

# CHANGES IN THE HOLOCENE CLIMATE OF HUNGARY REFLECTED BY THE "VOLE-THERMOMETER" METHOD

L. KORDOS

In this paper I try to reconstruct the relative change of average July temperature and annual humidity conditions of the Hungarian Holocene with the aid of the "vole-thermometer" method (KRETZOI<sup>1</sup>) based on appropriate direct climatic indication.

The two cardinal points of a paleoclimatological reconstruction are precise chronology and appropriate method. The age determination is based on the micromammal biostratigraphy developed by KRETZOI<sup>1,2</sup> and later by KORDOS<sup>4,5</sup>. The relative chronology depending upon the micromammal succession of the end of the Pleistocene and the whole Holocene can be correlated fairly well with archeological, botanical and malacological finds yielded by the same layers as well as by a C-14 date (Fig. 1.). This date represents the age of a Late Neolithic (Bükk culture) layer of the Baradla — Domica Cave system;  $6080 \pm 75$  B. P. (Gr. 2435, 1964<sup>6</sup>). According to several faunistical and relative chronological data as well as on the base of the coincidence of characteristic climatic values derived from them it can be ascertained that the correctness of the chronological order is  $\pm 500$  and  $\pm 250$  years between 10 000 and 3000 B. P. and between 3000 — 0 B. P., respectively.

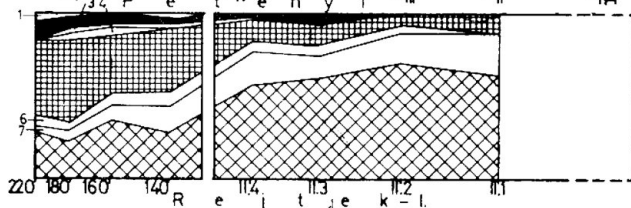
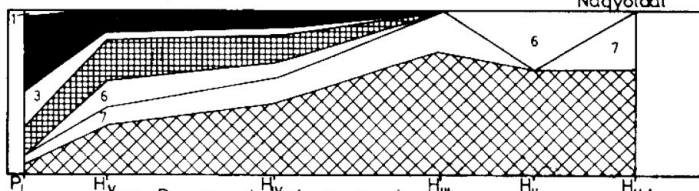
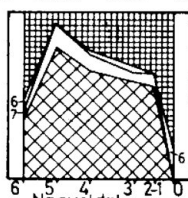
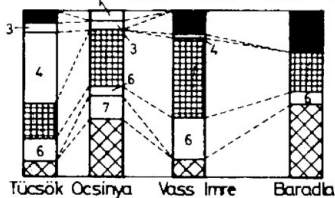
The years represented in the figures are astronomical years, nevertheless, their deviation from the radiocarbon years are not neglected. The micromammals used here as the base of the climatic reconstruction came to light from 62 layers of the filling of 12 caves. All of them were unearthed during the last few years with microstratigraphical methods the thickness of layers was between 5 and 10 cm; in each case the whole sample was washed. As a consequence of the micromammal diet of the owls the bone-accumulations in the caves present a reliable picture of the contemporary actual distribution of micromammals (Fig. 1.).

The actual geographical distribution of vole is determined first of all by the climatic (temperature) and the vegetation, therefore their succession in a certain area is suitable to draw paleoclimatological consequences from it. Using

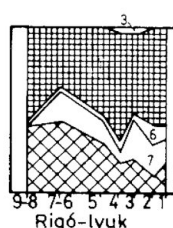
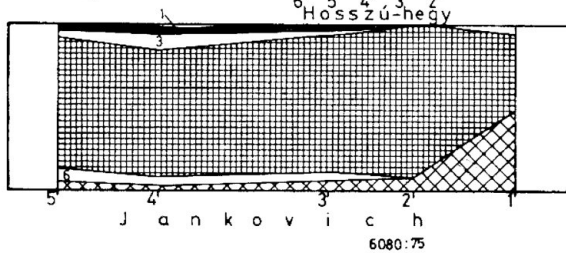
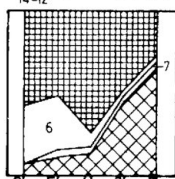
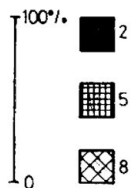
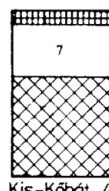
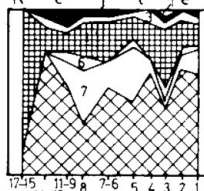
Fig. 1. Percentage distribution of vole species from 12 Holocene localities in Hungary. The respective layers are in their proper archeological, vertebrate paleontological, chronostratigraphical and calendar place. The calculation of average July temperature is based on the percentage distribution of vole species in the layers. 1 = *Microtus nivalis*, 2 = *Microtus gregalis*, 3 = *Microtus oeconomus*, 4 = *Microtus agrestis*, 5 = *Microtus arvalis*, 6 = *Arvicola terrestris*, 7 = *Pitymys subterraneus*, 8 = *Myodes glareolus*

1. ábra. Pocokfajok százalékos megoszlása 12 magyarországi holocén lelőhelyről. Az egyes rétegek megfelelő régészeti, gerinces őslénytani, kronosztratógráfiai és kalendáriumi helyükön vannak. Az egyes rétegek pocokfajainak százalékos megoszlása adta a júliusi középhőmérséklet-számítás alapját. 1 = *Microtus nivalis*, 2 = *Microtus gregalis*, 3 = *Microtus oeconomus*, 4 = *Microtus agrestis*, 5 = *Microtus arvalis*, 6 = *Arvicola terrestris*, 7 = *Pitymys subterraneus*, 8 = *Myodes glareolus*

12000 11000 10000 9000 8000 7000 6000 5000 4000 3000 2000 1000 0B.P.



Kőlyuk-II.



| Palaeolithic | Mesolithic | Neolithic  | Copper | Bronze   | Iron       | 5 <sup>th</sup> Migr. | Middle-Age |
|--------------|------------|------------|--------|----------|------------|-----------------------|------------|
| PALÁNK       | B. AJÓT    | KÖRÖS      | BÜKK   | KŐHÁT    | ALFÖLD     |                       |            |
| Alleröd II   | Dryas II   | Pre-Boreal | Boreal | Atlantic | Sub-Boreal | Sub-Atlantic          |            |

10000 9000 8000 7000 6000 5000 4000 3000 2000 1000 0B.P.

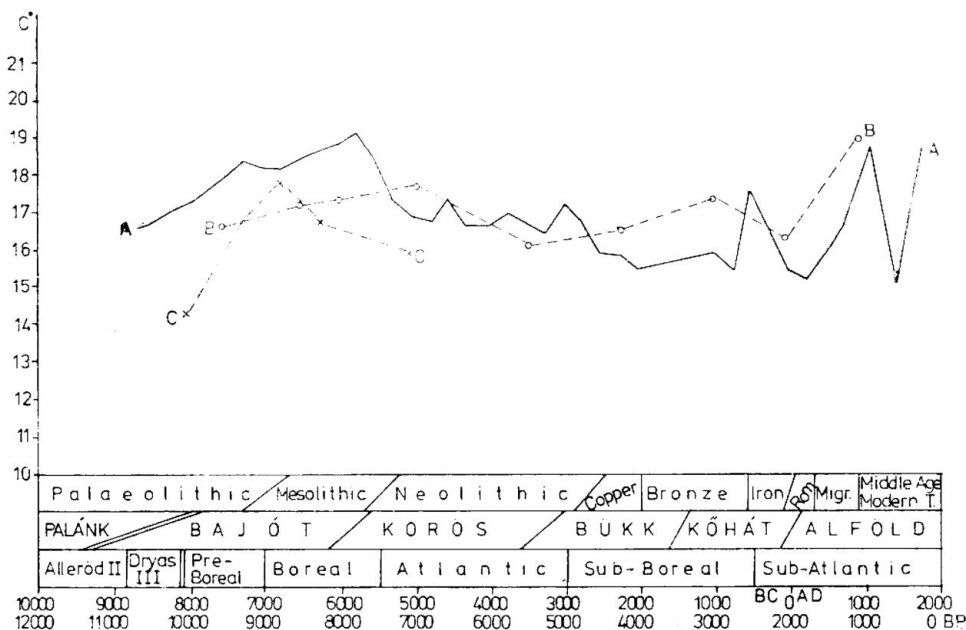


Fig. 2. The fluctuation of average July temperature calculated by the "vole-thermometer" method during the Holocene. A = Average curve obtained from 62 data from Hungary; B = Velká Kobylanka (Czechoslovakia);<sup>12</sup> C = Euerwanger Bühl (Germany).<sup>13</sup>

2. ábra. A „pocok hőmérővel” számított júliusi középhőmérséklet változása a holocénben. A = 52 adatból nyert átlaggörbe Magyarországról, B = Velká Kobylanka (Csehszlovákia),<sup>12</sup> C = Euerwanger Bühl (Németország).<sup>13</sup>

BOBRINSKI's<sup>8</sup> and VAN DEN BRINK's<sup>9</sup> distribution map as well as on the base of HOKR's<sup>10</sup> climate values and also with the application of the "vole-thermometer" method evolved by KRETZOI<sup>1</sup> and later elaborated by KORDOS<sup>11</sup> a reconstruction of average July temperature of real values can be outlined. The maximum time limit of this method and likewise that of the chronological applicability of the theory of actualism, is the beginning of the Upper Pleistocene. In Hungary the curve of average July temperature ("vole-thermometer") obtained from the mean temperature values reflecting the local facies conditions contains some unambiguous peaks and tendencies (Fig. 2.). Starting off the postglacial minimum temperature a gradual rise in temperature can be traced up to the climatic optimum in 7700 B. P. After it up to 4000 B. P. where was a gradual fall in temperature with several oscillations. Drawing near from the minimum to our days we can observe a general rise in temperature with several significant oscillations. According to the "vole-thermometer" the climate values obtained from the different specific composition of two morphologically different caves being at 400 kms from each other (Rigo Hole and Nagyoldal Shaft) show the same tendency and almost the same temperature values, therefore the method is proved to be very sensitive for the demonstration of climatic changes took place before 2500 B. P. (details follow).

The temperature curve of the Hungarian Holocene has a twofold correlation: a) with curves composed by the same method based on the faunas of other Central European areas, b) with curves composed by different methods based on data

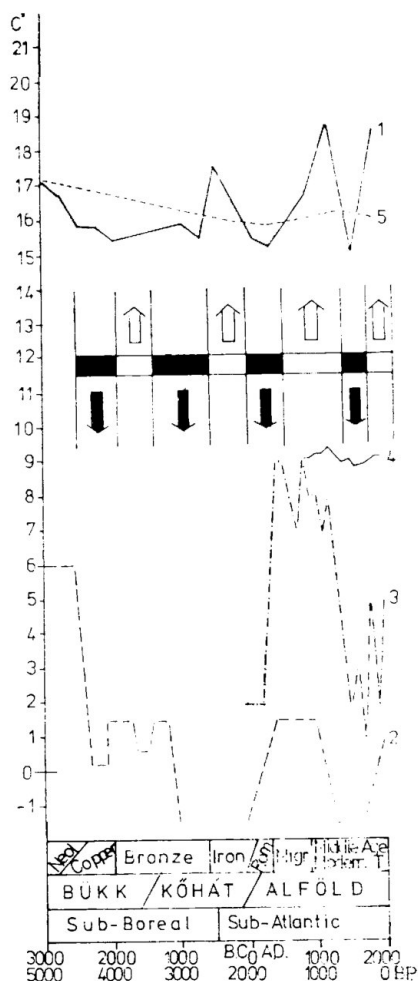


Fig. 3. The fluctuation of temperature during the last 5000 years in Hungary (1) and its relation to the results of other areas investigated by different methods: 2 = Keewatin (Canada),<sup>10</sup> 3 = near Madrid (Spain);<sup>11</sup> 4 = average annual temperature measured in Middle England,<sup>12</sup> 5 = England.<sup>13</sup> Black arrows mark the downward tendency of temperature, while white ones mark the upward tendency of it on a global scale.

3. ábra. Az elmúlt 5000 év hőmérsékleti változása Magyarországon (1), és összefüggése más területek különböző módszerekkel vizsgált eredményeivel: 2 = Keewatin (Kanada)<sup>10</sup> 3 = Madrid mellett (Spanyolország)<sup>11</sup> 4 = Közép-Anglia évi középhőmérséklet mért értéke<sup>12</sup> 5 = Anglia<sup>13</sup> A fekete nyilak a világméretű lehűlési, a világosak a felmelegedési tendenciákat jelölik

from Hungary as well as from other areas of the Northern Hemisphere. According to the investigations made with the "vole-thermometer" method on Czechoslovakian (Velká Kobylanka)<sup>12</sup> and German (Euerwanger Bühl)<sup>13</sup> faunas dated by C-14 method, too, we got a curve the values of which show the very same tendency as the Hungarian curve shows which, in fact the absolute values are able to reflected even the different geographical position of these areas. During the comparison with data obtained from other methods it is useful to investigate the climatic changes took place before 4000 B. P. and those took place after

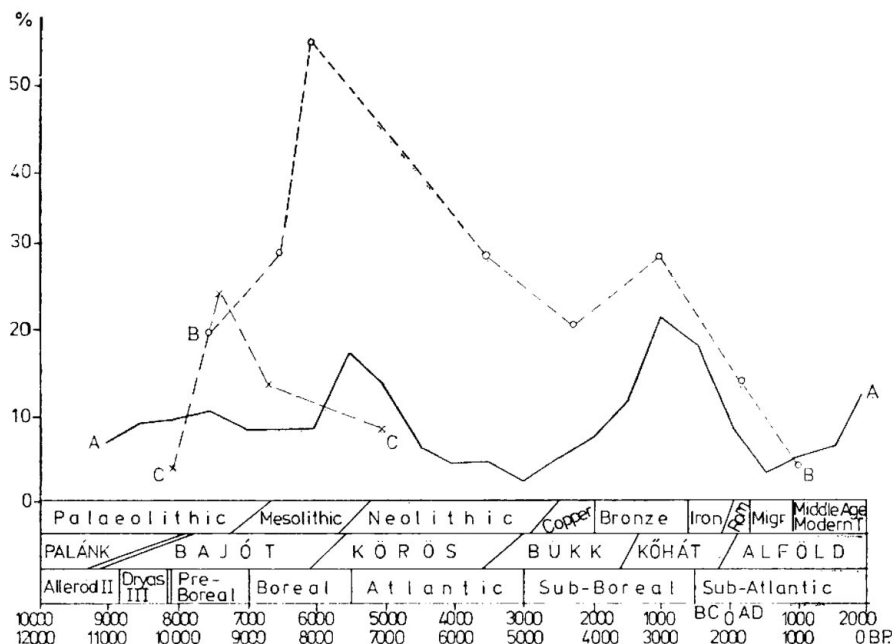


Fig. 4. The fluctuation of the frequency distribution of water vole (*Arvicola*) as compared to other vole species during the last 10 000 years. The coincidence of the Hungarian average curve (A) with the curves of Velká Kobylanka (B)<sup>12</sup> in Czechoslovakia and of Euerwanger Bühl (C)<sup>13</sup> in Germany indicates by all means the fluctuation of annual rainfall as the closest approximation ("Arvicola humidity")

4. ábra. Az *Arvicola* (vízi pocok) gyakoriságának változása a többi pocokfajhoz mérve az elmúlt 10 000 évben. A magyarországi átlaggörbe (A), a csehszlovákiai Velká Kobylanka (B)<sup>12</sup> és a németországi Euerwanger Bühl (C)<sup>13</sup> görbéinek egybeesése valószínűleg jó megközelítéssel jelzi az évi csapadékmennyiség változását („Arvicola humiditás”).

4000 B. P., separately. Comparing the climatic developments of the Early Holocene as reflected by the Camp Century (Greenland),<sup>14</sup> the Devon Island (Canada)<sup>15</sup> curves and those of Middle England<sup>16</sup> with the Hungarian curve it can be found that rise in temperature which has begun between 11 000 and 10 000 B. P. had an optimum between 6000 B. P. and 5000 B. P. It was succeeded by a slow fall in temperature the deepest point of which — depending on the sensitivity of the applied method — falls between 3000 and 1500 B. P. Up to 6500 B. P. the Hungarian pollen data<sup>17,18</sup> correspond to the generally known tendencies. According to the “vole-thermometer”, the climatic optimum in Germany, Czechoslovakia and Hungary fell in all likelihood between 8000 and 7000 B. P., while the Subboreal minimum in these areas was by all means between 4500 and 3000 B. P. — The differences I attribute first of all to the different geographical position. Moreover, this opinion is supported by its comparison with CHOTINSKI's<sup>19</sup> three climate types based on palynological investigations; namely according to this Central Europe is similar principally to the “Atlanti-Continental” type. In the Early Holocene the differences in the determination of the time of the “temperature peaks” are probably due to the few data.

From 4000 B. P. up to now the temperature values calculated with the “vole-thermometer” method are considerably corresponding to the data of dif-

ferent geographical areas got by other methods. The climatic oscillations clearly demonstrated in the Northern Hemisphere can be identified with the following data in Hungary.

| Northern Hemisphere<br>years B.P. | Temperature<br>tendency | Hungary<br>years B.P. |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 4000—3450                         | increasing              | 3000                  |
| 3450—2600                         | decreasing              | 2750                  |
| 2600—2100                         | increasing              | 2500                  |
| 2100—1600                         | decreasing              | 1750 (250 A. D.)      |
| 1600—750                          | increasing              | 900 (1100 A. D.)      |
| 750—80                            | decreasing              | 550 (1450 A. D.)      |
| 80—0                              | increasing              | 0 (1972—76 A. D.)     |

The “vole-thermometer” method is not suitable for the calculation of the real annual and winter average temperature, because the animals have a surface activity reduced to the period between spring and autumn. Furthermore on the whole they are only tentatively applicable for the registration of changes in humidity. The knowledge of the relative frequency of the aquatic water vole (*Arvicola*) can help the recognition of changes in humidity. Though the *Arvicola* is an aquatic animal, its breeding can be significantly determined by local factors, too. The investigation of the *Arvicola* dominance of several localities can make probable fairly the applicability of this method, because hereby local phenomena can be estimated regionally. The frequency of *Arvicola* reflects the annual rainfall as well as its changes. The curves in *Fig. 4.* clearly represent the “*Arvicola* humidity” to have a maximum in Czechoslovakia and in Hungary between 8500 and 7000 B. P. and after this between 4000 and 2000 B. P. as well as an increase of it towards our days. Its minimum falls between 5000 and 4000 and later between 1500 and 1000 B. P. In Germany the *Arvicola* maximum of the Early Holocene is at 9500 B. P. which is probably due to the more oceanic climate and the orographic conditions of the area.

With the aid of the curves of average July temperature and of the annual humidity this is the first time to outline a successful highly detailed reconstruction of the Holocene climate for the Carpathian Basin, i. e. for a specific Central European area. The results of this reconstruction well correspond to the detail obtained from different methods in different areas.

#### NOTES — JEGYZETEK

- <sup>1</sup> KRETZOI, M., *Folia Archaeol.*, 9, 16—21 (1957).
- <sup>2</sup> KRETZOI, M., and VÉRTES, L., *Acta Geol. Hung.*, 9, 125—143 (1965).
- <sup>3</sup> KRETZOI, M., *Földr. Közl.*, 18(3), 179—204 (1969).
- <sup>4</sup> JÁNOSSY, D., and KORDOS, L., *Ann. Hist.-Nat. Mus. Nat. Hung.*, 68, 5—29 (1976).
- <sup>5</sup> KORDOS, L., *Földr. Közl.* In press. (1977).
- <sup>6</sup> VOGEL, J. C., and WATERBOLK, H. T., *Groningen Radiocarbon Dates V.*, 6, 349—368 (1964).
- <sup>7</sup> FAIRBRIDGE, R. W., *Nature*, 266, (1977).
- <sup>8</sup> BOBRINSKI, N. A., and KUZNETSOV, B. A., and KUZYAKIN, P., Moscow (1944).
- <sup>9</sup> BRINK, VAN DEN F. H., Helsinki (1968).
- <sup>10</sup> HOKR, Z. *Sborn. Geol. Surv. Czechoslovakia*, 18, 209—219 (1952).
- <sup>11</sup> JÁNOSSY, D., and KORDOS, L., *Ann. Hist.-Nat. Mus. Nat. Hung.*, 68, 5—29 (1976).
- <sup>12</sup> LOŽEK, V., and TYEACEK, J., and FEJFAR, O., *Anthropozoikum.*, 8, (1958).

- <sup>13</sup> KOENIGSWALD, V. W., and RÄHLA, W., *Eiszeitalter u. Gegenwart.*, 26, 155—180 (1975).
- <sup>14</sup> DANSGAARD, W. et al. *Science.*, 166, 377—381 (1969).
- <sup>15</sup> PATERSON, W. S. B., et al. *Nature.*, 266, 508—514 (1977).
- <sup>16</sup> LAMB, H. H., *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.*, 10, 125—162 (1971).
- <sup>17</sup> ZÓLYOMI, B., in *Budapest természeti képe* (Akadémia, Budapest), 521—533 (1958).
- <sup>18</sup> KOMLÓDI-JÁRAI, M., *Bot. Közlem.*, 56 (1), 43—55 (1969).
- <sup>19</sup> CHOTINSKI, N. A., *Pet. Geogr. Mitt.*, 120(3), 192—196 (1976).
- <sup>20</sup> MCGHEE, R., (in Kukla, J., *Boreas*, 1(1), 71 (1972). (Symp. Clim. Chang. Arc. Areas during the last 10, 000 Years, (1971).
- <sup>21</sup> KARDAS, S. J., *Estudios Geologicos.*, 31, 639—648 (1975).
- <sup>22</sup> AABY, B., *Nature.*, 263, 281—284 (1976).

## HOLOCÉN KLÍMAVÁLTOZÁSOK KIMUTATÁSA MAGYARORSZÁGON A „POCOK HŐMÉRŐ” SEGÍTSÉGÉVEL

DR. KORDOS LÁSZLÓ

E közleményben a magyarországi holocén júliusi középhőmérsékletének és évi nedvességszignóának relatív változását kísérem meg rekonstruálni a „pocok hőmérő” (KRETZOI)<sup>1</sup> módszer segítségével mint megfelelő direkt klímindikáción alapuló eljárással.

A paleoklimatológia rekonstrukció két sarkalatos pontja a pontos kronológia és az alkalmas módszer. A korhatározás a KRETZOI<sup>2,3</sup>, majd KORDOS<sup>4,5</sup> által kialakított kismelős biosztratigráfián alapul. A pleisztocén végi, holocén kismelős szukcesszióra épített relatív kronológiát jól lehetett korrelálni az ugyanazon rétegekből előkerült régészeti, botanikai és malakológiai leletekkel, ill. egy C-14 adattal (1. ábra). Ez utóbbi a Baradla—Domica-barlangrendszer bükki-kultúrájú (késő neolitik) rétegekből származik, 6080 ± 75 év B.P. (Gr. 2435, 1964)<sup>6</sup>. Több fauna és relatív kronológiai adat, valamint az ezekből adódó jellemző klímacétek egybeesése után megállapítható volt, hogy 10 000—3000 B.P. között ± 500 év, 3000 — 0 B.P. között ± 250 év pontosságú a kronológiai besorolás.

A klímarekonstrukció alapjául szolgáló kismelősök 12 barlang kitöltéséből 62 rétegből származnak. Mindegyik finomrétegtani módszerrel (5—10 cm-es rétegvastagság), a teljes minta iszapolásával az elmúlt évben, ill. években került feltárára. A barlangi csontfelhalmozódások a baglyok kismelősfogyasztásának következtében hű képet adnak az egykori tényleges eloszlásról (1. ábra).

A pocokfajok mai földrajzi eloszlása elsősorban klíma-(hőmérséklet)- és vegetáció-determinált, s ezért egy adott területen történő szukcessziójuk alkalmas paleoklimatológiai következtetések levonására. BOBRINSZKI<sup>8</sup> és VAN DEN BRINK<sup>9</sup> elterjedési térképei, HOKR<sup>10</sup> klímacétekei alapján, valamint a KRETZOI<sup>1</sup> kialakította, majd KORDOS<sup>11</sup> továbbfejlesztett „pocok hőmérő” módszerével tényleges értékekkel megadott júliusi középhőmérséklet-rekonstrukciót lehetett végezni. A módszer és egyben e kérdésben az aktualizmus elve időbeli kiterjesztésének maximális határa a felső pleisztocén eleje. Magyarországon a helyi, fáciesviszonyokat tükröző hőmérsékletadatok középtérkékből nyert júliusi középhőmérséklet görbe („pocok hőmérő”) néhány egyértelmű csúcsot és tendenciát tartalmaz (2. ábra). A posztglaciális hőmérsékleti minimumból kiindulva fokozatos melegedés tapasztalható a 7700 B.P.-ben bekövetkezett klímooptimumig. Ettől fokozatos több kilengéssel tarkított csökkenés tart 4000 B.P.-ig. Ez utóbbi minimumtól mához közeledve több jelentős klímaingadozással általános melegedés figyelhető meg. A „pocok hőmérő”-vel két, egymástól 400 km-re lévő, eltérő morfológiájú barlang (Rigó-lyuk és Nagyoldali-zsomboly), eltérő fajösszetételéből nyert klímacétek teljesen azonos tendenciájúak, s csaknem azonos hőmérsékleti értékek, ezért a 2500 B.P.-nél fiatalabb korokra megadott hőmérsékletváltozások kimutatására a módszer nagyon érzékenynek bizonyult.

A magyarországi holocén hőmérsékletgörbét két szempont alapján volt érdemes korrelálni: a) más közép-európai területek faunájának azonos módszerrel, b) különböző módszerrel nyert magyarországi és egyéb északi félgömbökről származó görbékkel. „Pocok hőmérő” módszerrel a csehszlovákiai (Velká Kobylnka)<sup>12</sup> és a németországi (Euerwanger Bühl)<sup>13</sup> C—14-gyel is datált faunák vizsgálata alapján a magyarországi görbével teljesen azonos tendenciájú értékek adódtak, az abszolút értékeknél pedig a földrajzi helyzetből adódó különbségek is kimutathatók.

A más módszerekkel nyert adatokkal való összehasonlítások célszerű külön vizsgálni a 4000 B.P. előtti és utáni hőmérsékletváltozásokat. Az idősebb holocén hőmérsékletalakulása a grönlandi Camp Century<sup>14</sup>, a kanadai Devon Island-i,<sup>15</sup> és a közép-angliai<sup>16</sup> görbékét összehasonlítva a magyarországi, megállapítható, hogy 11 000—10 000 B.P. között kezdődik az a felmelegedés,

amelynek optimuma 6000—5000 B.P. között volt. Ezt lassú lehűlés követi, amelynek mélypontja az alkalmazott módszer érzékenységtől függően 3000—1500 B.P. közé esik. A magyarországi pollenadatok <sup>17, 18</sup> 6500 B.P.-ig az általánosan ismert tendenciákkal megegyeznek. A „pocok hőmérő” szerint a németországi, a csehszlovákiai és magyarországi klímaoptimum 8000—7000 B.P., a szubboreális minimum pedig 4500—3000 B.P. között valószínűsíthető. Az eltéréseket elsősorban a különböző földrajzi helyzetben látom, amit alátámaszt ЧОТИНСКИ<sup>19</sup> palynológiai vizsgálatokra alapozott 3 klímátípusával való összevetés is, miszerint Közép-Európa az „atlanti-kontinentális” típushoz hasonlít leginkább. Az óholocénben az adatok csekély volta is okozhatja a „hőmérsékleti csúcsok” időpontjának eltérő megállapítását.

4000 B.P.-től kezdődően napjainkig a „pocok hőmérő”-vel számított hőmérsékletértékek szembenesen egyeznek a 3. ábrán bemutatott, eltérő módszerekkel kapott és különböző földrajzi helyről származó adatokkal. Az É-i féltekén egyértelműen kimutatott hőmérséklet-ingadozások a következő magyarországi adatokkal azonosíthatók:

| északi félteke év B.P. | hőmérséklet tendencia | Magyarország év B.P. |
|------------------------|-----------------------|----------------------|
| 4000—3450              | felmelegedés          | 3000                 |
| 3450—2600              | lehűlés               | 2750                 |
| 2600—2100              | felmelegedés          | 2500                 |
| 2100—1600              | lehűlés               | 1750 (250 A.D.)      |
| 1600— 750              | felmelegedés          | 900 (1100 A.D.)      |
| 750— 80                | lehűlés               | 550 (1450 A.D.)      |
| 80— 0                  | felmelegedés          | 0 (1972—76 A.D.)     |

A „pocok hőmérő” módszerrel az állatok tavasztól ősziig terjedő időre redukált felszíni aktivitása miatt a téli és az évi hőmérséklet átlagát reálisan nem lehet számolni, s összességükben a nedvességváltozások regisztrálására sem egyértelműen alkalmasak. A vízi életmodú vízi pocok (*Arvicola*) relatív gyakoriságának ismerete közelebb vihet a humiditás változásának megismeréséhez. Az *Arvicola* ugyan vízhez kötött, de elszaporodását helyi tényezők lényegesen determinálhatják. Több lelőhely *Arvicola* dominanciájának vizsgálata nagymértékben valószínűsítheti a módszer alkalmazhatóságát, mert ezáltal a helyi jelenségek regionálisan értékelhetők. *Arvicola*-gyakorisága az évi csapadékmennyiséget, ill. annak változását tükrözi. A 4. ábra közölt görbék egyértelműen azt mutatják, hogy az „*Arvicola* humiditás” Csehszlovákiában és Magyarországon 8500—7000 B.P. között, majd 4000—2000 B.P. között ad maximumot, s napjaink felé ismét növekszik. Minimum 5000—4000, valamint 1500—1000 B.P. között van. Németországban az óholocén *Arvicola* maximum 9500 B.P.-nél van, ami valószínűleg az óceánikusabb és hegységi környezettel van kapcsolatban.

A júliusi középhőmérséklet és az évi humiditás görbéi alapján első ízben sikerült a Kárpát-medence, mint sajátos közép-európai terület holocén klímájára kisemlősök segítségével nagy részletességű rekonstrukciót végezni, amelynek eredményei jó összhangban vannak a legkülönbözőbb módszerű és helyről származó részadatokkal.