44	—	—
14	2050	3.7	10.0	8.0	11	hiányzik									
15	2450	4.9	9.5	1.5	12	10 900	4.2	14.0	3.5	100	70	130	40	007	50
16	2250	4.1	9.5	1.5	13	15 550	4.9	120	3.5	070	15	150	27	—	—
17	1800	4.0	7.3	0.4	Júl. 4. Budapest Ferihegy, 10 cm, 100 km mérés határ										
18	500	3.3	4.0	0.1	12	7 150	4.5	13.5	70.0	110	75	—	—	070	50
22	2300	4.6	9.3	0.4	13	9 750	5.4	11.0	28.0	120	60	110	40	—	—
23	800	3.2	7.1	0.2	14	5 700	3.9	8.2	1.6	100	55	110	45	—	—
24	1050	3.5	5.0	0.1	15	6 400	3.6	8.2	2.3	090	60	090	65	—	—
Júl. 4.					16	1 750	3.5	6.2	1.3	090	60	090	90	—	—
01	750	3.0	—	0.1	17	150	1.5	3.6	—	090	50	—	—	120	52
02	350	2.3	4.5	0.2											
03	350	1.8	4.0	0.2											

Jelmagyarázat és dimenzió:

- T a felhő-csapadék rendszerrel fedett terület km²ben;
 S a 20×20 km-es pixel-ekre megállapított átlagos fedettség oktákbán;
 H_{max} a felhő-csapadék rendszer maximális magassága km-ben;
 I_{max} a legnagyobb csapadékintenzitás értéke mm h⁻¹ban;
 V_r a csapadék-echók mozgása;
 V_{pt} az echót határoló pszeudofront mozgása;
 V*_{pt} a (2) egyenlettel számított pszeudofront mozgása;
 d irány földrajzi fokokban;
 s sebesség km h⁻¹ban.

estére megszűntek, majd július 4-én hajnalra az előbbiekhöz élettartamban hasonló újonnan megjelent echók ismét eltűntek. A front regenerálódása július 4-én 07.00 GMT körül kezdődött. Nagy mezo-méretű csapadék echók fejlődtek ki, melyek 09.00 GMT-re szinoptikus méretű, szervezett rendszerré alakultak át (5. ábra). Ugyanakkor a csapadék intenzitása 20 mm h⁻¹-t is elérte és a felhő-csapadék rendszer függőleges kiterjedése elérte maximumát, a 14–20 km-t. Dél tájban az ország középső részein még ennél is intenzívebb csapadék echókat észleltek (28–70 mm h⁻¹). Ezeknek a magassága azonban nem haladta meg a 12–14 km-t. Később, az idő múlásával, és kelet-délkelet irányban történő távozásukkal a radar echók intenzitása és függőleges fejlettsége csökkent.

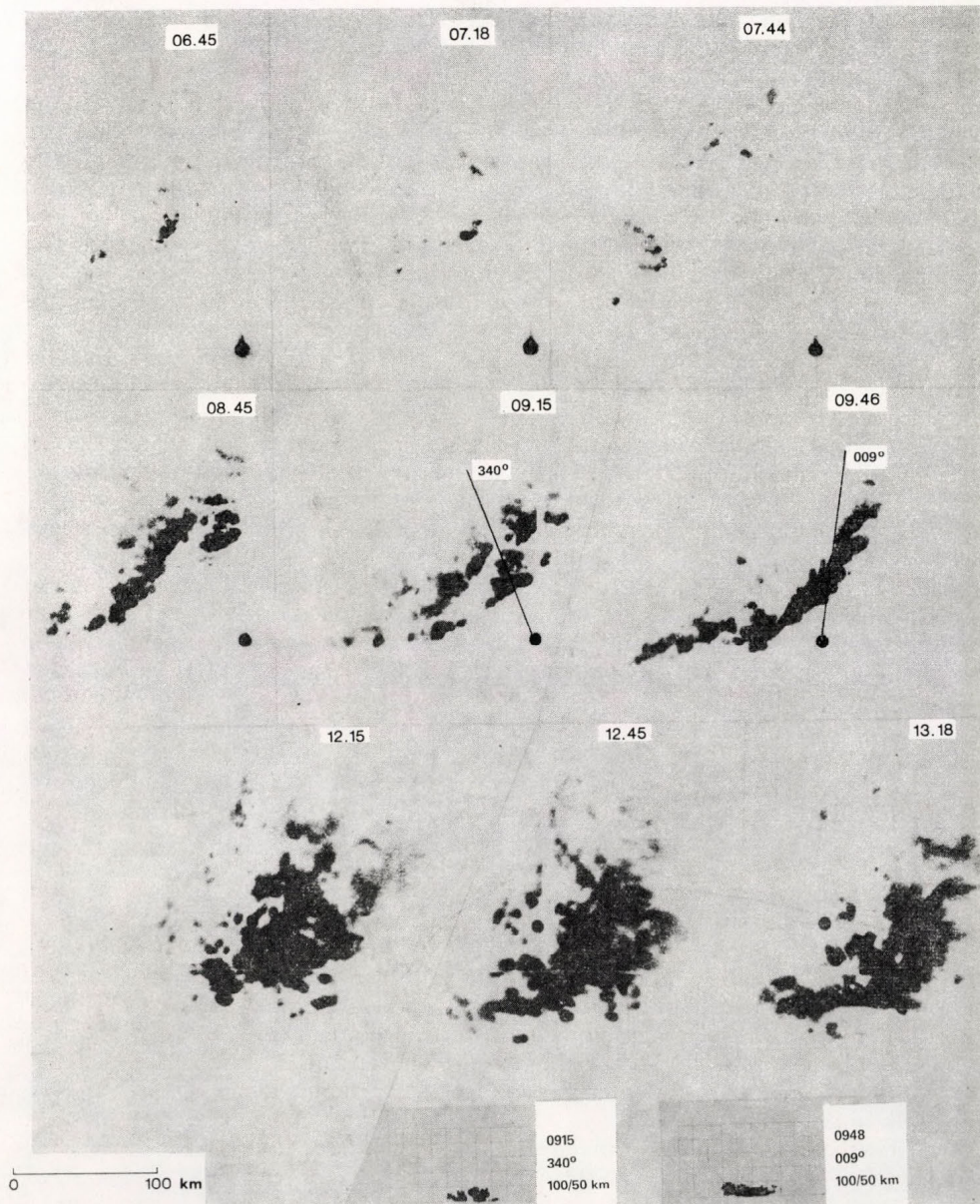
A rendszer áthelyeződését megadhatjuk akár az echók jellegzetes pontjai alapján megállapított V_r értékkel, akár a felhő-csapadék rendszert határoló, úgynevezett pszeudofront áthelyeződése alapján meghatározott V_{pt} értékekkel.

Ezen adatok szerint a frontrendszer kelet-délkeleti irányban haladt, néha nagy (90 km h^{-1}) sebességgel.

A magassági szél és az echó áthelyeződések közötti olyan tapasztalati összefüggések, mint például

$$v_{\text{pi}}^* = 0,8 v_{700}, \quad (2)$$

ahol v_{700} a szél sebessége a 700 mbar-os felületen, felhasználhatók a rendszer



5. ábra: PPI és RHI képek Szentgotthárd/Farkasfán 1982. július 4-én
 Fig. 5: PPI and RHI pictures taken at Szentgotthárd/Farkasfa on 4 July 1982

mozgásának a meghatározására (*Bodolainé*, 1980). Abból a célból, hogy ennek az összefüggésnek a használhatóságát bemutassuk a budapesti rádiószonda mérések alapján, a (2) egyenlettel kiszámítottuk a v_{pt}^* értékeket, melyeket szintén feltüntettünk a II. táblázatban.

A 13.00 GMT-kor Szentgotthárd-Farkasfán végzett megfigyelésekből meghatározott v_r és v_{pt} értékek némi magyarázatot igényelnek. Ezek az adatok nem felelnek meg a várakozásnak. Ez föltehetőleg nem az operátor hibája miatt van így. Ennek oka az, hogy a 3 cm-es hullámhossz a széles és intenzív csapadékszónában erősen csillapodott.

Az elektromágneses hullámnak a csapadékban történő gyengülésével kapcsolatban az időjárási radaradatok két sajátosságára kell rámutatnunk.

A Szentgotthárdon és Budapesten azonos időben megfigyelt felhő-csapadék rendszer radarképeit közös koordináta rendszerben ábrázolva, a csapadékzóna határainak az eltéréseit nem egyszerűen inkompatibilitás okozza, hanem azt a Szentgotthárdtól kelet-északkeleti irányban nyúló intenzív csapadékzónának kell tulajdonítani (lásd később a 8. ábrát).

Némileg meglepő, hogy az aktivizálódó felhő-csapadék rendszernek a haladás irányába mért szélessége 09.46 GMT-kor a legkisebb (5. ábra). Ennek a torzulásnak az oka az ezen időpontban mért nagy intenzitás-értékek és az ennek következtében létrejött nagymértékű gyengülések, következésképpen a csapadékzóna a valóságban föltehetőleg sokkal szélesebb annál, mint amit megfigyeltünk. A gyengülés hatása világosan látható a 357° és 005° irányban a radar echók radikálisan távoli szélén megfigyelhető újszerű betűremkedésekből. Ezt bizonyos mértékig alátámasztja az is, hogy az echók magassága kifelé rohamosan csökken, amint az a 09.46 GMT-kor 009° irányban készített RHI képen látható (5. ábra).

A szentgotthárdi radarállomás hatásterületén a csapadékzónának a front vonalára merőleges méretei 20–155 km között váltakoztak, átlagos szélessége 73 km volt. Figyelembe véve azt a tényt, hogy a front az állomásokat nem merőlegesen, hanem $40-50^\circ$ -os szög alatt közelíti meg, a fenti méretek 31 és 241 km, illetőleg átlagosan 114 km. Ezek az értékek nagyon jól megfelelnek a csapadék-regisztrátumok és a rendszer mozgás sebességéből számított értékeknek.

A Szovjetúnióban a zivataroknak rádiólokátorral történő felismerésére kidolgozott úgynevezett Y -kritériumot (*Brüljov és Nizdojminoga*, 1977)

$$Y = H_{\text{max}} \lg Z_3 \quad (3)$$

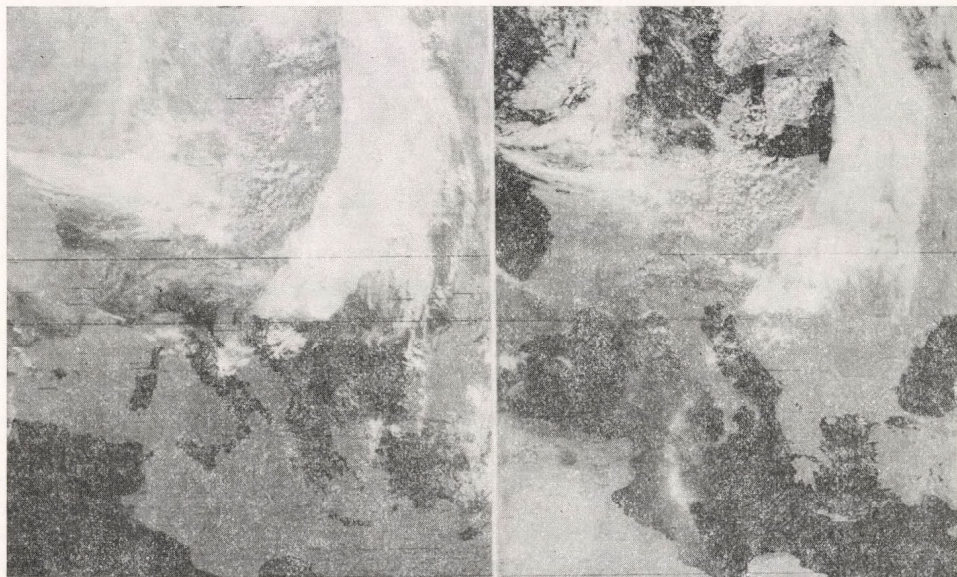
használgják Magyarországon az operatív gyakorlatban, azzal a csekély módosítással, hogy valahányszor Y értéke meghaladja a 30-at, zivatarról van szó. A (3) egyenletben H_{max} a radar echónak a felső határa km-ben és $\lg Z_3$ a dB-ben kifejezett radar reflektivitási tényező, melyet az olvadási réteg fölött 3 km magasságban mérnek. Amint a megfigyelési naplóból kitűnt, ezt a kritériumot nem alkalmazták megfelelően, minthogy zivatar nagyobb területen fordult elő, mintsem rádiólokátorral azonosították. Kitűnt ugyanakkor az is, hogy $Y=30$ -nak a zivatarok megbízható azonosítására demarkációs értéként történő alkalmazása túl magas.

A csapadékos rendszerek megfelelően diagnosztizálhatók az echó eloszlás típusa és a

$$\Delta H = H_{\text{max}} - H_{-22^\circ\text{C}} \quad (4)$$

egyenlet alapján (*Brüljov – Nizdojminoga*, 1977). Fizikailag a $H_{-22^\circ\text{C}}$ a felhő-

részecskéknek a konvektív felhőkben történő tömeges kristályosodásának a szintje. A ΔH értékeket a konvekció feltételei és a légköri stabilitás határozzák meg, mely tényezők egyúttal meghatározzák a frontális felhő-csapadék rendszer jellegét. Esetünkben az átlagos ΔH érték 3,5 volt, mely érték a záporokkal és zivatarokkal kísért légköri frontokra jellemző.



6. ábra: A NOAA 7 infravörös és látható tartományban készített felvételei 1982. július 4-én 13.10 GMT-kor

Fig. 6: Satellite images NOAA 7 IR and VIS at 13.10 GMT of 4 July 1982

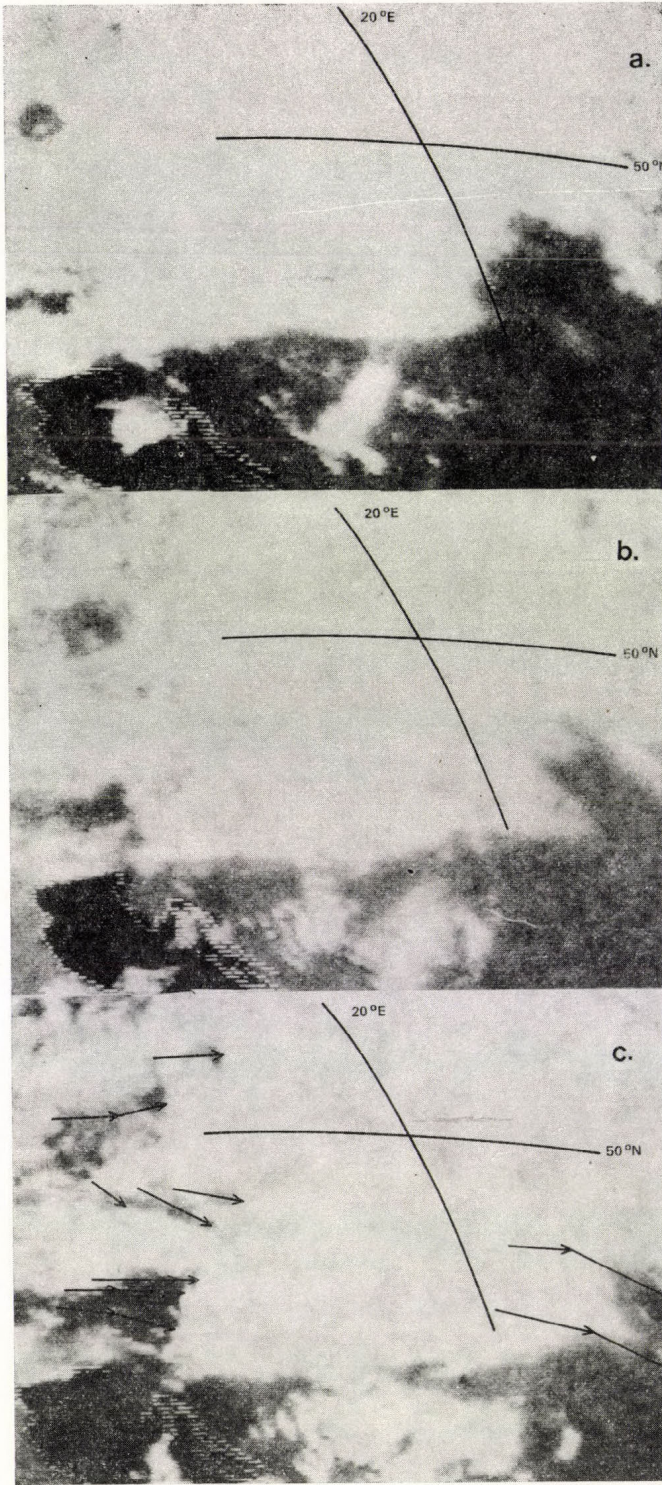
Sokszor a jól fejlett zivatarokat a talajfelszín közelében erős, lökéses szelek kísérik. Ismeretes tapasztalatból, hogy $\lg Z_3$ és

$$\Delta H^* = H_{\text{trop}} - H_{\text{max}} \quad (5)$$

értékei, ahol H_{trop} a tropopauza magassága, lehetővé teszik a szellőkések erősségének a megbecsülését (*Brüljov – Nizdojminoga*, 1977). Konkrét időjárási helyzetünkben a $\lg Z_3$ és ΔH^* értékek 20 ms^{-1} erősebb szellőkéseket valószínűsítettek.

A műholdképek az űrbázisú távérzékelési technika produktumai. A vizsgált felhő-csapadék rendszer földrajzi elhelyezkedése jól látható a 6. ábrán bemutatott NOAA 7 képeken, amelyek kiváló betekintést nyújtanak a rendszer térbeli szerkezetébe. Érdeemes megemlíteni a rendszer egyenetlen topográfiáját és a nyilvánvalóan nagy magasságig felnyúló, kör keresztmetszetű supercellát a medence közepén. A METEOSAT-2 kinagyított részeinek egy rövid sorozata segítségével volt lehetséges a Magyarország nyugati részei fölötti felhő feloszlás folyamata terjedésének és a felhőzet áthelyeződésének a délkeleti országrész feletti meghatározása (7. ábra). Az előbbire átlagosan 70 km h^{-1} , az utóbbira pedig 108 km h^{-1} sebesség értéket kaptunk.

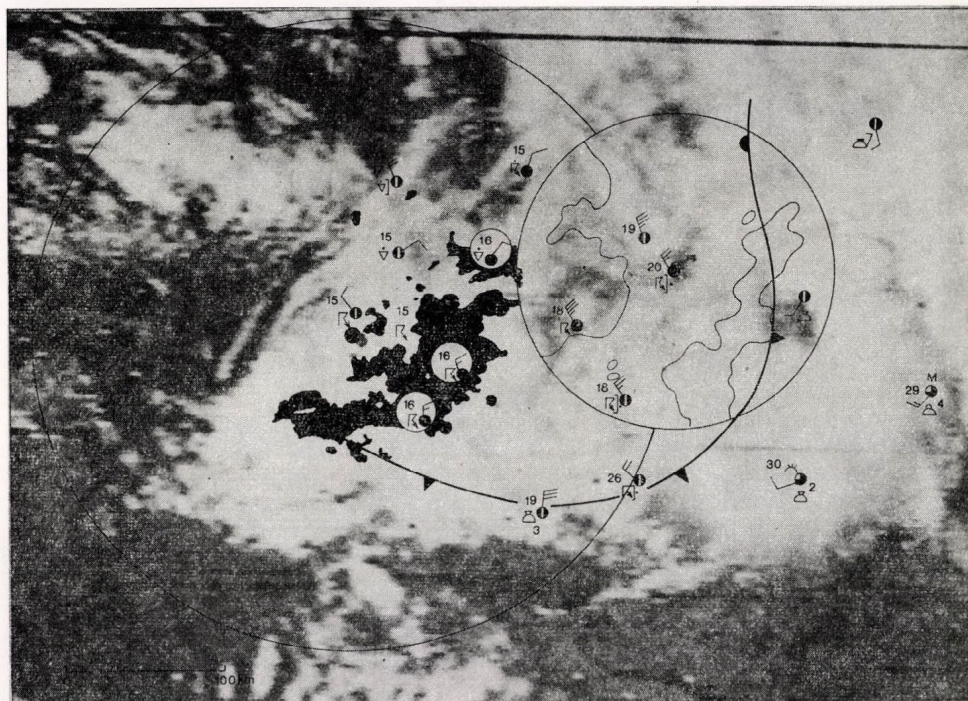
Az időjárási adatok komplex analízise nem új gondolat. Ennek a technikának az alkalmazásától az időjárási helyzet jobb megértése várható. Ezt azonban néhány nehézség akadályozza. Az alapvető probléma az, hogy a különböző forrásból származó adatok különböző méretű és vetületű térképeken kerülnek



7. ábra: A MET 2 VIS2 CO3 műhold képei egy, a felhőrendszernek a Kárpát-medence felett és annak környezetében végbemenő változásait bemutató kinagyított részletének sorozata 1982. július 4-én, 11, 12, és 13 GMT-kor. A 13 GMT-kor készített felvételen feltüntetett nyilak a felhőrendszer nyugat felőli felszakadozását és a rendszer délkelet felé történő mozgását mutatják

Fig. 7: Series of enlarged sections of MET 2 VIS2 CO3 satellite images at 11.00, 12.00, 13.00 GMT on 4 July 1982 showing the developments of the cloud system over and around the Carpathian basin. The arrows on the picture taken at 13.00 GMT indicate as the cloud cover breaks up from W and spreads towards SE

ábrázolásra, azaz a szinoptikus és radar térképek, valamint a műholdképek nem kompatibilisek, az adatok legtöbb esetben aszinoptikusak és az időjárási radar és a mesterséges holdak adatainak az interpretálása nagy gyakorlatot igényel. 13.00 GMT az az időpont, amikor a fenti forrásokból származó valamennyi adat rendelkezésünkre állott. Megkíséreltük az adatok együttes ábrázolását egyszerű fotografikus rátét-technika alkalmazásával (8. ábra).



8. ábra : Szinoptikus és időjárási radar adatok fotografikus rátét-technikával történő ábrázolása komplex analízis céljából a NOAA 7 látható sávban 1982. július 4-én 13.10 GMT-kor készített felvételén

Fig. 8 : Synoptic and weather radar data put with a photographic overlay technique on the satellite images NOAA 7 VIS at 13.10 GMT on 4 July 1982 to make complex analysis

A NOAA 7 látható spektrumban készített felvételének egy részét, amely a Szentgotthárd-Farkasfa időjárási radarállomás hatáskörzetét tartalmazza, és a radarernyőről készített diapozitív felvételt egymásra helyeztük. A Budapest környékén észlelt echo kontúrokat kiegészítőleg feltüntettük és ráadásul a legfontosabb, a front elhelyezkedését leíró szinoptikus adatokat is felrajzoltuk. Annak ellenére, hogy ez egyszerű eljárás, nagy gyakorlatot igényel és operatív a mindennapi szolgálatban nem alkalmazható. A 8. ábrából világos, hogy csak egyetlen adat típus nem elegendő az időjárási helyzet teljes leírására, ahhoz különböző forrásból származó, természetüknél fogva egymást kiegészítő adatokra van szükség.

Következtetések

A bemutatott esetből néhány általános következtetést vonhatunk le. A szinoptikus adatok nem elegendők a mozgó és gyorsan fejlődő frontok

pontos analiziséhez. Ha az alkalmazott eljárás csak a szinoptikus adatokon alapul, az időjárási helyzet változása csak nagy késéssel követhető. Annak érdekében, hogy a változásokat időben diagnosztizáljuk, a távérzékelési technikának (időjárási radar és műhold megfigyelések) alkalmazására van szükség. Az időjárási radar megfigyelések önmagukban is sokszínű információt szolgáltatnak, amint ezt az esettanulmány is bizonyította, különösen akkor, ha hálózatszerűen működnek és megfigyeléseiket egységes metodika alapján végzik. A helyes eljárás azonban az, amikor a szinoptikus és távérzékelés útján nyert adatokat együttesen alkalmazzák az időjárási helyzet analizésére. A komplex analízis azonban idő- és munkaigényes eljárás, ha az manuálisan történik, operatív csak akkor alkalmazható, ha ezt egy számítógépes interaktív adatkezelő és megjelenítő rendszer segíti.

IRODALOM

- Babos, Z., 1959: *Vízrendezések tervezésénél mértékadó csapadékok*. ÉM Mélyépterv Általános Műszaki Osztály kiadványa, Budapest.
- Bodolainé Jakus E., 1980: *Radarral végzett csapadékmérések a csapadék rövidtávú előrejelzésében*. Országos Meteorológiai Szolgálat kisebb kiadványai 48. szám, Budapest.
- Brüljov, G. B. and Nízdojmnoga, G. L., 1977: *Izpolzovanyije radiolokacionnüh v szinopticszeszkoj praktyike*. Hidrometeoizdat. Leningrad.
- Pichler, H., 1982: *Mesoscale processes in the Alpine region*, WMO-ALPEX Publication No. 7., Geneva.
- Steinecker, R., 1982: *The first ALPEX-SOP coldfront on March 2, 1982*. WMO-ALPEX Publication No. 7., Geneva.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat Folyóirata. 88. évf. 4. szám. 1984. július-augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No 4. July-August, 1984. Budapest.

Classification of agricultural droughts of rainfed rice crop – A case study for Central India

A.S.R.A.S SASTRI and S.R. PATEL, Zonal Agricultural Research Station / Rice Zone / Jawaharlal Nehru
Agricultural University, Raipur 492012, India

A szárazgazdálkodású rizs mezőgazdasági aszályának osztályozása. – Esettanulmány Közép-Indiára A mezőgazdasági aszály intenzitását szárazgazdálkodású rizsre vonatkozólag osztályoztuk úgy, hogy kiindulási alapként az egyes fiziológiai fázisokban minimálisan szükséges értékekből képeztük az AE/PE hetenkénti hányadosokat, majd azokat az egész tenyészidőszakra összegeztük a rizsföldek vízháztartási mérlegét alapul véve. Az egyenlő nedvesség-ellátottságú években, azaz a nem aszályos, jó csapadékelátottságú, ill. az aszályos esztendőik terméseredményeit vizsgáltuk meg, s azt találtuk, hogy a termésgörbe emelkedő trendje az azonos nedvességellátottságú években, az új technológia és a növekvő műtrágya-felhasználás fejlődésével magyarázható.

✱

Classification of agricultural droughts of rainfed rice crop – A case study for Central India. The agricultural drought intensities of rainfed rice crop were classified based on the departure of weekly AE/PE values from the minimal required values during each physiological stage and then integrated to the whole of the growing season based on the water balance computations of bunded rice fields. The crop yields in the years of equal moisture status *viz.*, during good rainfall years with no drought and severe drought years were examined and it was found that there is an increasing trend in the productivity in the years of equal moisture status, which can mainly be attributed to the development of new technology and increased fertilizer use.

✱

Introduction. Rice, though a water loving plant, is grown under rainfed conditions in regions with seasonal rainfall greater than 1000 mm. Due to aberrant weather conditions, or break in rains for a period of greater than a week, water stress conditions occur in rice crop too. It is, however, well known that the intensity of drought depends upon the physiological stage of crop growth during which water stress occurred (*Sastri et al., 1982*). In Central India alone rice is grown in about 47.70×10^5 hectares of which 16.2 per cent of the area is under irrigation (that too protective irrigation but not productive irrigation) and rest of the 83.8 per cent of the area was under rainfed conditions. The whole of Southeastern part of Central India (*Fig. 1*) known as 'Chhattisgarh region' is often called as 'rice bowl' of Central India. But the productivity of this region is the lowest (1.1 t/ha) in the world (*Sastri, 1983*).

In Raipur which is centrally located in the rice zone crop cutting yield data of rice crop are available for the period 1964 to 1982 collected under Integrated Rural Development Project and the meteorological data are also available for the same period collected at the Agromet. Observatory of the Research Station. Based on this data an attempt has been made to classify the agricultural droughts of varying intensities of rice crop during

different physiological stages and then integrated for the whole of the growing season to obtain an overall view of the agricultural drought intensity and the production trend was examined for the period 1964–1982 for the years of equal moisture status. The index of moisture adequacy, AE/PE , was considered as the appropriate index for classification of Agricultural droughts by *Sastri et al.* (1981, 1982) and *Rao et al.* (1981) and the same is considered here for this classification too.

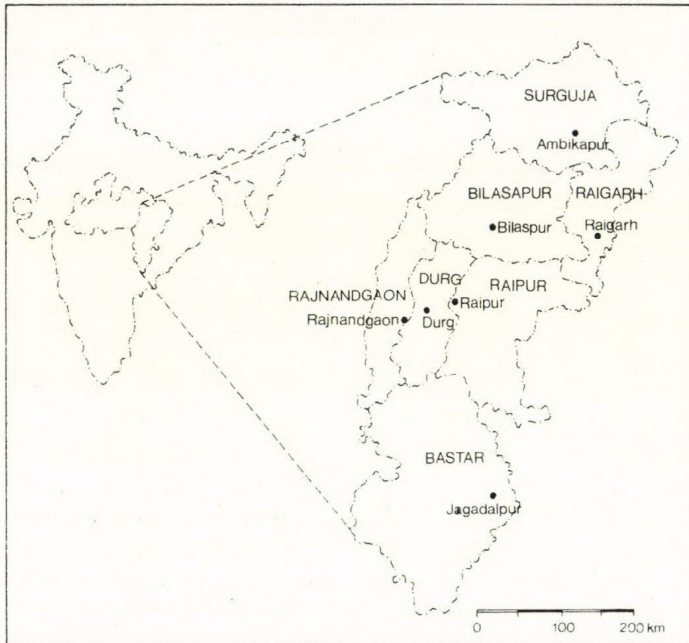


Fig. 1: Location map of Chhatisgarh region

Methodology

Weekly water balance computations for Raipur Station were carried out for the period 1964 to 1982 using the bookkeeping procedure of *Thornthwaite* and *Mather* (1955). However, the procedure was slightly modified as the rice crop in this region under rainfed conditions is grown in massively banded fields. The surplus water, instead of considering as a loss, as by the book-keeping procedure, is impounded in the fields and hence water balance computations were carried out till the surplus water exhausted by deducting the losses of percolation (3 mm/day in this case) and potential evapotranspiration. After the surplus water exhausted, the book-keeping procedure was carried out as usual.

The potential evapotranspiration values required for this study were computed using *Penman's* (1948) equation. The weekly values of AE/PE , which are used for drought classification, were also computed for the study period.

In this region rice crop is grown under broadcast system and when the crop is at the age of 30 to 35 days, the field is ploughed for not only

disturbing the primary roots of paddy crop which is essential, but also for weeding the field simultaneously and this system is called "biasi operation" in local terminology. As the water is impounded in the field for the fear of drought at later stages, long duration tall varieties of 140 days duration (Local "Safri" varieties) are usually grown. The seedling, vegetative and reproductive stages of these varieties are of 3, 7 and 5 weeks of duration respectively. The minimum required values of AE/PE during these three stages are assumed to be 75, 100 and 100 per cent respectively, as reported earlier by *Subrahmanyam et al.* (1963)

The water stress or droughts during the three physiological stages were classified as follows.

Intensity	Departure from minimal required value of AE/PE during		
	Seedling	Vegetative	Reproductive
Mild	1-5	1-10	1-10
Moderate	6-10	11-20	11-20
Severe	greater than 10	greater than 20	greater than 20

A drought in seedling stage is more effective than the other stages and hence lower range of deviation was considered. Thus for the local "Safri" variety of 140 days duration the agricultural drought is classified during the three physiological stages as follows

Crop State	Duration (weeks)	Minimal AE/PE	AE/PE range for drought intensity of		
			Mild	Moderate	Severe
Seedling	3	75	70-74	65-69	< 65
Vegetative	7	100	90-99	80-89	< 80
Reproductive	5	100	90-99	80-89	< 80

Based on this, the number of weeks under each category of drought during the three physiological stages was computed. Now for integrating the drought situation to the whole growing season, mild, moderate and severe droughts were ranked as 1, 2 and 3 respectively. For obtaining the total rank for the whole growing season, the summation of total droughts multiplied by their respective number of weeks was done. Integrated drought code

$$IDC) = \sum_{i=1}^3 C_i W_i.$$

C_i = Drought code for the physiological stage i (Seedling, vegetative & Reproductive).

W_i = No. of weeks under C_i

Based on this IDC, the drought intensity was classified as follows.

Drought intensity	Code	Integrated number
Nil	0	0-3
Mild	1	4-6
Moderate	2	7-9
Severe	3	> 9

TABLE I.

Year	Integrated number	Drought intensity code	Crop yield* t/ha	Year	Integrated number	Drought intensity code	Crop yield t/ha
1964	2	0	1,20	1973	0	0	1,39
1965	7	2	0,37	1974	7	2	0,75
1966	9	2	0,67	1975	0	0	1,09**
1967	4	1	1,17	1976	0	0	0,48**
1968	0	0	1,14	1977	0	0	1,51
1969	6	1	1,07	1978	0	0	1,46
1970	3	0	1,28	1979	19	3	0,78
1971	0	0	1,30	1980	2	0	1,15
1972	0	0	1,20				

* Source: IRDP, Raipur

** Gall midge incidence

Results and discussion

Based on the above criterion the drought intensity for different years and the respective crop yields for Raipur are given in *Table I*.

It can be seen that except during 1979 there was no severe drought. However if moderate and severe droughts are combined and considered as severe droughts, as the crop yields are reduced to uneconomical levels in both the cases, there were only 4 years (1965, 1966, 1974, 1979) of drought of severe in nature.

The productivity of the severe drought years and good rainfall years with no drought are shown in *Figure 2*. It can be seen that for the 4 years of severe drought, the productivity is in the increasing trend. Same is the case

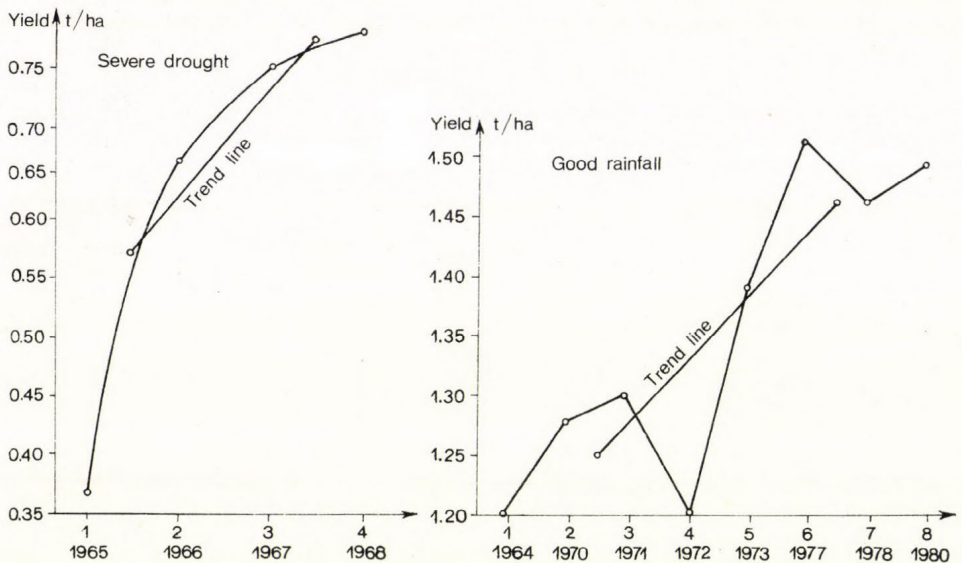


Fig. 2: Rice productivity trend under good rainfall and severe drought years in Dharsiwa Tehsil during the period 1964-1981

for good rainfall years also with some occasional fall of yield in individual years may be due to other causes like pests and diseases though of mild intensity. However, the rice productivity is in the increasing trend under severe drought as well as good rainfall years in the recent periods, which can only be visualized if the years of equal moisture status are compared.

Summary and conclusion

The drought intensity during different physiological stages was worked by computing the water balance of banded rice fields and from the deviation of weekly values of AE/PE from that of the minimal required values in each physiological stage. The drought intensity during different physiological stages was then integrated for whole of the crop growing season for obtaining the total drought situation by ranking each category of drought intensity.

Based on this integrated drought situation the productivity trend of rainfed rice crop in the recent years was examined and the productivity was in increasing trend for years of equal moisture status.

Such studies are useful for examining the drought pattern in a particular region for an individual crop. This would help in assessing the suitability of a particular crop/crop variety in the region.

Acknowledgements. The authors are thankful to the Associate Director Research, Raipur and the Director of Research Services, Jabalpur, Jawaharlal Nehru Agricultural University for providing necessary facilities in conducting the above study.

REFERENCES

- Penman, H. L., 1948: Natural evaporation from open water, bare soil and grasses. *Proc. Roy. Soc. (A)* 193, 120-148.
- Ramana Rao, B. V., Sastri, A. S. R. A. S. and Ramakrishna, Y. S., 1981: An integrated scheme of drought classification as applicable to the Indian Arid Zone. *Időjárás* 85, 317-322.
- Sastri, A. S. R. A. S., Rama Krishna, Y. S. and Ramana Rao, B. V., 1981: A new method of classifying agricultural droughts. *Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. B*, 29, 293-297.
- Sastri, A. S. R. A. S., Ramana Rao, B. V., Rama Krishna, Y. S. and Rao, G. G. S. N., 1982: Agricultural droughts and crop production in the Indian arid zone. *Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. B*, 31, 405-411.
- Sastri, A. S. R. A. S., 1983: Production of rice in Chhattisgarh region of Central India- An agroclimatic perspective. Paper presented at the *International Conference on Biometeorology*, New Delhi 26-30 Dec' 1983.
- Thornthwaite, C. W. and Mather, J. R., 1955: The water balance. Publ. in *Climatology*, Drexel Inst. Tech. N. J., 8, 1-104.
- Subrahmanyam, V. P., Subba Rao, B. and Subramanyam, A. R., 1963: Moisture adequacy in relation to the distribution of a few crops in India. *Proc. Berkeley (California) Symp. of the International ASSn. Sci. Hydrol. (IUGC)* 462-467.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 4. szám. 1984. július-augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No 4. July-August, 1984. Budapest

A note on the relationship between reference crop evapotranspiration and its components in a semiarid environment

K. K. NATHAN, *Water Technology Centre, IARI, New Delhi-21, India*

Egy referencia növényállomány evapotranspirációja és összetevői közötti kapcsolat szemiarid területen. Új-Delhi (28° 35' N) szemiarid környezetében a téli tenyészidőszak (október – április) folyamán a csapadék csekély és változékony, gyakran átlag alatti. A legtöbb növényállomány, mint pl. a búza, az árpa, a mustár stb. vízigénye csupán öntözéssel elégíthető ki. A referencia növényállomány evapotranspirációja (ET_0) nagyon ingadozik (I. táblázat) két fő összetevője az aerodinamikus tag és az energiaháztartási összetevő az, amely számottevő hatást gyakorol értékeire (II. táblázat). Az energia-háztartási összetevő százalékosan jóval nagyobb hatást gyakorolt, mint az aerodinamikus tag. Mindazonáltal e két összetevő és az ET_0 között számított korrelációs együttható közel azonosnak adódott, noha az energiaháztartási tényező túlsúlya vitathatatlan. Az összetett korrelációs együttható +0,997-nek adódott és az előrejelzésre alkalmas egyenletet (4-es összefüggés) az ET_0 két összetevőjének felhasználásával kapták meg.

✱

A note on the relationship between reference crop evapotranspiration and its components in a semiarid environment. New Delhi (28° 35'N) is under semi-arid environment. During the crop growing season in winter (October – April) the rainfall is erratic and meagre. The seasonal rainfall is often well below normal. Water demand of most of the crops like wheat, barley, mustard etc. are met by irrigation alone. Reference crop evapotranspiration (ET_0) values are quite fluctuating (Table I). The main two components of ET_0 are the aerodynamic term and energy balance component which influence significantly its values (Table II). The percentage contribution of energy balance component was higher than aerodynamic component. However, their coefficient of correlation with ET_0 were nearly same, although energy balance factor has an upper hand marginally. The multiple correlation coefficient was + 0.997 and the predictive equation (Eq. 4) was obtained using the two components of ET_0 .

✱

Introduction. The information on the potential evapotranspiration (ET_0) during *Rabi* crop season (October – April) in India is very important, particularly in a semi-arid areas like New Delhi (28°35'N). During this season the rainfall is quite erratic, meagre and remains well below normal. Most of the important crops like wheat, barley, mustard, gram etc. during this period requires adequate water and this met by irrigation only. The estimate or computation of ET_0 is of great interest to hydrologists, agronomists, irrigation engineers and climatologists in planning their research projects. The ET_0 during the crop growing season is very much influenced by various climatic factors. The two major components of ET_0 are the energy balance factor (H) and the aerodynamic element (E_a). In this paper an attempt is made to understand the location specific relation of these two components with ET_0 and to ascertain which one is more influential for ET_0 computation during the *Rabi* season under semi-arid location were worked out. The necessary climatological data for ET_0 computation were based on four years (1977 – 78 to 1980 – 81).

Material and method

The following equation called *modified Penman method* proposed by Doorenbos and Pruitt (1977) was adopted in computing ET_0 , the aerodynamic term the energy terms:

$$ET_0 = C[W.R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)] \quad (1)$$

- ET_0 reference crop evapotranspiration,
- e_a saturated vapour pressure (mb) at the mean air temperature ($^{\circ}C$),
- e_d mean actual vapour pressure of the air (mb),
- $f(u)$ wind related function given by $0.27[1 + (u_2/100)]$, for wind speed at 2 m height, in km/day,
- $(1 - W)$ a temperature and elevation related weighing factor for the effect of wind and humidity on ET_0 ,
- R_a net radiation $= R_{ns} - R_{nl}$,
- R_{ns} net incoming short wave solar radiation $= R_a(1 - x) \cdot (0.25 + 0.50 n/N)$, x is albedo factor, equal to 0.25,
- R_a extra terrestrial radiation expressed in equivalent evaporation in mm/day,
- n/N the ratio of actual sunshine hours to possible sunshine hours,
- R_{nl} net long wave radiation $= f(t) \cdot f(e_d) f(n/N)$,
- C adjustment factor for day and night wind speed and relative humidity.

TABLE I.
Weekly means of aerodynamic component, energy balance component and ET_0 (1977-78 to 1980-81)

Std. Wk. No.	Date and month	Aerodynamic component (mm)	Energy balance component (mm)	ET_0 (mm)
42	15-21 Oct.	0.9	3.4	4.3
43	22-28	1.0	3.1	4.1
44	29- 4 Nov.	0.9	3.2	4.1
45	5-11	0.9	2.3	3.2
46	12-18	0.6	2.2	2.8
47	19-25	0.8	2.1	2.9
48	26- 2 Dec.	0.8	2.0	2.8
49	3- 9	0.8	1.6	2.4
50	10-16	0.7	1.5	2.2
51	17-23	0.8	1.6	2.4
52	24-31 Dec.	0.7	1.3	2.0
1	1- 7 Jan.	0.6	1.5	2.1
2	8-14	0.8	1.5	2.3
3	15-21	0.6	1.5	2.1
4	22-28	0.8	1.7	2.5
5	29- 4 Feb.	1.0	1.6	2.5
6	5-11	1.0	2.0	3.0
7	12-18	0.8	2.2	3.0
8	19-25	0.8	2.4	3.2
9	26- 4 March	1.0	3.0	4.0
10	5-11	1.1	2.8	3.9
11	12-18	1.2	3.0	4.2
12	19-25	1.1	3.2	4.3
13	26- 1 April	1.2	3.5	4.7
14	2- 8	1.4	4.2	5.6
15	9-15 April	1.6	4.7	6.3

Equation (1) could be split further into two equations:

$$W = R_n + (1 - W) \text{ radiation energy component } (H) \quad (2)$$

$$f(u) \cdot (e_a - e_d) \text{ aerodynamic component } (E_a) \quad (3)$$

The meteorological parameters required for the evaluation of equation (2) and (3) were obtained from the standard meteorological instruments installed at the agrometeorological observatory of Water Technology Centre farm area, IARI. The exposure of the equipments are good. They are according to WMO standards and specifications. The surroundings of the observatory were fully covered on all sides by wheat crop. From the daily climatic values energy balance component, aerodynamic component and ET_0 were computed for four year period (1977-78 to 1980-81) taking only winter growing season (October-April). Weekly means were obtained for these four years and *Table I* shows the average values of these components. Simple correlation and multiple linear regression equation were worked out between these two major components of ET_0 and their significance were tested.

2. Result and discussion

Table I gives an overall idea of variation of ET_0 and its components for New Delhi during the *Rabi* season taking the average four year values (1977-78 to 1980-81) on weekly basis. The energy balance component is following closely the same trend as ET_0 values. The aerodynamic term did not behave in a similar fashion. Their values were also much lower. The gradient between ET_0 and energy balance component values are very narrow compared to ET_0 and aerodynamic factors. However, there is not much difference

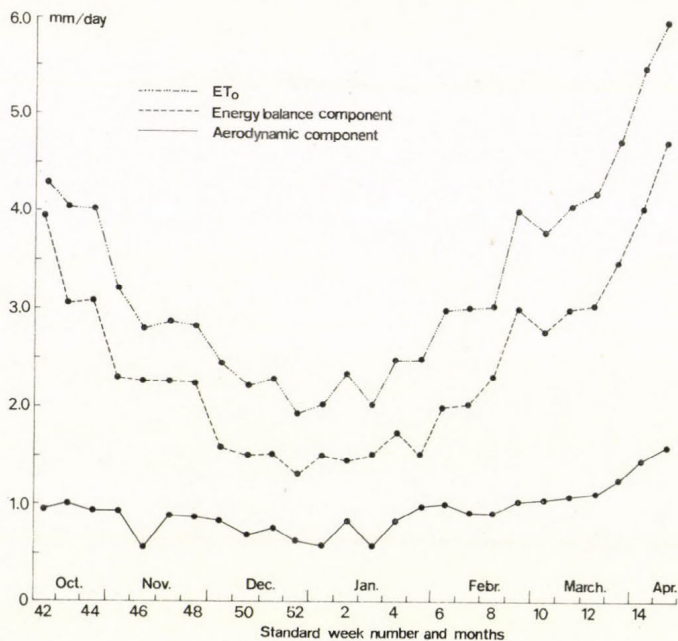


Fig. 1: Weekly values of ET_0 and its components during *Rabi* season (Oct. - Apr.)

in the coefficient of variation (c. v.) of both the components (c. v. for H was 38% c. v. for E_a was 39.5%).

It was found that aerodynamic factor contributed about 20% to 37% towards ET_0 on a weekly basis, whereas energy term contributed 63% to 80% towards ET_0 .

A simple correlation was worked out between these two components and ET_0 (Table II).

TABLE II.
Correlation coefficient r and its significance

Parameter	r value	Significance at 5%
ET_0 and energy term	+0.99	highly significant
ET_0 and aerodynamic term	+0.91	significant
Energy component and aerodynamic component	+0.86	significant

From Table II it can be seen that energy balance and aerodynamic components are significantly correlated with ET_0 . However, energy term has marginal advantage over aerodynamic term unlike in arid condition where it is the aerodynamic factor that is very significant (Krishnan and Kushwara, 1971). A linear multiple regression equation was worked out between ET_0 , H and E_a by taking data on weekly basis for the same period gave the following equation:

$$Y = 1.07 X_1 + 1.09 X_2 - 0.24, \quad (4)$$

$$Y = ET_0 \text{ (mm/day),}$$

$$X_1 = \text{energy balance term (mm/day),}$$

$$X_2 = \text{aerodynamic term (mm/day).}$$

So one could determine the ET_0 values knowing its major components.

The multiple correlation coefficient came out for the above equation (4) to be + 0.997 there by explaining about 99% of these variations of the dependent variables could be explained by these two major components, namely energy balance term and aerodynamic term.

Thus under semi-arid situation like New Delhi during winter growing season, both energy balance factor and aerodynamic factor are equally important for potential crop water deficit. However, energy balance term is having a marginal gain over the aerodynamic term in determining ET_0 .

Acknowledgement. The author is thankful to Dr. A. M. Michael, Project Director, Water Technology Centre and Director, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi for his encouragement in this study.

REFERENCES

- Doorenbos, J. and Pruitt, W. O., 1977: Crop water Requirements, *Irrigation and Drainage paper 24* (Revised). FAO Publication, Rome.
- Krishnan, A. and Kushwara, R. S., 1971: A critical study of evaporation by Penman method during growing season of vegetation in the arid zone of India. *Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. B.* 19, 267-76.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata 88. évf. 4. szám, 1984. július-augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No 4. July-August, 1984. Budapest

A kukorica területi termésátlagának előrejelzése meteorológiai paraméterek segítségével

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

Prediction of areal average yield of maize on the basis of meteorological parameters. The paper presents the forecasting equations and results of the investigations concerning the relation between the relative yield and the climatic conditions required by maize for county Tolna. Meteorological elements include 22 parameters. The statistical method applied by the author is linear regression analysis, the period of investigation is 10 years, 1970–1979.

✕

A kukorica területi termésátlagának előrejelzése meteorológiai paraméterek segítségével. A tanulmány a kukorica éghajlati igényének figyelembevételével 22 meteorológiai paraméter és a relatív terméshozam közötti összefüggés vizsgálatának eredményeit ill. az előrejelzési egyenleteket mutatja be, Tolna megyére vonatkozóan. Az alkalmazott statisztikai módszer a lineáris regresszió analízis, a vizsgálat időszaka 10 év, 1970–1979.

✕

A termés mennyiségének előrejelzése a kutatókat és a gyakorlati szakembereket több mint 100 éve foglalkoztatja. E témának Magyarországon régi hagyományai vannak. Az első írásos feljegyzések az 1780-as évekből származnak. A szélsőséges időjárású időszakokat követő árvizek, aszályok, fagyok után mind gyakrabban fellépő éhínség hívta fel a figyelmet az ilyen irányú munkák szükségességére. A termésbecslések hosszú időn át szubjektív jellegűek voltak (Simon, 1974). A termés időjárási adatokra épülő előrejelzése Magyarországon az 1930-as években indult meg. Berényi (1931) korrelációs módszert alkalmazott a terméseredmények és az időjárási elemek közötti összefüggés vizsgálatában, majd a kukorica terméshozamának előrejelzését is erre alapozta (Berényi, 1945).

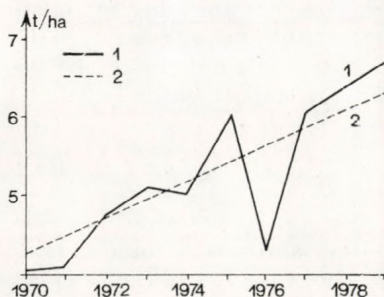
A terméseredmények növelése, az élelmiszertermelés fokozása jelenleg is a mezőgazdasági kutatások központi kérdése. Az utóbbi évtizedekben az agrotechnika, a kemizálás, a növényvédelem és a növénynemesítés eredményeinek felhasználása számos növény termésátlagának gyors emelkedését eredményezte. A termés mennyiségének és minőségének további növelése megkívánja, hogy az eddigiek mellett a környezeti és ezen belül az időjárási-éghajlati tényezők hatásait is mindinkább figyelembe vegyék.

A tenégszidőszak folyamán a növények szempontjából kedvezően, átlagosan, vagy kedvezőtlenül alakulhat az időjárás, de gyakran az egyes fejlődési szakaszokon belül is többször változhatnak a kedvező, illetve a kedvezőtlen hatások. Például a kukorica virágzása körüli időszakban fellépő szárazság 25–50%-os terméskiesést is okozhat (Brochet et al., 1975).

1. A kukorica termésátlagának egyik előrejelzési módszere

Termésbecslési módszerünk alapja a meteorológiai tényezők és a kukorica termésmennyisége közötti összefüggés vizsgálata. Célunk a területi termésátlag előrejelzése volt Magyarország közigazgatási rendszeréhez alkalmazkodó területegységekre (megyékre).

A vizsgálathoz felhasznált termés-adatok megyei termésátlagok, amelyek a megyében levő termelési szektorokban (termelő szövetkezet, állami gazdaság stb.) gyűjtött termés-adatok statisztikai halmazából számíthatók. A megye nagyságrendű területek termésátlagában a nem időjárás jellegű helyi tényezők némileg kiegyenlítik egymást és így viszonylag egynemű adatsort kapunk.



1. ábra: A kukorica termésátlagai Tolna megyében (1970–1979), (1) – termésátlag, (2): lineáris trend

Termésadatok. Előrejelzési módszerünk kidolgozásához a kukorica termés-hozamának 1970–1979. évi adatsorát vizsgáltuk meg. Az eltelt időszakban a terméshozamok növekedtek. Az 1970-et követő években a megyei termésátlagok még 3–4 t/ha között, 1979-ben 4–6 t/ha között voltak. A vizsgált 10 évet követően, 1980–1982 között néhány megyében 6–8 t/ha-t meghaladó hozamok is előfordultak. A növekvő termésátlagok az agrotechnika fejlődésének, az új hibridek bevezetésének és még sok más tényező együttes hatásának eredményeként jöttek létre.

Az egyik legjobb kukoricatermelő körzet – Tolna megye – termés-hozamának alakulását mutatjuk be az 1970–1979-es időszakban az 1. ábrán. A terméshozamok emelkedése a vizsgált években nem volt egyenletes, a kiugró terméshozamokat stagnálás vagy éppen visszaesés követte.

Az időjárásnak a termésre gyakorolt hatását a többi terméshozamotól elkülönítve vizsgáltuk. Ehhez első lépésként előállítottuk a termésátlagok lineáris trendjét. A trend számítását a legkisebb négyzetek módszerével végeztük (Köves – Párniczky, 1973). A trend egyenlete általános alakban felírva:

$$Y^x = b \cdot t + a \quad (1)$$

hol Y^x a termés-trendet, t az időt (év) jelenti, a és b pedig az egyenlet állandói. Tolna megyére a terméstrend egyenlete:

$$Y^x = 1,10 \cdot \text{év} + 50,50 \quad (2)$$

Feltételezésünk szerint a trend a termésátlag idősorában tartósan érvényesülő hatásokat összegezi (agrotechnika, növényvédelem stb.), míg az egyes évek időjárásának hatásai a trendsztől pozitív vagy negatív irányban való eltérésében mutatkoznak meg. Így kedvező időjárású években – ábránk szerint is – a termésátlag magasabb lesz, kedvezőtlen években pedig alacsonyabb, mint a termés-trend értéke.

Meteorológiai adatok. Az időjárási alapon történő termésbecslés során azokat a meteorológiai elemeket vagy elem-együtteseket, indexeket vettük figyelembe, amelyek a kukorica számára létfontosságú energiát adnak, vagy döntő fontosságú folyamatokat szabályoznak. Általában a fény, a hó és a víz jelenti ezeket a tényezőket.

Az ideális terméselőrejelzési modellnek számtalan meteorológiai és nem meteorológiai paramétert kellene tartalmaznia. Jelenleg csak korlátozott számú paraméter alkalmazására volt módunk. A kukorica fényigényét a napfénytartam, a hőigényét a léghőmérséklet, a vízigényét pedig a csapadék, illetve nedvességi indexek alkalmazásával vettük figyelembe.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat megfigyelő állomásai közül – területi-egységenként aránylag egyenletes eloszlásban – megyénként 4–8 állomást választottunk és ezek adataiból állítottuk elő a meteorológiai elemek terület átlagát a vizsgált 1970–1979-es időszakra. E tanulmányban, csak a Tolna-megyére kapott eredményeket mutatjuk be.

2. Összefüggés a kukorica terméshozama és az időjárási elemek között

A kukorica termésmennyisége és az időjárás közötti összefüggés vizsgálatában statisztikai módszereket alkalmaztunk. A statisztikai módszerek előnye, hogy segítségükkel lehetővé válik a termés és a meteorológiai tényezők közöttikapcsolatok mennyiségi elemzése.

A kukoricával kapcsolatos vizsgálatokat több statisztikai módszerrel is elvégeztük, így lineáris és nem lineáris regresszió analízis két- és több-változós egyenleteivel (*Kmetykó*, 1979), valamint a többszörös nem-lineáris regresszió számítás grafikus szukcesszív approximációs módszerével (*Kmetykó–Ajtay*, 1973; *Kmetykó*, 1974).

Az összefüggés vizsgálatának eredményeit statisztikai jellemzőszámok és a kukorica éghajlati igényének figyelembe vételével értékeltük.

Tanulmányunkban a lineáris regresszió analízissel végzett terméselőrejelzési módszert mutatjuk be Tolna megye adatain. A termés-adatok vizsgálatában – mint említettük – abból a feltevésből indultunk ki, hogy minden egyes év időjárása a trend értéktől pozitív vagy negatív irányban módosíthatja a termésátlagot. A kedvező években tehát a területi termésátlag magasabb lesz, a kedvezőtlen években alacsonyabb a trend értéknél. Az összefüggés vizsgálatában ezért a tényleges termésadatok helyett az adott év terméshozama és a trend érték közötti különbséggel, mint a termést jellemző mennyiséggel számolunk. Ezt az értéket *relatív termésnek* nevezzük és a továbbiakban R_t -vel jelöljük.

A kukorica éghajlati igényét figyelembe véve az *I. táblázatban* felsorolt 22 meteorológiai paraméter és a relatív terméshozam között vizsgáltuk az összefüggést.

A meteorológiai paraméterek döntő többsége a csapadékkal kapcsolatos, mert a térben és időben szeszélyes eloszlású csapadék, főleg az ország középső és keleti területein a kukorica nedvesség-igényének alsó határán van. Így a terméshozamok alakulásában nagyobb szerepet kap a tenyészidőszak csapadékelátottsága, mint hőellátottsága, hiszen ez utóbbi az esetek 80–85%-ában megfelel a kukoricának.

A összefüggések lineáris regresszió analízissel végzett vizsgálatában meghatároztuk mind a 22 meteorológiai paraméter kapcsolatát a relatív terméshozammal. A kétváltozós lineáris regressziós egyenlet általános alakban:

$$R_t = a + b \cdot m_p \quad (3)$$

ahol R_t a relatív termés, vagyis az adott meteorológiai elem termést módosító értéke, a és b az egyenlet állandói, m_p pedig a meteorológiai paraméter.

I. táblázatunkban Tolna megyére a relatív termés (R_t) és a különböző meteorológiai tényezők közötti összefüggés vizsgálatok alapján kapott korrelációs koefficienseket is bemutatjuk. Táblázatunkból kitűnik, hogy Tolna megyében a hőmérsékleti paraméterek legfőbb a vetés előtt, illetve alatt (március – áprilisban) mutatnak közepes kapcsolatot a relatív terméshozammal, míg a sugárzási hatásokkal a vetés, virágzás és az érés (ápr., jún. szept.) idején is számolni kell. A csapadékellátottság fontossága a virágzás körüli időszakban jelentős. Vizsgálatunkban a terméshozam előrejelzéséhez közepes vagy szoros kapcsolatot mutató összefüggést táblázatunk szerint – viszonylag keveset kaptunk.

Az ismertetett módszer alapján bemutatjuk a kukorica terméshozamának előrejelzését Tolna megyére az 1980 és 1983 közötti évekre vonatkozóan. A termés-trend értéke a (2) formula alapján számítva:

$$\begin{aligned} Y_{1980}^x &= 6,48 \text{ t/ha} & Y_{1982}^x &= 6,91 \text{ t/ha} \\ Y_{1981}^x &= 6,70 \text{ t/ha} & Y_{1983}^x &= 7,14 \text{ t/ha} \end{aligned}$$

Az I. táblázatban megadott meteorológiai paraméterek közül a termésbecslés-

I. TÁBLÁZAT

A relatív terméshozammal összefüggésbe hozott 22 meteorológiai paraméter és a korrelációs koefficiensek (Tolna megye, 1970–1979)

Jelmagyarázat: T = hőmérséklet, \bar{T} = havi közép, \bar{T}_{\max} = havi átlagos maximum, \bar{T}_{\min} = havi átlagos minimum, ΣT_{5° = az 5° feletti hőmérséklet összege (júl+aug.), S = napfénytartam, P = havi csapadékösszeg, ΣP_v = potenciális vízhiány, teljes összeg (márc.–okt.) ΣP = a táblázatban látható időszakokban az összegezett csapadék.

Meteorológiai paraméter		Korrelációs koefficiens							
		Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.
1	\bar{T}	-0,45	-0,44	0,12	-0,20	-0,30	-0,17	-0,23	-0,11
2	\bar{T}_{\max}		0,33	0,08					
3	\bar{T}_{\min}		0,33	0,07					
4	ΣT_{5°					0,05			
5	S	-0,64	-0,42	0,08	-0,43	-0,10	-0,22	-0,48	0,03
6	P	0,22	-0,19	-0,22	0,35	0,41	0,06	-0,10	-0,08
7	ΣP_v					0,19			
ΣP		A korreláció a tenyészidőszakon belüli különböző számú hónapok csapadékösszegével							
	időszak	Σ hónap							
8	márc. – ápr.	2	-0,08						
9	– máj.	3	0,04						
10	– jún.	4	0,33						
11	– júl.	5	0,48						
12	– aug.	6	0,51						
13	ápr. – máj.	2		0,01					
14	– jún.	3		0,30					
15	– júl.	4		0,45					
16	– aug.	5		0,50					
17	máj. – jún.	2			0,43				
18	– júl.	3			0,59				
19	– aug.	4			0,57				
20	jún. – júl.	2				0,67			
21	– aug.	3				0,63			
22	júl. – aug.	2					0,48		

hez a május, június és július hónapokban lehullott csapadék összegét vettük figyelembe. A relatív terméshozamot a (3) formula alapján számítottuk.

Év	R_t (t/ha)	3 havi csapadékösszeg (mm)
1980	+ 0,04	221
1981	- 0,06	209
1982	+ 0,09	231
1983	- 0,17	171

Az adatok jól mutatják a csapadék függvényében a relatív termés változását. Különösen kitűnik az 1983-as aszályos év termés-csökkenő hatása.

A várható termésátlag értékét a termés-trend és a relatív termésátlag együttesen adja meg:

$$Y_{vt} = Y^x + R_t \quad (4)$$

ahol Y_{vt} az előrejelzett területi termésátlagot, Y^x a termés-trendet, R_t a relatív terméshozamot jelenti. Tolna megyére tehát a (4) formula alapján az előrejelzett termésátlag:

Év:	1980	1981	1982	1983
Y_{vt} (t/ha):	6,52	6,64	7,00	6,97

Az előrejelzett és a tényleges terméshozam alakulása tehát a következő volt:

Év	Tényleges termésátlag t/ha	Előrejelzett termésátlag t/ha	Eltérés t/ha
1980	6,53	6,52	- 0,01
1981	6,88	6,64	- 0,24
1982	8,25	7,00	- 1,25

Tolna megyére 1980-ban 0,01 t/ha-ral, 1981-ben és 1982-ben 0,24 illetve 1,33 t/ha-ral kevesebb volt az általunk becsült terméshozam a ténylegesnél. Az 1983. évi termésbecslés értékelését nem tudtuk elvégezni, mivel tanulmányunk készítése idején a tényleges termés adatok még nem álltak rendelkezésünkre.

Tolna megyéhez hasonlóan az ország minden megyéjére elvégeztük az összefüggések vizsgálatát. A megyék klimatikus, talajtani, földtani stb. adottságai azonban igen különbözők, így körzetenként más-más meteorológiai tényezők hatnak nagyobb mértékben a terméshozamokra.

A nyugati határ mentén levő megyékben a kukorica vetési időszakán kívül a termésképződési és érési időszakban is kell a hőmérséklet hatásával számolni, míg a keleti és déli körzetekben a nyári időszak csapadékösszegei mutatnak szignifikáns kapcsolatot a terméshozammal.

Összefoglalva: a bemutatott módszer alapján a kukorica területi termésátlagát Tolna megye térségére 4 évre prognosztizáltuk. A tényleges terméshozamot azokban az években tudtuk viszonylag jó eredménnyel közelíteni, amikor a tenyészidőszak időjárása kedvezően alakult, tartós szárazság, aszály nem fordult elő és az agrotechnikában sem volt jelentős változás.

IRODALOM

- Berényi D., 1931: Az időjárás elemek és a mezőgazdasági növények terméseredménye közötti összefüggést kutató módszerek. *Debreceni Szemle* 44, 4.
- Berényi D., 1945: *A kukorica termelés és összefüggés az időjárással*. Alföldi Magvető Kiadó, Debrecen.
- Brochet, P., Gerbier, N., Bedel, J., 1975: Applications á la prevision des phases phénologiques et des rendements. *Monographies de la Météorologie Nationale N° 95*. Paris.
- Kmetykó K., Ajtay Á., 1973: Az időjárás hatása a kukorica és a burgonya termelismennyiségére. *Időjárás* 77, 3. 184-187.
- Kmetykó K., 1974: *Kukorica*. Agroklimatológia és növénytermesztés, OMSZ Budapest.
- Kmetykó K., 1979: Terméshozam előrejelzés meteorológiai paraméterekkel. *Tudományos napok '78*, OMSZ Hiv. Kiadv. XLVIII. Budapest.
- Köves P., Párniczky G., 1973: *Általános statisztika*. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.
- Simon B., 1974: *A termelésbecslés módszerei*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

CORRIGENDUM

In the last issue of *Időjárás* Vol. 87. No. 6, unfortunately remained some errors in the paper of Dr. H. Neumeister. The editor apologises for any inconvenience caused by these errors. The corrections are the following:

Page 319, line 7 from below: methods for individual...

Page 320, line 9 to 5 from below: The transitory presentation, however, has the disadvantage that one has to look at the loop very often to form a nearly area-covering overview in the mind without obtaining a *comprehensible*, i. e. not transitory product of the changes, for instance, in form of a picture.

Page 321, line 19 ...to the effects of...

Page 323, line 13 ...is made by...

Page 324, lines 23/24 ...shows the...
...the simulation

Colour inset plate, left side: the picture of figure 1 was mistaken for the picture of figure 4

Page 325, line 6 ...as defined in...

Page 325, line 11 ...and tracking of...

Page 325, 2. Conclusions, lines 10/11 ...processing. Such refinements could be done as follows:...

Page 325, 2. Conclusions, line 1 ...be considered as a new...

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 4. szám, 1984. július-augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No 4. July-August, 1984. Budapest

Összefüggés a vetőburgonya terméshozama és a meteorológiai tényezők között

AJTAY ÁGNES, BONCZ JÓZSEF, Központ Meteorológiai Intézet, H-1525 Budapest, Pf. 38 és TAKÁCS FERENC, Palóctáj Burgonyatermelő Társulás, H-2671 Órhalom

Relation between crop yield of seed potatoes and meteorological parameters. A connection is searched by the authors between the crop yield of seed potatoes cultivated in 6 co-operative groups in county Nógrád by bulk production and the date of plantation, precipitation, sunshine-duration, moisture and daily maximum temperature. The average were evaluated for the growing-season of seed potatoes between April and August by using 6–10 year data then the connection between the averages and crop yield is investigated by principal component analysis. It is pointed out, that during the growing season which meteorological element or joint elements effect – when and what an extent – on the amount of crop.

✱

Összefüggés a vetőburgonya terméshozama és a meteorológiai tényezők között. A vetőburgonyának a nagyüzemi termesztés során a Nógrád megyében működő hat termelőszövetkezetben elért terméshozamait a szerző az ültetés ideje, a csapadék, a napfénytartam, a talajnedvesség és a napi maximumhőmérséklet átlagértékeivel hozza összefüggésbe. Az átlagokat a vetőburgonya vegetációs időszakában, április és augusztus között, havi vagy félhavi bontásban 6–10 évi anyagból számítja, majd a főkomponensanalízis módszerével elemzi az átlagok és a terméshozam közötti összefüggést. Kimutatja, hogy a vegetációs időszak folyamán melyik éghajlati elem vagy elemegyüttes mikor, milyen hatást gyakorol a termés mennyiségére.

✱

A vetőmag előállítása a termelőüzemekben mindig sokkal nagyobb körütekintést és gondosságot igényel az agrotechnika terén, mint az árutermék termelése. Különösen érvényes ez a burgonya szaporítóanyag előállítására, mert a burgonya nagyon érzékeny a környezeti tényezőkre és a betegségekre. A vetőburgonya termesztése során nem csupán az agrotechnikára ügyelnek, hanem arra is, hogy azt országunk mely körzetében állítják elő.

A Palóctáj Intenzív Burgonyatermelő Társulás hat üzeme – ahonnan a termésadatok származnak – részben az Ipoly völgyében (*Hazafias Népfront Tsz, Órhalom, Szondi György Tsz, Drégelypalánk*), a nógrádi medencében (*Madách Imre Tsz, Szügy, Magyar–Csehszlovák Barátság Tsz, Érsekvadkert*), részben pedig a Cserhát előterének dombos, erdővel övezett tájain helyezkedik el (*Rákóczi Ferenc Tsz, Szécsény, Új Kalász Tsz, Varsány*). Az itt felsorolt területek is a történelmileg kialakult, vetőburgonyát termesztő tájainkhoz tartoznak csakúgy, mint a Bakony vidéke, a dél- és dél-nyugat dunántúli országrész, ill. Borsod-Abaúj-Zemplén megye (*Lőrincz, 1979*).

A kísérleti terület a vegetációs időszakban szárazabb, mint a burgonya termesztésére kiváló, szomszédos Borsod-Abaúj-Zemplén megyei területek, ned-

vességellátottság szempontjából pedig inkább kapcsolódik a Komárom és Pest megyei részekhez, nem tekintve természetesen e megye hegyvidéki területeit. A hőmérséklet e tájon alacsonyabb, mint az Alföldön. Hőmérsékletét, csapadékviszonyait és a Szeljanyinov-féle hidrotermikus együtthatóit (*Szaposnyikova*, 1958) Balassagyarmat adataival (1951–1980) az alábbiakban mutatjuk be:

	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.
Középhőmérséklet (°C)	10,2	15,0	18,6	19,9	19,2
Csapadék (mm)	43	57	79	63	57
HTK ($\Sigma r/0,1\Sigma t$)	1,60	1,22	1,41	1,02	0,96

A terület hőellátottsága a burgonya fejlődésének kezdeti és középső szakaszában áprilistól–júniusig megfelelő, különösen kedvező a júliusi és az augusztusi, 20 fok alatti átlagos hőmérséklet. A vegetációs időszak (ápr.–aug.) folyamán átlagosan 305 mm csapadék hull, természetesen a különböző években nagy lehet az ingadozás.

A hidrotermikus koefficiens (HTK) értéke áprilistól júniusig pozitív víz-háztartást mutat, mert 1-nél nagyobb az átlag, júliusban gyakorlatilag 1,00, tehát a víz-háztartás mérlege egyensúlyban van, augusztus egy kissé szárazabb, a HTK értéke 1-nél kisebb.

Ajtay, (1978) korábbi vizsgálata szerint a burgonyatermés mennyisége szempontjából döntő fontosságú gumónövekedési időszakban (június közepétől augusztus közepéig) Nógrád megye azon területein, ahol az említett termelőszövetkezetek vannak, a csapadékmennyiség 120–140 mm, a hőmérséklet középértéke 20 fok, a hidrotermikus koefficiens értéke 0,9–1,00 közötti. Ezen számértékek alapján ez a terület a burgonyatermesztés agroklimatológiai körzetei közül a II. zónába sorolható.

Anyag és módszer

Vizsgálatunk célja a 3–6 cm keresztátmérőjű vetőburgonya mennyiségi alakulásának vizsgálata a meteorológiai elemek függvényében. Nem mulasztottuk el azonban a szaporító területről lekerült teljes terméshozam összevetését sem az időjárási tényezőkkel, sőt a termelési gyakorlatban jellemző számként használt szaporítási hányados évi értékeit is kapcsolatba hoztuk a meteorológiai elemekkel. A szaporítási hányados az a szám, amelyik megmutatja, hogy egy adott területen elültetett elit gumó súlyának hányszorosát takarítják be. Ez a mértékszám évenként változik, érzékeny mérője a termelési, így az ökológiai körülményeknek is. Nem érdektelen ezért ezt a tényezőt is összevetni az időjárási paraméterekkel. A szaporítási hányados adatsora a Hazafias Népfront Tsz-re vonatkozik és *Sárosi* (1981) dolgozatából kölcsönöztük.

A vizsgálatban szereplő terméshozam adatsor kizárólag a Desire-fajtára vonatkozik és a Palóctáj Társulás táblatorzskönyvi anyagából származik. A vetőburgonyát mind a hat üzemben Hollandiából behozott eredeti importú, *elit* szaporítóanyagból állítják elő. Vizsgálatunkhoz messzemenően ragaszkodtunk az egyneműséghez, amelynek feltételeit az alábbiakban összegezzük: fajtaazonosság (Desire), kizárólag a fajtát előállító országból – Hollandiából – származó alapanyagból előállított vetőburgonya, táblatorzskönyvi anyag, a termelési körzet ökológiai egysége, azonos agrotechnika.

Számításunk módszere az ún. *főkomponens-analízis* (*Sváb*, 1979). Az analízis folyamán a terméshozamot az alábbi 19 független változóval hoztuk kap-

csolatba: az évek száma, ültetési időpont; az április–augusztus időszak csapadékmennyisége havonkénti bontásban; a 0–50 cm-es talaj nedvességtartalma a szántóföldi vízkapacitás %-ában májustól–augusztusig, havi bontásban (számított anyag); májusban a napfényes órák száma; a napfényes órák június-júliusi együttes összege; a napi maximum hőmérséklet félhavi átlagai jún.–aug. között.

I. TÁBLÁZAT

A megfigyelési változók és a terméshozam átlagértékei (\bar{x}) és szórásai (s)

Meg- figyelés ideje	Órhalom		Szügy		Érsek- vadkert		Szécsény		Varsány		Drégely- palánk	
	1973–1982		1975–1982		1975–1982		1976–1982		1976–1982		1977–1982	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Ültetési idő												
	IV. 8.	9,1	IV. 13.	8,7	IV. 10.	6,9	IV. 2.	8,2	IV. 11.	8,7	IV. 10.	3,7
Csapadékmennyiség (mm)												
Ápr.	42	24,6	44	25,4	47	31,2	53	35,6	53	35,6	43	31,8
Máj.	46	25,6	46	20,9	43	20,5	43	20,8	46	20,8	39	24,5
Jún.	73	25,3	71	25,8	70	30,9	61	36,1	61	36,1	63	14,7
Júl.	70	37,5	76	38,8	57	21,8	53	18,8	53	18,8	56	16,1
Aug.	45	22,2	46	17,1	49	20,8	50	30,7	50	30,7	37	12,8
Talajnedvesség (%)												
Máj.	47	18,7	52	17,2	52	17,2	54	16,9	54	16,9	55	18,5
Jún.	45	15,3	48	15,1	48	15,1	49	16,2	49	16,2	51	16,4
Júl.	37	12,3	42	4,1	42	4,1	42	4,3	42	4,3	42	4,7
Aug.	30	13,0	36	6,0	36	6,0	37	4,6	37	4,6	36	3,3
Napfénytartam (óra)												
Máj.	232	40,4	231	36,5	231	36,5	233	29,2	233	39,2	234	42,8
Jún.+ Júl.	471	47,8	478	48,7	478	48,7	482	51,6	482	51,6	466	32,6
Napi maximumhőmérsékletek félhavi átlagai (°C)												
Jún. 1.	24,2	2,8	24,7	2,6	24,7	2,5	25,1	2,3	25,7	2,3	25,7	1,8
2.	24,3	1,8	24,4	2,0	24,4	2,0	24,1	1,9	24,1	1,9	23,6	1,3
Júl. 1.	25,1	2,2	25,1	2,4	25,1	2,4	24,8	2,5	24,8	2,4	24,2	2,1
2.	25,5	1,2	25,5	1,3	25,5	1,3	25,6	1,4	25,6	1,4	25,4	1,5
Aug. 1.	26,3	2,4	26,0	2,6	26,0	2,6	26,0	2,8	26,0	2,8	26,5	2,8
2.	24,5	2,0	23,7	1,3	23,7	1,3	23,6	1,3	23,6	1,3	23,4	1,4
Vetőgumó hozam (t/ha)												
	19,4	30,1	25,9	84,6	19,9	27,2	21,5	62,6	21,1	56,3	23,8	76,2
A szaporodási terület össztermése (t/ha)												
	25,3	62,6	30,2	10,1	25,5	59,7	26,5	53,9	24,6	58,4	28,2	67,9
Szaporítási hányados												
	7,2	1,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

II. TÁBLÁZAT

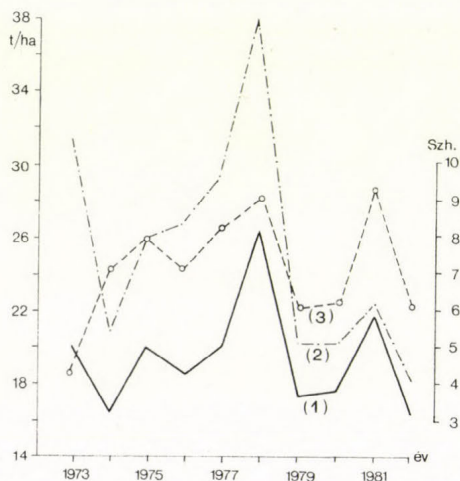
A megfigyelt változók és a vetőgumó hozam együttes analiziséből nyert főkomponens-súlyok

Megfigyelés ideje	Őrhalom				Szűgy		Érsekvadkert		Szécsény			Drégely-palánk	Varsány		Szaporítási hányados		
	I.	III.	IV.	V.	II.	III.	I.	V.	I	II.	III.	II.	II.	III.	I.	II.	
	.	.	.	.	-0,70	.	Trend		.	.	.	.	.	.	0,73	.
	.	-0,67	.	.	-0,84	.	Ültetési idő		0,77	.	.	.	.	.	.	.
							Csapadék (mm)										
Ápr.	.	.	0,78	.	.	.	0,58	0,64	.	.	.	.	.	.	.	.
Máj.	.	0,83	.	.	.	0,78	.	.	0,91	0,87	.	0,54	0,82	.	.	0,55	
Jún.	.	.	.	0,64	.	.	0,78	.	.	.	.	.	0,60	.	.	-0,64
Jul.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,51
Aug.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
							Talajnedvesség (%)										
Máj.	0,73	.	.	.	0,70	.	0,74	.	.	0,83	.	.	0,83	.	0,77	.	
Jún.	0,85	.	.	.	.	.	0,79	.	0,78	0,59	.	0,43	0,92	.	0,85	.
Júl.	0,61	.	.	.	.	0,51	.	.	.	.	0,93	0,81	.	0,86	0,66	.
Aug.	0,58	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,66	0,57
							Napfénytartam (óra)										
Máj.	.	-0,85	.	.	-0,46	-0,82	.	.	.	-0,67	-0,63	-0,91	-0,49	-0,55	.	-0,55	
							Napi maximumhőmérsékletek félhavi átagai (°C)										
Jún. 1.	.	.	.	.	-0,57	.	.	.	.	.	.	-0,61	.	.	.	.
2.	-0,53	.	.	.	.	.	-0,59	.	-0,81	.	.	-0,72	-0,77	.	.	.
Júl. 1.	.	.	.	.	.	.	-0,67	.	-0,77	.	.	.	-0,50	.	.	.
2.	-0,49	.	-0,67	.	-0,49	.	-0,95	.	-0,49	-0,64	.	.	-0,82	.	.	.	
Aug. 1.	.	.	-0,43	.	-0,77	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-0,68
2.	-0,79	.	.	.	-0,46	.	.	.	.	-0,56	.	.	-0,60	.	-0,81	.
							Vetőgumó termés (/ha)										
	0,46	0,39	0,43	0,45	0,72	0,55	0,80	0,44	0,55	0,62	0,55	0,83	0,59	0,60	.	.	
							Szaporítási hányados								0,47	0,66	
							λ_j										
	5,07	3,53	2,67	1,65	4,76	3,00	5,63	2,31	7,10	5,92	3,44	4,98	6,03	3,50	5,04	4,33	

Ez utóbbi tényezővel jellemezzük a léghőmérséklet nappali alakulását, mert a magas hőmérsékletnek terméscsökkenő hatása van. A fenti megfigyelési változók, valamint a terméshozamok átlagértékeit (\bar{x}) és szórásait (S) az I–II. táblázat tartalmazza a vizsgált évekre és az egyes termelőüzemekre vonatkozóan. E táblázatokban feltüntettük azt is, hogy adataink mely évekből származnak. A leghosszabb adatsor a Hazafias Népfront Tsz.-ből származik (10 év), a többi termelőszövetkezet anyaga 6–8 évet ölel fel.

Értékelés

Az I– táblázat szerint átlagosan a Rákóczi Tsz ültetett legkorábban (ápr. 2.) és a Madách Tsz a legkésőbb (ápr. 13). Az adatok tanúsága szerint a Rákóczi Tsz több éven keresztül ültetett március utolsó dekádjában, és ültetési időpontjai április első dekádjánál nem estek későbbre. A Madách



1. ábra: (1) a vetőburgonya terméshozama (t/ha); (2) a szaporítási hányados, szh; (3) a szaporítási területről betakarított összes termésmennyiség (t/ha); Órhalom, Hazafias Népfront TSZ

Tsz.-ben átlagosan április második, két esetben a harmadik dekádjában ültettek. Az órhalmi üzem kivételével a többi termelőszövetkezetben március utolsó napjaitól április közepéig ültettek, tehát nagyjából két hetes periódust ölel fel az ültetési időpontok abszolút ingása.

A vizsgált 10 éves időszakban a csapadékmennyiség középértéke a sokévi átlaghoz közel állt, csupán augusztus hozott kevesebb csapadékot. A szórás áprilistól júliusig elég nagy (25–35 mm), augusztus – két helytől eltekintve, ahol 30 mm körüli – 13–22 mm között alakult.

A talaj nedvességtartalma május – júniusban volt a legnagyobb, átlagosan 45–55% közötti a felső 50 cm-es rétegben, júliusban és augusztusban általában 30–40%. A szórásérték is ez utóbbi két hónapban volt a legkisebb.

A napfényes órák átlagos száma májusban 10–15 órával több volt az átlagosnál, júniusban és júliusban viszont 25–30 órával kevesebb.

A napi maximumhőmérsékletek félhavi középértéke júniusban és augusztus második felében a legalacsonyabb, 24–25 fok közötti, és augusztus első felében a legmagasabb, 26–27 fok.

A terméshozamok átlagait is megtaláljuk a táblázatokban, a vetőburgonya mennyisége természetesen kevesebb, mint a szaporító területről betaka-

ritott termés. Az 1. ábra a Hazafias Népfront Tsz terméshozamait mutatja be az egyes években. Ugyanitt a szaporítási hányados értékeinek évi alakulását is feltüntettük.

A főkomponens-súlyokat a II–III. táblázat tartalmazza, értékelésünket ennek elemzésével folytatjuk; a 0,60 fölötti értéket már jelentősnek fogadtuk el. Az évek számát a termés időben való növekedésére, ill. csökkenésére mutató tényezőként vettük figyelembe.

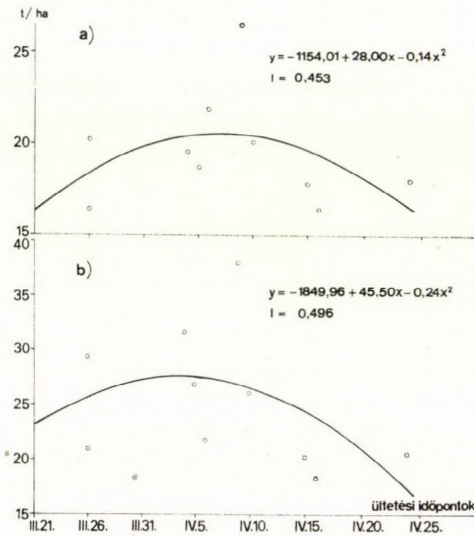
Az ültetés időpontja a burgonya fejlődése és a termés mennyisége szempontjából fontos tényező. Az ültetés optimális talajhőmérséklete akkor áll be, ha az 5–10 cm-es talajréteg hőmérséklete tartósan átlépi a 7 fokot. A tavaszi időszakra jellemzően a talaj-szinkronban a léghőmérséklet emelkedésével – gyorsan, rövid idő alatt melegszik föl, ezért a kedvező ültetési időszak csak 10–12 napot tesz ki (Ajtay, 1977). Számításainkból kiderül a kedvező ültetési periódus kihasználásának fontossága.

III. TÁBLÁZAT

A megfigyelési változók és a szaporítási terület össztermése együttes analízisből nyert főkomponens-súlyok

Megfigyelés ideje	Őrhalom		Szügy		Érsekvadkert			Szécsény		Drégelypalánk		Varsány		
	III.	IV.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	I.	II.	II.	III.	
					Trend									
	.	-0,56	-0,70	.	.	-0,94	.	.	.	.	.	.	.	0,70
					Ültetési idő									
	-0,59	.	-0,82	.	.	.	.	0,78	.	.	-0,71	.	.	.
					Csapadék (mm)									
Ápr.	.	0,82	.	.	0,56	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Máj.	0,78	.	.	0,78	0,53	0,59	.	0,80	0,67	0,58	.	.	0,84	.
Jún.	.	.	.	.	0,76	.	.	0,91	.	.	.	.	0,52	.
Júl.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,73	.	.	.	.
Aug.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
					Talajnedvesség (%)									
Máj.	0,60	.	0,71	.	0,73	.	.	.	0,88	.	.	.	0,87	.
Jún.	.	.	.	.	0,75	.	.	0,72	0,60	0,46	.	.	0,88	.
Júl.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,78	.	.	0,90
Aug.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
					Napfénytartam (óra)									
Máj.	-0,81	.	.	-0,74	.	.	.	.	-0,55	.	-0,88	-0,52	-0,57	.
					Napi maximumhőmérsékletek félhavi átlagai (°C)									
Jún. 1.	-0,55	.	-0,51	.	.	.	.	.	.	-0,75	-0,56	.	.	.
2.	.	.	.	.	-0,57	.	.	-0,75	.	-0,51	-0,49	-0,71	.	.
Júl. 1.	.	.	.	.	-0,66	.	.	-0,82	.	.	.	-0,45	.	.
2.	.	-0,68	-0,57	.	-0,95	.	.	-0,48	-0,72	-0,78	.	-0,80	.	.
Aug. 1.	-0,42	.	-0,76	.	.	-0,84	.	.	.	-0,73	.	.	.	.
2.	.	.	-0,53	.	-0,71	.	.	.	.	-0,63	.	.	.	.
					Szaporítási terület össztermelése (t/ha)									
	0,41	0,69	0,74	0,47	0,63	0,39	0,42	0,78	0,36	0,38	0,76	0,51	0,63	.
					λ_j									
	3,64	2,85	4,81	2,86	5,36	4,66	1,37	7,44	5,65	6,46	5,06	5,91	3,48	.

A Rákóczi Tsz területére számított ültetési idő főkomponens-súlya pozitív előjelű. Ez azt jelenti, hogy a vizsgált időszakban a későbbi ültetési időpont választása volt a kedvező. Az előzőkben már utaltunk arra, hogy ebben az üzemben több éven keresztül március utolsó dekádjában, ezen belül is az első napokban került a talajba a szaporítóanyag. Amikor az ültetést április első dekádjában végezték, magasabb terméshozamokat kaptak. A szécsényi üzemhez a varsányi Új Kalász Tsz esik legközelebb, ahol a termésmennyiség és az ültetési időpont között nincs kapcsolat, vagy legalább is nem szoros. Varsányban egy év kivételével április első felében ültették el a burgonyát, így az kedvező hőmérsékletű talajba került.



2. ábra: Az ültetési idő összefüggése (a) a vetőburgonya terméshozamával és (b) a szaporítási területről betakarított össztermés mennyiséggel; Órhalom, Hazafias Népfront TSZ

A Madách Tsz-ben a főkomponens-súly negatív előjelű; ez arra mutat hogy a vizsgált években akkor volt több a termés, ha korábban ültettek. Említettük már, hogy ebben az üzemben általában április második dekádjában, illetve a harmadikban ültették a burgonyát, amikor a talaj hőmérséklete az optimálisnál melegebb volt, így a terméscsökkenő hatás érvényesült.

A 2. ábrán az órhalmi üzem terméseredményeit (y) ábráztuk az ültetési időpontok (x) függvényében. A két változóhoz analitikus függvényt illesztettünk és a másodfokú polinom illesztése adta a legjobb összefüggést az ültetési időpontok és a terméshozam között. Az összefüggés szorosságára az I korrelációs együttható utal. Az ültetés intervalluma ebben az üzemben a tíz év során márc. 26. és ápr. 24. közé esett, tehát az abszolút ingás egy hónap. E két ábra szerint — az előbb említettekkel egybehangzóan — a kérdéses körzetben a burgonya ültetésének optimális időszaka április első dekádjában.

A csapadék mennyisége — összhangban a korábbi vizsgálatokkal (Ajtay, 1980) — termést meghatározó jelentőségű elem. Jelen vizsgálatunkban a májusi és júniusi csapadékmennyiség mutat szoros kapcsolatot a terméssel.

A burgonyagumót takaró termőföld nedvességtartalma kihat a gumó sú-

lyára, nagyságára. A talaj nedvességtartalma a csapadéktól, ill. a párolgást befolyásoló léghőmérséklettől, továbbá a légnedvességtől, szélétől, sugárzástól, nemkülönben a talajfajtától függ. E tényezők függvénye az, hogy a burgonya vegetációs periódusában kedvező vagy kedvezőtlen-e a nedvességtartalom alakulása. Számításainkhoz a májustól augusztusig tartó időszak havi talajnedvesség értékeit használtuk fel. Itt is megmutatkozik a burgonya későtavaszi és nyári nedvességigénye, a főkomponens-súly értékek magasak és pozitív összefüggést mutatnak a terméssel.

A napfénytartam és a termés hozam értékelése korábbi vizsgálatainkat (Ajtay, 1980; Ajtay et al., 1984) megerősítik, tehát azt, hogy a május borultabb, hűvösebb időjárása, párosulva ezen időszak rövidebb nappalaival, előnyös a termés alakulására. A főkomponens-súlyok minden vizsgált helyen jóval meghaladják a 0,60 értéket és előjelük negatív, ez pedig értelemszerűen azt jelenti, hogy a sok napfény, ami áttételesen csekély borultságot, kevesebb esőt, túl meleg időjárást jelent, termést csökkentő hatású. A jún – júl. hónap együttes napfénytartama nem mutat összefüggést a terméssel.

Utoljára a napi maximumhőmérsékletek félhavi átlagértékeit és a termés hozamok közötti kapcsolatot elemezzük. A magas főkomponens-súlyok és a negatív előjelek világosan rámutatnak a burgonya azon éghajlati igényére, amely szerint a gumó növekedése idején alacsonyabb nappali hőmérsékleteket igényel: nappal a 18 – 21 fok a kedvező, ami viszont nálunk a nyár bármely időszakában csak ritkán fordul elő. Kedvezőbbek azok az évek, amelyekben a gumónövekedés időszakában a hőmérsékleti értékek a fenti értéket közelítik meg. Különösen július második felében kedvező a hűvösebb nappal.

A szaporítási hányados adatsorával végzett főkomponens-analízis is megerősíti az előbbi fejtegetést.

A kapott eredmény is azt bizonyítja, hogy az össztermés hozam és a vetőgumómennyiség arányának alakulására pozitív hatással van a májusi és júliusi csapadék, ugyanakkor a kedvező arány kialakulásához előnyös a borultabb május hónap.

Június csapadéka és a szaporítási hányados között az összefüggés szignifikáns, de ellentétes előjelű. Ennek az lehet a magyarázata, hogy a túl sok csapadék gyors növekedésre készíti a burgonyagumót és így kevesebb lesz a vetőburgonyának alkalmas gumó mennyisége. A talajnedvesség optimális alakulása kívánatos, a magas értékű és pozitív előjelű főkomponens-súlyok ezt jelzik. A vetőgumó mennyiségének kedvező alakulására az augusztusi nappali hőmérsékletnek van jelentősége. A szignifikáns értékek és a negatív előjelek is arra mutatnak, hogy a burgonya igényli a hűvösebb talajt. A magas talaj-, ill. léghőmérséklet rendszerint súlyvesztéshez vezet.

Vizsgálatunknak az volt a célja, hogy ismereteket szerezzünk a vetőburgonya hozama és az időjárási tényezők közötti kapcsolatáról. Ennek érdekében a burgonya teljes vegetációs periódusán belül olyan meteorológiai tényezőket is számításba vontunk, amelyeket eddig nem volt módunk alkalmazni a használt módszerek korlátai miatt. A korábban használt többváltozós regresszióanalízis csak néhány paraméter figyelembevételét tette lehetővé. E módszer, tehát a főkomponensanalízis, olyan statisztikai elemzési módszer, amely lehetővé teszi az egymással összefüggő tényezők hatásának együttes elemzését. Az elemzés eredménye a tényezők csoportosulásának, egymás közötti összefüggésének vizsgálata, ezen keresztül a kapcsolat kimutatása a termésre.

A mezőgazdaságban ma már a mennyiség mellett mindinkább előtérbe

kerül a minőség kérdése is, ezért szükséges a termőhelyek ökológiai körülményeinek pontos ismerete, elemzése. Ha pedig ezt a követelményt a vetőburgonya termelésére vetítjük, akkor az ilyen jellegű vizsgálatok további kiterjesztése azért lenne fontos, hogy segítséget adhasson az esetleges olyan törekvéseknek – a termelés ökológiai körülményeinek feltárásán keresztül –, hogy csak ott termeljék a szaporítóanyagot, ahol általában 7–9-szeres a szaporítási hányados. Ez a körülmény viszont már a gazdaságosság kérdését is érinti, hiszen az alapanyagot tőkés országból, elsősorban Hollandiából importáljuk és nem csekély deviza terhet ró a népgazdaságra (Szederkényi, 1983).

IRODALOM

- Ajtay Á., 1977: A burgonyatermesztés agroklimatológiai feltételei Magyarországon. *OMSZ. Kisebb Kiadványai*, 42. sz. Budapest.
- Ajtay Á., 1978: A burgonyatermesztés agroklimatológiai körzetei Magyarországon. *Földrajzi Értesítő* 3–4. 462–465.
- Ajtay Á., 1980: Újabb adalékok a burgonya terméshozama és az időjárás paraméterek közötti kapcsolat témaköréhez. *Burgonyatermesztés*, 2.
- Ajtay Á., Boncz J. és Horváth S., 1984: A csapadék és a napfénytartam hatása a burgonya terméshozamára. *Időjárás* 88. 3. 154–160
- Lőrincz J., 1979: A burgonya termesztése. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.*
- Sárosi R., 1981: A burgonya vetőgumó szaporításának vizsgálata az órhalmi „Hazafias Népfront” MGTSz-ben. *Szakdolgozat.*
- Sváb J., 1979: Többváltozós módszerek a biometriában. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.*
- Szaposnikova, Sz. A., 1958: Opit agroklímatics eszkovo rajonirovanyija tyeritorii SzSzSzR. *Voproszi agroklímaticseskovo rajonirovanyija SzSzSzR.*
- Szederkényi E., 1983: A burgonyatermelés helyzete és a kibontakozás lehetőségei. *Gazdálkodás* 4, 19–29.

BENGTSSON, L. – GHIL, M. – KÄLLÉN, E. (szerkesztők): *Dinámie Meteorology – Data Assimilation Methods (Dinamikus meteorológia – Adatasszimilációs módszerek)*. Applied Mathematical Sciences, Vol. 36. Springer – Verlag, New York, 1981. 330 oldal.

Az Európai Középtávú Előrejelző Központ (ECMWF) szemináriumai a numerikus prognosztika és a dinamikus meteorológia aktuális kérdéseinek tematikus áttekintésére adnak lehetőséget. A szemináriumi anyagok általában az ECMWF saját kiadásában jelennek meg. Kivételt jelent ezen gyakorlat alól az ismertető kötet, amely a Springer kiadó gondozásában az alkalmazott matematika művelőinek szánt sorozatban került kiadásra.

A kötet az 1980-ban megtartott adatasszimilációs témájú szeminárium anyagát tartalmazza – négy előadás kivételével. A bevezetőt P. Morel tartotta, aki áttekintette az adatelőkészítés, az objektív analízis, a négydimenziós adatasszimiláció és az inicializálás aktuális problémáit.

N. Gustavsson az operatív ellenőrzési algoritmusok szerkesztési elveit és a meteorológiai mezők objektív analízisére szolgáló módszereket foglalta össze. Az operatív gyakorlatban legelterjedtebbnek jelenleg az optimális interpoláció módszere tekinthető. A nagy előrejelző központokban több meteorológiai elem együttes interpolációjára kifejlesztett változatát egyaránt alkalmazzák a meteorológiai információ horizontális ellenőrzésére és az objektív analízis céljaira. Feltűnő még, hogy a Sasaki-féle variációs optimalizációs eljárás több szolgálatnál is bevonult az operatív gyakorlatba. Összefoglalva megállapítható, hogy a numerikus prognosztikában konvencionálisan alkalmazott állapothatározók objektív analízise – a légnedvesség kivételével – megoldottnak tekinthető. További vizsgálatok szükségesegek azonban a megfigyelési adatok ellenőrzési algoritmusainak optimalizálása érdekében és célszerűnek látszik a jövőben sztochasztikus-dinamikus modelleket kidolgozni az előrejelzési kovarianciák meghatározására.

A primitív egyenletekre épülő előrejelzési modellek esetén jelenleg is központi kérdés a modell számára adekvát kezdeti adatok előállítása – az inicializáció végrehajtása. A klasszikus statikus inicializáció (a lineáris vagy nemlineáris balansz-egyenlet alkalmazása), ill. a prognosztikai egyenletek nagy csillapítási tényezővel történő „előre-hátra” integrálása (dinamikus inicializáció) egyrészt nem bizonyult dinamikaileg szigorúan megalapozottnak, másrészt a makroskálán és a trópusi területeken nem is működött eredményesen. A legújabban kidolgozott nemlineáris normál módus technikák (ezeket foglalta össze R. Daley) alap gondolata a Laplace-féle árapály egyenlet Hough-függvényekkel történő megoldásához nyúlik vissza. Az eljárás lényege, hogy a modell-módusoknak megfelelően az adat-sokaságot „lassú” és „gyors” sokaságra kell felbontani; az egyes eljárások csupán a sokaságokra történő vetítés módszerében térnek el egymástól. A Baer és Tribbia, ill. Machenhauer által kidolgozott nemlineáris vetítési eljárásokat a vezető numerikus prognosztikai központokban operatív módon alkalmazzák. Ezeknek az eljárásoknak a nagyobb hatékonyság mellett külön előnye, hogy lehetővé teszik a primitív egyenleteken alapuló numerikus előrejelzési feladat minőségi tulajdonságainak a jobb megismerését.

Az aszintoptikus adatok asszimilációjának és az inicializációs feladat együttes vizsgálatának eredményeit K. P. Bube és M. Ghil mutatta be. A shallow-water egyenletek példájával illusztrálták egy szisztematikus, egyesített négydimenziós adatasszimilációs elmélet eredményeit. Ez az elmélet tartalmazza a nem-standard adat-sokaság teljességének kérdését, a prognosztikai feladat (elméletileg is fontos) egyértelmű megoldhatóságának problémáját és az adekvát adat-sokaság numerikus előállításának gyakorlati feladatát. Ez utóbbit a Kreiss-féle „korlátos derivált elv” keretében fogalmazták meg.

Neves szerzőgárda (M. Ghil, S. Cohn, J. Tavantzis, K. Bube és E. Isaacson) foglalkozott a becslélmélet numerikus prognosztikai alkalmazásával. Ezen a területen ma még lényegében nem történt érdemi előrehaladás, ezért a szerzők egyrészt összefoglalták a becslélmélet fogalmi alapjait, másrészt a linearizált, térben egydimenziós shallow-water egyenletek diszkretizált változatára alkalmazták egy diszkrét Kalman – Bucy szűrőt. Analitikus eszközökkel kimutatták, hogy a lineáris feladat a Wiener filterhez konvergál. További eredmények várhatók a kiterjesztett Kalman – Bucy filter alkalmazásától, bár jelentős áttörés valószínűleg csak a nemlineáris becslélmélet részletesebb matematikai kidolgozásától várható.

O. Talagrand analitikus eszközökkel vizsgálta a lineáris prognosztikai egyenletek forward – backward inicializációjának konvergenciáját, ill. numerikus kísérleteket végzett a nemlineáris

esetben. Kidolgozta a konvergencia sebességének növelésére alkalmazható módszerek elméleti alapjait.

Az ECMWF jelentős szerepet vállalt magára az *Első Globális GARP Kísérlet* (FGGE) adatainak feldolgozásában és értékelésében. A III-b szintű analízisek alapján éghajlati és légköri energetikai számításokat végeztek 1979. januárjára vonatkozóan. Az eredményeket *M. Kanamitsu* mutatta be.

A kötet külön érdekessége az a tudománytörténeti jelentőségű függelék, amely *A. Eliassen*-nek a meteorológiai mezők térbeli statisztikai szerkezetére és interpolációjára vonatkozó 1954-ben elért eredményeit tartalmazza. Mivel ezek az eredmények a Norvég Tudományos Akadémia rendkívül kis példányszámú jelentés-sorozatában láttak napvilágot és így szélesebb körben nem váltak ismertté, az optimális interpoláció módszerét nem első felfedezőjéről, hanem a tőle függetlenül ugyanezekre az eredményekre jutó *L. S. Gandin*ról nevezték el.

Összefoglalva elmondható, hogy a kötet az adatasszimilációs kutatások élvonalába tartozó eredményeket és törekvéseket mutatja be. Ugyanakkor ezek az eredmények megfelelő interpretálással a nemzeti numerikus prognosztikai rendszerek kidolgozásánál és továbbfejlesztésénél is alkalmazhatók.

Dévényi Dezső

TARAKANOV, G. G.: *Tropical Meteorology (Trópusi meteorológia)*. Mir Publishers, Moscow, 1982. 206 old., 61 ábra, 13 táblázat, 58 irodalmi hivatkozás.

A mű eredetileg orosz nyelven jelent meg, de a nagy érdeklődésre és szélesebbkörű publicitásra való tekintettel átdolgozott formában, angol nyelven is kiadták. A szerző 25 éve foglalkozik meteorológiával; eddigi főbb munkái a Szinoptikai Atlasz (1962) és a Szinoptikus Gyakorlat (1972), részt vett az Antarktisz kutatásában (1963), továbbá a WMO megbízásából is több feladatot végzett, illetve végez.

A trópusi meteorológia általában ritkán kelt érdeklődést a magyar meteorológusok körében. A kivételek közé tartozik, ha a trópusi, fejlődő országokból idevetődik egy-egy aspiráns, akit magyar szakember irányít értekezésének megírásában. Ilyen esetekben jó szolgálatot tehet ez a könyv.

A trópusi övezet, amelynek pontos földrajzi körülhatárolása még ma is vitatott kérdés, sugárzási energiátöbblettel a globális légkör legfontosabb hőforrása. A trópusi légkörzés évszakos és aperiódikus ingadozásai jelentős hatást gyakorolnak a mérsékelt szélességek időjárási folyamataira is, ezért az előrejelzéseink pontosítása érdekében lehetőleg jól meg kell ismernünk a trópusok éghajlatát.

A szerző könyvének csaknem minden fejezetében gyakran támaszkodik az 1972-ben és 1974-ben végrehajtott *Atlanti Trópusi Kísérlet* (GATE) mérési eredményeire. Már az első fejezetben érdekes összefüggést mutat be a mérések hibái, a mérőpontoktól vett távolság és az adatok interpolálásakor elkövetett hibák között. Ismeretes, hogy az Egyenlítő környezetében a mérőállomások száma s így az adatsűrűség rendkívül kicsiny. Ennek a hiánynak pótlására alkalmazák a geostaciárius műholdak és az időjárási radarok méréseit. Bár a trópusok időjárását a nap-sugárzás szabályos évi ingadozása nagymértékben meghatározza, a nagy kiterjedésű óceánok pedig meglehetősen homogenitást tesznek lehetővé, mégis a hideg tengeráramlások éles, sőt olykor váratlan törést okoznak a meteorológiai mezőkben.

A könyv 6 fejezetre tagolódik. A bevezetés után a 2. fejezetben a szerző részletesen ismerteti a főbb időjárási elemek ingadozását a trópusokon. Különösen figyelemre méltó a passzát-inverziók, a nyomási és szélmezők közötti összefüggés (itt hiányzik a geosztrófikus egyensúly) tárgyalása, a passzát-szelek stabilitásának számszerű kifejezése. A felhőzet és az eső leírásában újdonságként hat az ún. meleg felhőkben képződő esapadék, amely fagyponthoz főlötti hőmérsékleten alakul ki, tehát hiányzik a szilárd halmazállapot.

A 3. fejezet a konvekcióval foglalkozik. Három típus ismeretes: 1. Cu konvekció Cu hum felhőkkel, 2. mély vagy áttörő konvekció, jellemző felhője a Cb, 3. elfojtott konvekció a trópuson belüli konvergencia területén. A 4. fejezet a trópusi szinoptikai analízissel foglalkozik, nevezetesen a szélmező speciális, trópusi formáival. Ilyenek a divergencia és konvergencia pontok körüli áramlás, a nyeregponthoz semleges áramlásai, a konvergencia és divergencia vonalak, a szél diszkontinuitási vonala, az instabilitási vonal (*squall line*) áramlási rendszere. Az 5. fejezetet a szerző a trópusok cirkulációjának és szinoptikai rendszereinek leírására szenteli. Itt különösen érdekes megállapításokat tesz a Hadley-cellák és az antipasszát klasszikus modelljének korlátairól. Végül a 6. fejezet a trópusi ciklonokkal foglalkozik. Számszerű kapcsolatokat mutat be a maximális szélsébség és a trópusi ciklon középpontjában mért légnyomás között.

A könyvismertetés korlátozott terjedelme miatt számos további részlet és érdekesség megismerése az olvasóra marad. Befejezésül csupán annyit, hogy valamennyi fejezet végén áttekintő kérdések sorakoznak; ezek segítik az egyes fejezetek legfontosabb mondanivalóinak emlékeztet-be vésését.

Koppány György

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 címre: **Időjárás Szerkesztősége 1525 Budapest, Pt. 38.**

A kéziratokat a szerkesztőbizottság 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 értelem szerűen fejezetekre tagolandó.

Irodalmi hivatkozások: Szövegben a hivatkozás tartalmazza a szerző(k) nevét aláhúzva és a publikálás évét. Pl. egyetlen szerző esetén: *Róna* (1909), vagy ha a szerző neve a szövegbe nem illeszthető be: (*Róna*, 1909); két szerző esetén: *Gamow és Cleveland* (1973); szerző esetén: *Bacsó et al.*, (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. Pl.: *Dési, F.*, 1955: A meteorológiai kutatás időszerű kérdései. *Időjárás* 57, 65–70. Könyv esetén: Szerző(k) neve, évszám, könyvcím, kiadó, megjelenés helye. Pl. *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, szövegükkel együtt, külön lapon kell mellékelni.

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

A szerzők megjelent tanulmányukért tiszteletdíjat és térítésmentesen 30 db különnyomatot kapnak. Több különnyomat 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: Budapest, P. O. B. 38, H-1525, 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

A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

Szerkesztőség: 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.

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

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

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató



**84. 1812 Athenaeum Nyomda, Budapest — íves magasnyomás
Felelős vezető: Szlávik András vezérigazgató**

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329