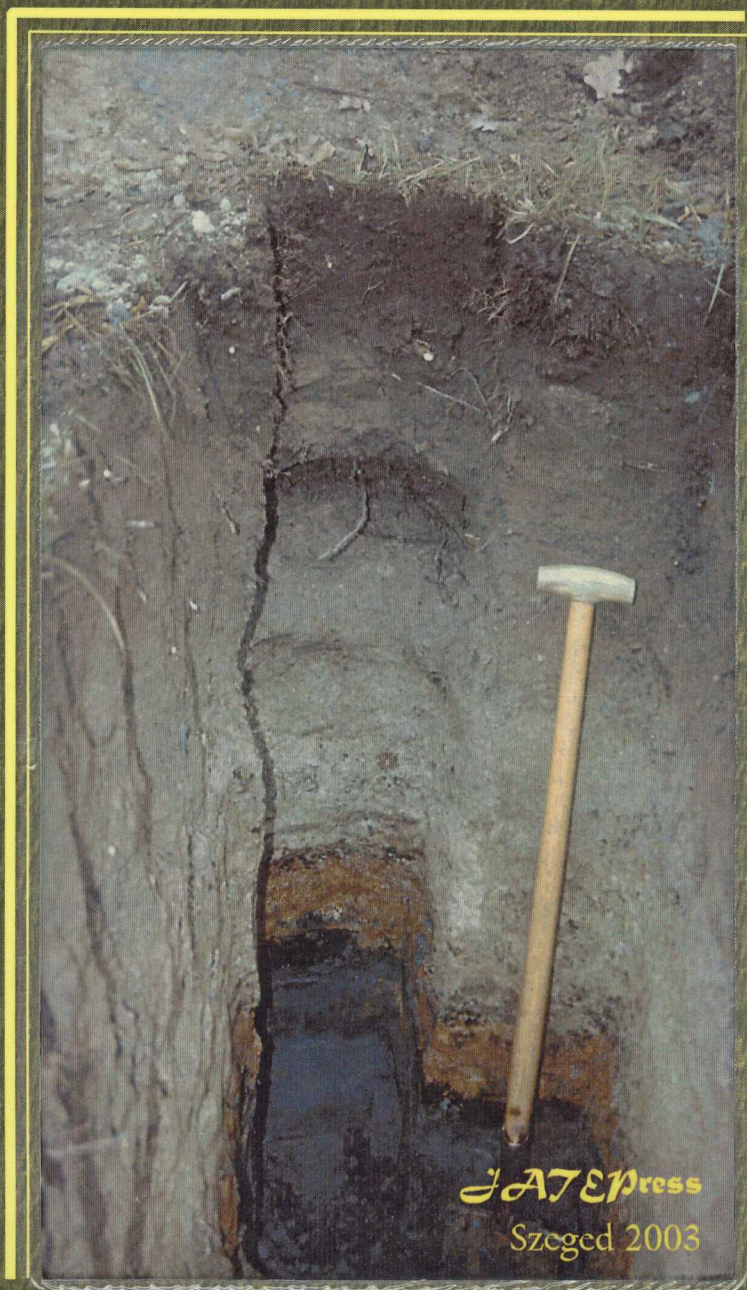


A RÉGÉSZETI GEOLÓGIA ÉS A TÖRTÉNETI ÖKOLOGIA

Sümegei Pál

ALAPJAI



JATEPress

Szeged 2003

SÜMEGI PÁL

A RÉGÉSZETI GEOLÓGIA
ÉS
A TÖRTÉNETI ÖKOLÓGIA
ALAPJAI

✱

JATEpress
Szeged 2003

Készítette:

Dr. Sümegi Pál

tanszékvezető egyetemi docens

Szegedi Tudományegyetem, Földtani és Őslénytani Tanszék
és tudományos főmunkatárs, MTA Régészeti Intézet

Lektorok:

Dr. Krolopp Endre

tudományos főmunkatárs

Magyar Állami Földtani Intézet

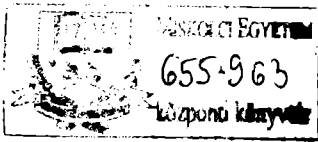
Ilon Gábor

osztályvezető régész

Vas Megyei Múzeumok Igazgatósága

Borító- és kötetterv:

Szőnyi Etelka



© Sümegi Pál, 2002

© JATEPress, 2002

ISBN 963 482 599 0



Oktatási
Minisztérium

*A könyv az Oktatási Minisztérium támogatásával,
a Felsőoktatási Pályázatok Irodája által lebonyolított
Felsőoktatási Tankönyv- és Szakkönyvtámogatási Pályázat keretében jelent meg.*

Tartalom

1. Előszó és köszönetnyilvánítás	7
2. A régészeti geológia és a történeti ökológia kialakulása és fejlődése	13
3. A régészeti geológia és a történeti ökológia vizsgálati módszerei	25
3.1. A lelőhelyek kiválasztása	31
3.1.1. A légi fényképezés régészeti geológiai és környezettörténeti felhasználása	33
3.1.2. Űrfelvételek	36
3.1.3. Földrajzi Informatikai Rendszer (FIR-GIS)	40
3.2. Lelőhelyek terepi térképezése	40
3.2.1. Geofizikai módszerek	40
3.2.2. Potenciális lelőhelyek fúrásos feltárása	43
3.3. Geomorfológiai vizsgálatok, a földfelszíni formák környezettörténeti, történeti ökológiai hatásai	47
3.4. A régészeti geológiai, történeti ökológiai célú üledékföldtani és talajtani vizsgálatok módszerei	65
3.4.1. A mintavétel előkészítése, a minták kiemelése, kezelése	65
3.4.2. Régészeti geológiai és környezettörténeti célú üledékföldtani és talajtani vizsgálatok	69
3.5. Geokémiai vizsgálati módszerek a régészeti geológiai célú kutatásokban ..	75
3.5.1. Fő- és nyomelemzés	76
3.5.2. Archimetriai vizsgálatok	79
3.5.3. Izotópgeokémiai kutatások	90
3.6. Kronológiai vizsgálati módszerek	95
3.6.1. Termolumineszcens és optikai lumineszcens kormeghatározás	95
3.6.2. Elektronspin rezonancia (ESR) módszer	96
3.6.3. Urán-sorozat módszer	97
3.6.4. Rövid élettartamú izotóp elemzések	98
3.6.5. Kálium/argon kormeghatározás	99

3.6.6. Hasadási nyom	99
3.6.7. Hidratációs módszer	100
3.6.8. Dendrokronológia	101
3.6.9. Varv-kronológia	104
3.6.10. Tefrakronológia	105
3.6.11. Aminosav kronológia (racemizáció)	107
4. Az emberré válás időkeretei (a negyedidőszak kronológiai felosztása)	109
5. Ősmaradványok vizsgálata	115
5.1. Növényi maradványok vizsgálata	115
5.1.1. Moszatok (algák)	115
5.1.2. Makrobotanikai vizsgálatok (magvak, termések, vegetatív testrészek, szövetek, szenesült famaradványok)	116
5.1.3. Pollen elemzés	121
5.1.4. Fosszilis kutikula vizsgálat	128
5.1.5. Növényi opálszemcsék (<i>fitolitok</i>) jelentősége	128
5.2. Állati maradványok vizsgálata	129
5.2.1. A Mollusca-fauna feldolgozása és környezetjelző szerepe	129
5.2.2. Szárazföldi rovarok régészeti geológiai felhasználása	142
5.2.3. Gerinces maradványok vizsgálata	145
6. A Bátorligeti láp – egy magyarországi példa a régészeti geológiai és környezettörténeti feldolgozásra és modellezésre	151
6.1. Felhasznált módszerek	151
6.2. A vizsgálati eredmények	155
7. Az ember és környezete kapcsolatának rövid története	185
8. Ajánlott irodalom	213

„A sivatag azért teremtetett,
hogy megacélozza az igazhitűek lelkét”
Frank Herbert, 1968

1. Előszó és köszönetnyilvánítás

Az ipari civilizáció – amelyben élünk – mindössze két, két és fél évszázados múltra tekint vissza. Ez az idő szinte pillanatnyinak tűnik a paraszti, földművelő, állattenyésztő közösségek 10–12 ezer éves múltjához képest, míg a termelő, mezőgazdasági közösségek egzisztálásának ideje eltörpül, ha a vadászó közösségek több mint egymillió éves fennmaradásával vetjük össze, míg a vadászó ember, egyáltalán az emberi nem kialakulásának ideje szinte szemvillanásnyi Földünk milliárd években mérhető geológiai történetéhez képest.

Hogy mennyire kicsi és nagy egyszerre az ember és az egyének és közösségek micsoda szívósággal küzdenek meg az őket körülvevő hatalmas erejű természettel, csak az értheti meg igazán, aki már egyedül nézett szembe a végtelennek tűnő, kövel, kavicsal, homokkal vagy sós agyaggal fedett sivataggal. Esetleg társ nélkül botorkált a sűrű, szúrós aljnövénnyel, nedves és hideg tajgában, vagy magára maradt a hófedte, embertelenül rideg tundraterületen. Ezek az élmények azok, amelyek egyértelműen megértetik, hogy milyen fontosak azok a távolról, a civilizációs centrumokból nézve rendkívül egyszerűnek, sőt primitívnek, kultúrálatlannak tűnő emberi közösségek, amelyek a legváltozatosabb és helyenként igen nehéz megélhetést biztosító földi környezetben is megteremtik az emberi közösségek, az emberek fennmaradásához szükséges feltételeket és a legalapvetőbb emberi javakat. Ezeknek a közösségeknek a léte teszi lehetővé, hogy az „ember földjeként” létezzen még napjainkban is a sivatag, az őserdő vagy akár az örök fagy világa. Ezeknek a „természeti” népeknek, közösségeknek az eredete, kultúrája, hite, az őket körülvevő természettel kialakított viszonya és életfennmaradási stratégiájuk akár több száz generáció több ezer éve felhalmozott, átalakított tapasztalatain is alapulhat. Mit is jelent, mit is jelenthet ez a tapasztalat?

A legújabb – katonák által végzett – felmérések alapján egy, a nyugat-európai, amerikai vagy ázsiai nagyvárosban felnevelkedett polgár túlélési ideje az eredeti őserdei környezetben átlagosan 36 óra, vagyis másfél nap. Bár hasonló felmérés nem készült még, de feltételezhető, hogy az őserdőben élő, vadászó közösségekből származó személyek átlagos túlélési esélye a „modern”, nagyvárosi környezetben ennél azért jóval hosszabbra tehető. Miért ilyen gyors a mortalitása az urbánus embernek abban a környezetben, amelyben jelentős számú vadászó kultúrával rendelkező népesség él még ma is, és amelyből végső soron a ma élő városlakók is származnak? S mi történt ezekkel az egykori vadászó–halászó–gyűjtögető életmódot folytató emberekkel? Miért, mikor és kik elől szorultak vissza ezek a fantasztikus szívóságú emberi közösségek? Milyen tényezők vezetnek egy vadászó közösség átalakulásához, termelő életmódra áttéréséhez? Mikor, hogyan vesztettük el mi, az ipari centrumokban élők az alkalmazkodó képességünket az őserdei

környezettel szemben? Elvesztettük-e egyáltalán? Ugyanakkor hogyan maradhatnak fenn technikai szinten egyszerű eszközökkel rendelkező emberek ilyen veszélyekkel terhelt világban? Milyen volt az embereknek a környezetükkel kialakított viszonya az őserdőben, vagy más, ipari civilizáció által még nem érintett területeken? Miért változott meg ez a viszony? Mi mozgatja a civilizációt a környezetének megváltoztatására? Hogyan, milyen módon marad meg a civilizáció környezetet átalakító hatása és a kutatók hogyan, milyen módon rekonstruálhatják az egykori környezet átalakítás nyomait? A technikai, társadalmi fejlődés együttjárt-e mindig a környezet átalakításának növekedésével? Volt-e szerepe a környezetnek, s ha igen, mekkora volt az egyes társadalmak felemelkedésében, az egyes kultúrák, közösségek hosszú távú fennmaradásában? A múltbeli változások, az ember és környezet történeti viszonyának feltárása jelenthet-e segítséget a napjainkban zajló – az ember és az ipari társadalom által is indukált – környezeti változások megértésében és negatív következményeinek felszámolásában? Milyen eszközökkel segíti, segítheti az őslénytani és a geológia a régészeti feldolgozásokat? Milyen összefüggések vannak ezek között a tudományágak között? Egyáltalán lehet-e az egykor élt emberek környezetét és az egykori embereknek a környezettel kialakított viszonyát rekonstruálni?

Ezekre a kérdésekre is keresi a válaszokat ez a tankönyv és a tankönyv szerzője is, aki több mint 10 évvel ezelőtt, 1990-ben, a jászszági paleolit és mezolit lelőhelyeken kezdett régészeti ásatásokon dolgozni, ahol régészeti geológiai feltárásokat, geomorfológiai, szedimentológiai, paleopedológiai és őslénytani vizsgálatokon, elemzéseken alapuló őskörnyezeti rekonstrukciókat készített, majd ezt a munkát folytatta a különböző magyarországi paleolit lelőhelyektől kezdődően egészen a középkori települések környezettörténeti elemzéséig. A régészeti feltárások megismerése és régészeti geológiai feldolgozások mellett a tankönyv megírásában az összegyűlt adatok, valamint a Debreceni Egyetemen, majd a Szegedi Tudományegyetemen bevezetett és tíz éven keresztül oktatott „*Régészeti geológia*” és „*Negyvedidőszaki paleoökológia*” speciális kollégiumi tárgyak oktatása során felhalmozódott tapasztalatok mellett sok egyéb tényező motivált, amelyek közül döntő részben azokat a személyi vonatkozásokat emelem ki, amelyek jelentősége – számomra – meghaladta a tárgyi feltételek jelentőségét. Mindenekelőtt Dr. *Mészáros Rezső*nek a Szegedi Tudományegyetem rektorának, Dr. *Bálint Csanád*nak, az MTA Régészeti Intézet igazgatójának, Dr. *Mezősi Gábornak*, a SZTE Természettudományi Kar dékánjának, *Keveiné Dr. Bárány Ilonának* a SZTE TTK Földtani és Földrajzi Tanszékcsoport vezetőjének és Dr. *Bánffy Eszter*nek, az MTA Régészeti Intézet osztályvezetőjének tartozom köszönettel, mert tudományos és oktatási intézmények vezetőiként felismerték az ember és környezet hosszú távú kapcsolatát feltáró geoarcheológia, a környezettörténet, a régészeti geológia és a történeti ökológia fontosságát és minden segítséget megadtak, hogy ez a tudományterület méltó helyet kapjon a hazai kutatásban, oktatásban és ez a tankönyv elkészüljön. Hasonlóan fontos volt feleségemnek, *Törőcsik Tündének* a tankönyv egészére vonatkozó szakmai segítsége, munkám iránti türelme, kitartása. Biztatása és az általa kialakított, munkámat segítő, nyugodt családi légkör nélkül ez a tankönyv sohasem készült volna el. Dr. *Krolópp Endrének*, a Magyar Állami Földtani Intézet tudományos főmunkatársának, a Szegedi Tudományegyetem címzetes docensének, tudományos témavezetőmnek a speciális kollégiumoknál kezdődő, tudományos diákköri munka vezetésével, terepbejárásokkal, közös gyűjtésekkel folytatódó, majd a közös publikációkat követő aspiránsi témavezetésig terjedő, 20 évet átívelő közös munkát köszönöm, amely során atyai barátommal

és tudományos képzettségemet, szemléletemet alapvetően meghatározó személlyé vált életemben. Dr. *Hertelendi Edének*, MTA debreceni ATOMKI Könnyűizotóp Laboratórium nemrégén elhunyt vezetőjének köszönettel tartozom az izotóp-geokémiai vizsgálatok terén végzett közös munkáért, útmutatásért és a különböző szelvényeken végzett radio-karbon vizsgálatokért. Őslénytani, őségshajlati képzettségem és gerinces paleontológiai, elméleti jellegű tudásom jelentős részét Dr. *Kordos Lászlónak*, a Debreceni Egyetem magántanárának köszönhetem. Üledékföldtani ismereteimért Dr. *Kuti Lászlónak*, a Magyar Állami Földtani Intézet tudományos főmunkatársának, geomorfológiai ismereteimért, rétegtani és őségshajlati problémák iránti fogékonyságomért, pedig egykori professzoromnak, Dr. *Borsy Zoltánnak* tartozom köszönettel. *Bodor Elvirának*, a Magyar Állami Földtani Intézet palinológusának és *Félegyházi Enikőnek* a Debreceni Egyetem munkatársának köszönetet mondok az elmúlt években közösen végzett régészeti geológiai és történeti ökológiai munkákért. Köszönettel tartozom Dr. *Szathmáry Lászlónak* a Debreceni Egyetem docensének a tankönyvben megjelentett modellekkel, a mezolit és kora-neolit lelőhelyek őskörnyezeti viszonyaira vonatkozó kapcsolatos tanácsaiért és észrevételeiért. Hasonlóan fontosak voltak Dr. *Vörös Istvánnak*, a Magyar Nemzeti Múzeum gerinces paleontológusának a jászszági őskori lelőhelyekkel kapcsolatos észrevételei és tanácsai. A legmodernebb régészeti geológiai, környezetrégészeti, történeti ökológiai vizsgálati módszereket és ezekkel foglalkozó publikációkat *Björn Berglundtól*, a lundí egyetem professzorától, *Katherine Jane Willis*től, az oxfordi egyetem oktatójától, *Roger Langohrtól*, a genti egyetem professzorától, *Richard McPhail*től, a londoni egyetem kutatójától, *John Evans*től a cardiffi egyetem professzorától, *Nicol Limondin* francia malakológustól kaptam meg, illetve sajátítottam el a közös kutatómunka és a tanulmányutak során. *Katherine Jane Willis*nek, *Keith David Bennett*nek megköszönöm több közép-angliai régészeti lelőhely, köztük a neolitikus kőbánya, a Grimes Graves bemutatását. Külön megköszönöm a segítségét *Alasdair Whittle* cardiffi régészprofesszornak, akivel a „NATO for Peace” program keretében dolgozhattam együtt az ecsegfalvi Körös lelőhely feltárásán és régészeti geológiai feldolgozásán. Hasonlóan köszönetet mondok *Roy Tomlinson*nak, a belfasti Queen’s University adjunktusának az ír tölgyfaprogram és az észak-írországi régészeti lelőhelyek, köztük a Giants’ Ring bemutatásáért, míg *Olivia Bragg*nek, a dundee-i egyetem adjunktusának köszönettel tartozom a skóciai, lápos területekhez kötődő geoarcheológiai munkák és régészeti lelőhelyek, köztük neolitikus megalitok közé sorolt Camster Round and Camster Long temetkezési helyeinek bemutatásáért. Megköszönöm *Jörg Petrasch*-nak, a tübingeni egyetem docensének a fajszi régészeti lelőhelyeken végzett régészeti geológiai munkában nyújtott segítséget. Köszönettel tartozom *Katherine Jane Willis* és *Keith David Bennett* tanítványainak, *Adam Gardner*, *Guy Harrington*, *Richard Andrews* angol palinológusoknak a tarnabodi, siroki, vajai, csarodai lelőhelyek pollenanalitikai feldolgozásáért, amelyet British Council-OMFB által támogatott pályázat keretében végeztek el. Köszönettel tartozom azoknak a régészeknek, akik lehetőséget biztosítottak és önzetlen segítséget nyújtottak a különböző régészeti lelőhelyeiken a régészeti geológiai és történeti ökológiai vizsgálatok elvégzésére. MTA Régészeti Intézeti munkatársaimnak, Dr. *Bánffy Eszter*nek a Fajszi környéki, *Belényesi Károlynak*, *Marton Tibornak*, *Oross Krisztiánnak* a balatonszárszói, *Kiss Viktóriának* és *Kulcsár Gabriellának* a balatonszemesi régészeti lelőhelyek geológiai feltárásában nyújtott segítséget köszönöm.

Dr. *Kertész Róbert* szolnoki régésznek a jászági mezolit, tiszapüspöki neolit ásatásokon, Dr. *T. Dobosi Violának* a Magyar Nemzeti Múzeum régészének a jászági, tatai, püspökhatvani paleolit ásatásokon nyújtott önzetlen segítséget köszönöm. Dr. *Horváth Ferenc* szegedi régésznek, a Szegedi Tudományegyetem docensének a gorzsa és a Gorzsa környéki késő-neolit, valamint a csengelei kun vezér lelethez kapcsolódó ásatásokon, Dr. *Raczky Pálnak* az ELTE tanszékvezető docensének a Polgár–csőszhalmi késő-neolit ásatásokon a régészeti geológiai feldolgozási lehetőségeket és a feldolgozásokhoz nyújtott segítséget köszönöm. Dr. *Sz. Máthé Márta* debreceni régésznek a Polgár–Kenderföldi bronzkori tell, Dr. *Poroszlai Ildikónak* a szászhalombattai Matrica Múzeum igazgatójának a szászhalombattai bronzkori tell, *Vicze Magdolna* ősrégésznek a Benta–patak völgyi bronzkori lelőhelyek, *Koós Judit* miskolci régésznek a Szakáld–Testthalmi bronzkori tell, *Módyné Dr. Nepper Ibolya* debreceni régésznek a sárrétudvari Órhalom kurgán régészeti geológiai feldolgozásánál nyújtott segítséget köszönöm. *Nagy Emese*, *Hajdú Zsigmond* és *Dani János* debreceni régészeknek, a Déry Múzeum munkatársainak köszönettel tartozom, hogy a debreceni munkám során szinte valamennyi fontos régészeti lelőhelyükre, feltárásukra meghívtak és munkámról, tapasztalataimról folyamatosan konzultálhattam velük. Hajdú Zsigmondnak és Dani Jánosnak külön köszönöm a polgári Ásott-halom bronzkori tellen végzett régészeti munkában nyújtott segítséget. *Ilon Gábor* szombathelyi régésznek a dunántúli, szombathelyi, velemszentvidi, sárvári régészeti lelőhelyek környezetében elvégzett környezettörténeti munkák támogatását, a régészeti publikációkat, összefoglalókat, a régészeti geológia tárgy régész-technikus főiskolai képzésben történő bekapcsolását és a szakmai konzultációkat köszönöm. A bronzkori környezeti tényezők feltárásában igen sokat segített *Pusztainé Dr. Fischl Klárával*, miskolci régésszel folytatott konzultációk. Dr. *Pálóczi-Horváth Andrástól*, a Karoli Gáspár Egyetem tanszékvezető docensétől, a Mezőgazdasági Múzeum munkatársától és *Vályi Katalin* a szegedi Móra Ferenc Múzeum régészétől jelentős segítséget kaptam a visegrádi vár és a szentkirályi középkori kun település, illetve az ópusztaszeri monostor kútjának történeti ökológiai feldolgozásokor. A középkori történeti ökológiai tényezők megismerésében kiemelkedő segítséget kaptam *Molnár Erzsébettől* (Magyar Mezőgazdasági Múzeum) az esztergomi honfoglaláskori ásatások vezetőjétől, *Pusztai Tamástól* (Miskolc, Herman Ottó Múzeum) a középkori Muhi feltárását vezető régésztől, valamint *Lovász Emesétől* (Miskolc, Herman Ottó Múzeum) a mezőcsáti hun, avar és honfoglaláskori temető feltárójától. A középkori környezet megismerésében a legtöbb adatot, észrevételt és átfogó tanulmányokat *Torma Andreától*, a Magyar Mezőgazdasági Múzeum munkatársától kaptam. *Beszeda Imrén*nek, *Cserhádi Csabának* a DE Kísérleti Fizikai Tanszék munkatársainak a régészeti geológiai kutatások során elkészített pásztázó elektronmikroszkópiás felvételeket köszönöm. Szakdolgozó, tudományos diákköri munkát és PhD dolgozatot készítő egykori és jelenlegi hallgatóim közül *Borsos Sándornak*, *Cseh Attilának*, *Deli Tamásnak*, *Elek Zoltánnak*, *Horváth Krisztinának*, *Horváth Zoltánnak*, *Jakab Gusztávnak*, *Kelemen Ágnesnek*, *Kohán Zoltánnak*, *Kozák Jánosnak*, *Magyari Enikőnek*, *Molnár Sándornak*, *Nagy Antalnak*, *Öreg Jánosnak*, *Persaits Gergőnek*, *Rudner Zita Edinának*, *Sólymos Péternek*, *Szegvári Gabriellának*, *Szilassi Péternek*, *Tóth Csabának* tartozom köszönettel. Külön köszönöm *Kovács Béla* egykori biológia szakos hallgatónak, debreceni PhD hallgatónak az ópusztaszeri kútból előkerült halmaradványok meghatározását. Az itt felsorolt egykori vagy jelenlegi hallgatóim igen sokat segítettek a terepi munkákban, laboratóriumi feldolgozásokban és biztattak,

hogy ezt a tankönyvet készítem el. Külön köszönetet mondok *Kerekgyártó Gyulának*, jászberényi amatőr régésznek, számtalan jászági őskőkori lelőhely felfedezőjének, a jász-sági régészeti geológiai feldolgozása során nyújtott önzetlen segítségért, az ott bemutatott ötletekért és hasznos tanácsokért.

A tankönyv célja, hogy átfogó ismereteket nyújtson a régészeti geológiáról és a történeti ökológiáról. Ez nem könnyű feladat, mert ezek a tudományterületek a földtudomány szinte minden ágával, valamint a biológiával és a régészettel is közvetlen kapcsolatban vannak. Így rendkívül szerteágazó témakörökből, eltérő szemléletű publikációkból kellett kialakítani a tankönyv anyagát. Szándékom az volt, hogy az egyetemistáknak, a főiskolásoknak és az érdeklődőknek olyan sokoldalú megközelítést tartalmazó tankönyvet készítssek, amely révén szinte naprakész ismeretek birtokába juthatnak, így az ember és a környezet hosszú távú kapcsolatának, a régészeti geológiának és történeti ökológiának további tanulmányozása is lehetővé válik számukra. A geológus feladata Földünk múltjának vizsgálata, a jelenkori és az egykori geológiai folyamatok feltárása és leírása, Földünk múltjával kapcsolatos ismeretek oktatása. A geológiai rétegekbe zárt, ősmaradványokkal együtt eltemetődött emberi maradványok, eszközök, fajunk és az egykor élt emberfajták egykori életének és környezetének, majd környezet átalakító tevékenység nyomainak feltárása, tehát a régészeti geológiai munka, a geológustól, a paleontológustól több szempontból is többet kíván, mint egy átlagos geológiai feldolgozás. A geológus ekkor találkozik a jelenbe, jövőbe vezető múlttal azzal a részével, amely az embert mint élőlényt, egyént és kultúrahordozó személyt egyaránt közvetlenül érinti. Ugyanakkor geológiai mércével nézve időben és térben a legfinomabb léptékű geológiai megközelítést, a rendkívül gyorsan változó élőlény környezeti feltételeinek rekonstrukciója, a régészeti geológiai feldolgozások igénylik. Mégis a legtöbb bizonytalanságot – természettudományi oldalról nézve – ezek a munkák hordozzák. Ennek oka, hogy egy olyan rendkívüli módon alkalmazkodni képes, közösségekbe, társadalomba rendeződött, sokoldalú technikai eszközökkel rendelkező plasztikus élőlénynek, az embernek a környezetre gyakorolt hatását kell rekonstruálni, amelyre nézve csak bizonyos szempontokból igazak a természettudományban megismert és feltárt folyamatok.

Minden előbb felsorolt tényezőn, elképzelésen és az elvégzett munkákon túl ez a tankönyv egyben tisztelgés is őscink, a múltban élt generációk és emberek előtt, akik munkájukkal, hitükkel, hagyományaikkal, technikai és társadalmi megoldásaikkal fenntartották az emberek világát a legnehezebb körülmények között is anélkül, hogy elpusztították volna környezetüket vagy visszafordíthatatlan környezeti változásokat megindítva, lehetetlenné tették volna a következő, belőlük sarjadó generációk életét.

a szerző

„Ha a geoarcheológiának volt atyja,
akkor az Charles Lyell, a geológia megalapítója volt”
George Rapp, amerikai geoarcheológus, 1998

2. A régészeti geológia és a történeti ökológia kialakulása és fejlődése

A régészeti lelőhelyek tudományos feltárása, a különböző kő- és fémeszközök ásvány- és kőzettani elemzése és a lelőhelyek egykori környezetének geomorfológiai, geológiai, őslénytani rekonstrukciója XVIII. század folyamán kezdődött el. Az első régészeti geológiai jellegű tudományos tapogatózásnak tekinthetjük *Newton* 1690-ben végzett munkáját, amikor az ógörögökkel és az egyiptomi birodalmakkal kapcsolatos geokronológiai alapú számításokat készített, majd *Halley* angol természettudós 1720-as évek végén Stonehenge kőoszlopain kőzettani és ásványtani elemzéseket (petrográfiai) kutatásokat folytatott annak érdekében, hogy megtudja, honnan származott az oszlopok kőzetanyaga. Hasonlóan fontos, kiemelkedő tudománytörténeti tény, hogy a régészeti geológiai és történeti ökológiai vizsgálatokban kiemelkedő jelentőségű dendrokronológiai elemzések egyik legfontosabb vonására, az éghajlatnak a fák évgyűrűire gyakorolt hatására az ógörög *Theophrastus* már a Krisztus előtti 4. században felfigyelt. Hátrahagyott írásai alapján *Leonardo da Vinci* is foglalkozott az éghajlat és a fák évgyűrűi közötti összefüggéssel a XV. században.

Az ókori és középkori felismeréseket követően *Thomas Jefferson* (1743–1826), az Egyesült Államok harmadik elnöke, aki a könyvtárának a felhasználásával alapította meg a méltán híres kongresszusi könyvtárat, a XVIII. század végén egy kitűnő munkájában az indiánok által létrehozott mesterséges halom, „*mound*” elemzését mutatta be, ahol az előkerült kőeszköz anyag petrográfiai vizsgálata alapján pontosan rekonstruálta, hogy az Appalache-hegység melyik területéről származik a kőanyag. Itt kell megjegyeznünk, hogy *Michelli Mercatori* néhány kovaeszköz alapján 1590-es években megfogalmazott, de csak 1717-ben, posztumusz publikált gondolataiban már rámutatott, hogy a múltbeli emberek a vaskor előtt kőeszközöket használhattak a háborúik során.

Az első igazi áttörést a régészeti geológiai elemzések területén *John Frere* angol természettudós érte el, 1797-ben, a sulffolki Hoxne-ban, a kőeszközökkel együtt feltárt kihalt állatok csontjai alapján megállapította, hogy az eszközöket olyan emberek készítették, akik jóval a jelen világunk előtt éltek. Miért volt ez a megállapítás ilyen egyértelmű mérőföldkő a tudományos kutatásban? Mert a XVIII. század végén igen erőteljes viták folytak az ember származását illetően, és a különböző teremtményeszmék, köztük a Biblia és a megszületőben lévő és a polgári felvilágosodás filozófiai eszmeáramlatához is kapcsolódó természettudomány képviselői között, így a különböző leletek értékelését illetően erőteljes nézetkülönbségek alakultak ki.

Ugyanakkor voltak olyan törekvések, elsősorban a vallásos felfogású természettudósok között, akik szerették volna feloldani a neveltetésük és a tapasztalataik közötti konfliktust és ennek érdekében kidolgozták a *katasztrófa elméletet*. A természettudományi és a fundamentalista vallási felfogások keveredésére Oxford első földtan professzorának, *William Buckland* (1784–1856) munkája az igen jellemző példa. Buckland feltárt a walesi Pavi-land-barlangban egy vörös okkerrel leszórt csontvázat, paleolit kőeszközökkel, kihalt (mamut, gyapjas orrszarvú) állatok csontjaival együtt, amelyet „*Red Lady*”-nek nevezett el (ezek a maradványok később egy férfi csontjainak bizonyultak). A vallási fundamentalista felfogás alapján a paleolit emberi csontvázat Buckland a közelben lévő római katonai tábor markotányosnő maradványainak tartotta. A katasztrófa elméletnek ellenzői is voltak, köztük a legkövetkezetesebb, a Francia Tudományos Akadémia tagja, a természettudományok, köztük a paleontológia egyik halhatatlan lángelméje, *Jean-Baptiste Lamarck* volt, aki már 1809-ben megfogalmazta, hogy az ember nem teremtetett, hanem egy biológia faj az állatok rendszerében, amely évmilliók alatt fejlődött ki és különült el az állati ősektől. Ugyancsak Lamarck vetette fel először, hogy a pleisztocén (jégkori) nagyvadak kipusztulásáért az egykor élt emberek, vadászok is felelősek.

Frere a tudomány mai állásának megfelelő módon értelmezett leleteit követően egy francia amatőr természetbúvár és régész, az Abbeville-ben vámtisztviselőként dolgozó *Jaques Boucher de Perthes* (1788–1868) és barátja, *Casimir Picard* által a Somme folyó pleisztocén teraszain gyűjtött barlangi medve, gyapjas orrszarvú leletekkel együtt megtalált és 1837-ben publikált kőeszközök hozták lázba az akkori tudományos világot, bár ez elsősorban a heves tiltakozásban nyilvánult meg. A viták olyan mértékűek voltak, hogy két brit geológus, *Joseph Prestwich* és *John Evans* 1859-ben átkeltek a csatornán és megvizsgálták a leletek beágyazódási körülményeit, majd geológiai és őslénytani vizsgálataik nyomán támogatták a Pethres elképzeléseit a kihalt, jégkori állatokkal együtt élt múltbeli emberekről. Az eredetileg borkereskedő, majd 1874-ben az oxfordi egyetem geológus-professzorává avatott Joseph Prestwich még 1859-ben előadást tartott Londonban a Királyi Természettudományi Akadémián a pattintott kőkorszak emberéről és a kihalt állatokkal kialakított kapcsolatukról. 1864-ben a francia *Eduard Lartet* és *Henri Christy* a dél-nyugat-franciaországi La-Madeleinei-barlang feltárása során olyan mamutagyar darabot tártak fel, amelyet egy művészi mamutrész díszített. Ez a lelet megdönthetetlen bizonyítékot szolgáltatott, hogy a kihalt állatok és az emberek egy időben léteztek.

Közben *Charles Lyell* (1797–1875) brit geológus, a mai értelemben vett földtani kutatások megteremtője, megjelentette „*Principles of Geology*” (*Földtan alapelvei*) munkáját, amelyben rámutatott a katasztrófa elméletek tarthatatlanságára, felismerte és megfogalmazta a földtani múlt fogalmát. Lyell felélesztette és átalakította az angol *James Hutton* geológus (1726–1797) „*uniformitarianizmus (uniformizmus – egyöntetűség)*” elméletét, amelyet *aktualizmus* elvének nevezett el. Hutton a geológiai időskála kiterjesztését vette fel a XVIII. század közepén a Biblia magyarázók által terjesztett i.e. 4004 évvel szemben és a geológiai folyamatok folyamatos időbeli fejlődését is vallotta. Lyell 1858-ban tagja volt a Brixham-barlang jégkori rétegeiben paleolit eszközöket, kihalt állatok csontjait feltáró, *William Pengelly* vezette kutató csoportnak is. Majd 1859-ben de Pethres által tanulmányozott abbeville-i régészeti lelőhelyeket is megvizsgálta. A jégkori (pleisztocén) rétegekben kihalt állatokkal együtt betemetődött emberi csontok és kőeszközök, illetve az állatok csontjaiba vésett kihalt állatokról készült természetű ábrázolások alapján Lyell,

1863-ban megjelentette „*Geological Evidence of the Antiquity of Man*” című könyvét. Könyvében a kor több nagy gondolkodójához és kutatójához (Frere, Lamarck, Pethres, Prestwich) hasonlóan arra a következtetésre jutott, hogy a jégkorban, több ezer és több tízezer éve éltek már emberek. Így a földtani és régészeti múlt bizonyos mértékig átfedi egymást, a geológiai, őslénytani és régészeti tudományos megközelítési módok a múlt feltárása érdekében összekapcsolódnak és a geológia, az őslénytan fontos szerepet játszik a régészetben, a régészeti kutatásokban. A *geoarcheológia* tudományának születését Lyell ezen könyvének a megjelenésétől számíthatjuk.

A régészeti lelőhelyek archeozoológiai vizsgálata – elsősorban a kihalt makrogerinces leletek, valamint az ékszernek vagy táplálkozási céllal gyűjtött kagyló és csigaanyag feldolgozása – már a XVIII. század során, Cuvier és Lamarck munkája nyomán, megkezdődött. Ugyanakkor az első archeobotanikai adatokat *Charles Kuhn* közölte az egyiptomi piramisok temetkezési anyagából, ahol szárított gyümölcsöket, magvakat és terméseket írt le. Majd az osztrák *Franz Unger* (1800–1870) publikálta a salzkammerguti régészeti lelőhely kora-vaskori növényzetét, 1851-ben, később pedig ókori egyiptomi növényleleteket. Az első átfogó archeobotanikai feldolgozást, a svájci tóparti cölöépületek feltárása során előkerült növényi maradványokról a svájci paleontológus, *Oswald Heer* (1809–1883) publikálta 1865-ben. Ezt követően növényi maradványokat találtak és dolgoztak fel az egyiptomi, trójai és pompeji ásatásokon is (*Schweinfurt*, 1884, *Wirmack*, 1890, 1903). Ezzel egy időben kialakult az archeobotanikai kutatások egyik speciális iránya, az írott, *ethnobotanikai források* vizsgálata. Nyelvészek és botanikusok kezdték elemezni az ókori írott forrásokat, köztük a ma már klasszikusnak számító irodalmi munkákat, festményeket, sírrajzokat, kereskedelmi levelezéseket és több, a rómaiak, ógörögök, sumérok, hettiták, egyiptomiak és más, a leírásokban szereplő népek által termesztett növényt sikerült rekonstruálniuk.

A régészeti lelőhelyeken végzett geológiai és őslénytani vizsgálatok mellett a különböző korok emberei által készített eszközök ásványtani és geokémiai elemzése is megkezdődött. Az első ilyen irányú vizsgálatokat az érc- és bányatudományokban is jártas német természettudós *M. H. Klaproth* végezte el és publikálta 1796-ban. Elemzéseinek tárgya ógörög és római pénzérmék, illetve üvegárúk voltak. Klaproth munkáját követően *Humfrey Davy* 1815-ben az ókori, római festmények festékanyagának geokémiai elemzését végezte el, hogy a római birodalom korát meghatározza. Ezeket a munkákat követően került sor az első olyan ásatásokra, az ókori Babilon és Ninive területén, 1853-ban, ahol szoros kapcsolatot tartott fenn az ásatást vezető régész, a brit *Henry Layard* az eltemetett talajokat és üledékrétegeket elemző geológusokkal és a művészeti tárgyak, festmények ásványtani–kőzettani összetételét vizsgáló geokémiai, *archimetriai* elemzéseket végző szakemberekkel.

A XVIII. század második felében meginduló régészeti kutatásokat követően a kutatók már a XIX. század közepére felismerték, hogy a földtani és őslénytani vizsgálatok jelentős kronológiai, rétegtani, környezettani, ún. „*geoarcheológiai*” információkat hordoznak és jól felhasználhatók az emberi múlt feltárásában is. Ugyanebben az időben ismerték fel az ember által készített tárgyak geológiai (ásvány- és kőzettani, geokémiai), illetve őslénytani (pl.: bőr-, fa-, csonteszközök) vizsgálatának, az *archimetriai* elemzésnek a jelentőségét is, így nem véletlen, hogy a paleontológiai és földtani módszereket, megközelítési és gondolkodási módot egyre szélesebb körben használták fel a régészeti kutatásokban a múlt

század közepétől kezdődően. Sőt, az egyre gyarapodó őslénytani adatok nyomán egyre több természettudós ismerte fel a lehetőségét az élővilág, köztük az emberi nem fejlődésének, majd a korai megsejtéseket, gondolatokat, elképzeléseket *Charles Darwin*, *Thomas Huxley*, *Alfred Russell Wallace* és *Ernst Haeckel* foglalták össze a múlt század második felében és alakították ki munkáikkal az első tudományos megfogalmazását az élővilág különböző csoportjainak, köztük az emberi nem származásáról és fejlődéséről, az evolúcióról. Haeckel 1866-ban először említi meg a régészeti geológiai vizsgálatok szempontjából is fontos ökológia szót és definiálni próbálta jelentését is.

Bár a XIX. század kezdetén az őslénytan egyik megalapítója, Cuvier még tagadta a fosszilis ember létezését, de már a XIX. század során több olyan fosszilis embercsont előkerült a különböző korú geológiai rétegekből, amelyek cáfolták Cuvier véleményét. Az első főcmlős leleteket 1820-ban találták a Rajna menti Eppelsheimben pliocén képződményekben, majd hasonló korú főcmlős leletek kerültek elő 1835-től kezdődően a Sváb-Alb területén. A század közepén, 1856-ban találták az egyik legfontosabb XIX. századi fosszilis emberleletet (*Homo sapiens neanderthalensis*) a Düsseldorf melletti Neander-völgyben. Hasonló korú csontlelet, szinte teljes neandervölgyi koponya került elő 1848-ban a gibraltári Ördögtorony-barlangból is, de akkor még nem ismerték fel jelentőségét. A XIX. század legkiemelkedőbb fontosságú leleteit, neandervölgyi embernél idősebb korú, jávai majomember (*Pithecanthropus*), a később előembernek nevezett *Homo erectus* első maradványait a holland *Dubois* tárta fel a jávai Solo folyó Trinil meletti völgyében, 1891-ben.

Ugyanebben az időben jelentek meg a kiemelkedő, régészeti és geológiai vizsgálatokat és megfigyeléseket egyaránt végző kutatók. A legkiválóbbak, mint az amerikai *John Wesley Powell* (1834–1902), *William Henry Holmes* (1846–1933), vagy a brit *Augustus Lane-Fox Pitt-Rivers* (1827–1900) az egyes régészeti régiók, kőeszköz anyagok teljes körű geológiai, archimetriai feldolgozását, környezeti rekonstrukcióját, sőt a régészeti lelőhelyek térképezésének módszereit a lehető legrészletesebben kidolgozták. Munkáikra, módszertani újításaikra alapultak a XIX század második felének és a XX. század első felének régészeti geológiai kutatásai.

A régészeti geológiai vizsgálatok szempontjából is kiemelkedő fontosságú volt a régészeti alapú rétegtani vizsgálatok, az *archeosztratigráfiának* a kialakulása, mert a régészeti időskála – amely része a geokronológiai skálának – logikai és gondolkodási alapot, kapcsolatot teremtett a geológusok és a régészek között. Az első régészeti rétegtani gondolatokat, a kőkör, rézkör, bronzkor és vaskor felosztását *Antoinet Ives-Gouget* közölte posztumusz íásaiban, 1758-ban. Ezt a rendszert vette át és módosította a dán *Christian Jørgensen Thomsen* (1788–1865) előbb dán nyelven 1819-ben, majd később angol nyelven megjelent „*Vezető az északi régiségekhez*” című munkájában, ahol a kiállítási tárgyakat úgy osztályozta, hogy a kőkorból, bronzkorból, vagy a vaskorból származtak. Thomsen munkáját követően 1865-ben *John Lubbock* jelentette meg a *Prehistoric Times* (*Történelem előtti idők*) elnevezésű monográfiáját, amelyben régészeti és geológiai munkák alapján a kőkort őskőkorra (paleolitikumra) és újkőkorra (neolitikumra) osztotta, majd *Edward Lartet* és *Gabriel de Mortillet* a paleolitikumot elsősorban geokronológiai vizsgálatok alapján, alsó, középső és felső szakaszra osztották. Hasonló következtetésre jutott a skót származású *James Geike*, a XIX. század egyik legkiemelkedőbb, negyedidőszaki képződményekkel fogl-

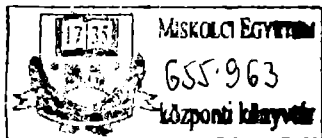
lalkozó geológusa (= quartergeológusa) is, a „*The Great Ice Age and its relation to the Antiquity of Man*” (*A nagy jégkorszak és kapcsolata az ember múltjával*) elnevezésű művében.

Kiemelkedő jelentőségű a magyarországi régészeti célú őslénytani vizsgálatok szempontjából egy keszthelyi tanár, *Deininger Imre* (1844–1918) munkássága, aki elsőként végzett régészeti lelőhelyről (Aggteleki-barlang, 1876) előkerült növénymaradványok alapján archeobotanikai elemzést hazánkban. Munkáival – amelyek szinte egy időben született a nemzetközi archeobotanikai kutatások első eredményeivel – a felsődobszai, tószegi, tornai és lengyeli bronzkori és neolit régészeti lelőhelyek növénymaradványainak feldolgozásával alapozta meg az archeobotanikai kutatásokat Magyarországon. A magvak, termések elemzése mellett *Deininger* faszén határozásokat is végzett már 1891-ben. Így Magyarországon a negyedidőszaki paleobotanika vizsgálatok, a régészeti célú karpológiai és anthrakológia elemzések megindítása egyaránt *Deininger Imre* nevéhez fűződnek.

A régészeti lelőhelyeken előforduló gerinces maradványok, paleozoológiai, archeozoológiai vizsgálata már a XIX. században elkezdődött, bár még viszonylag kevés régészeti lelőhelyről származó csontleletet vizsgáltak meg a kutatók. Ennek a korszaknak a jeles gerinces paleontológusai, a svájci *Rütimeyer*, a dán *Steenstrup*, a magyar *Petényi Salamon János*, *Kubinyi Ferenc* voltak. A magyar gerinces paleontológusok munkája nyomán, a magyarországi régészeti kutatások vezéralakja, *Rómer Flóris* vezette Magyar Tudományos Akadémia Archeológiai Bizottsága már 1867-ben javaslatot tett régészeti lelőhelyeken található konyhahulladékok maradványainak feldolgozására, az archeozoológiai kutatások megalapítására. A régészeti célú zoológiai vizsgálatok egyik speciális iránya is kialakult a XIX. század végén, megkezdődött a zoomorf tárgyak, faragványok, vésetek és barlangi festmények elemzése.

Az első régészeti lelőhelyről származó malakológiai anyagokat *Japetus Steenstrup* (1837) és *Charles Darwin* (1839) határozták meg, amikor az egykori emberi közösségek által felhalmozott kagylóhalmokat tártak fel Dániában és Chilében. 1843-ban az amerikai *Vanumex* osztrigahalmokat mutatott ki az amerikai New Jersey államban, az ausztráliai *Gunn* pedig kagylóhéj halmokat térképezett Tazmániában. A dán kormány megbízásából 1848-ban a világ első *geoarcheológus* csapata (a régész *Vorsaae*, a paleontológus *Steenstrup* és a geológus *Forchhammer*) feldolgozza és publikálja a dániai kagylóhalmokban található régészeti lelőhelyek egy részét (1851–1857). A német *A. Braun* már több százezer, vízi és szárazföldi, negyedidőszaki rétegekből származó puhatestűt vizsgált meg és ezzel megalapozta a negyedidőszaki képződmények malakológiai vizsgálatát. 1879-ben a japán *Omori* már összefoglaló munkát jelentetett meg a világ különböző részein található, emberek által felhalmozott csiga- és kagylóhalmokról, sőt 1892-ben *Statham* már mennyiségi és ennek alapján kronológiai becsléseket is végzett az ausztráliai kagylóhalmokon.

Brit paleontológusok dolgoztak fel először régészeti geológiai szempontból is fontos negyedidőszaki rétegekből származó bogárleleteket (*Bolton*, 1862, *Wollaston*, 1862), majd a francia *Flèche* (1875), a német *Flach* (1884), *Schaff* (1892), a lengyel *Lomnicki* (1894), a dán *Wesenberg-Lund* (1896), a finn *Andersson* (1898) végzett régészeti és történeti geológiai szempontból is alapvető jelentőségű paleoentomológiai kutatásokat. Az amerikai kontinensen az Amerikai Egyesült Államok Geológiai Szolgálatának paleontológusa, *Samuel H. Scudder* publikálta az első negyedidőszaki bogármaradványokat 1877-ben. Régészeti lelőhelyről származó bogármaradványokat először *Strobel* és *Pigorni* tárta fel egy itáliai régészeti lelőhelyen, 1864-ben.



A XIX. század végére tehát kikristályosodott a régészet tudománya és a legalapvetőbb ásatási módszerek. Ugyancsak kialakultak azok a legfontosabb őslénytani és geológiai módszerek is, amelyek segíthetik a régészeti feldolgozást. A kutatók felismerték a geológiai múltat, ezen belül elkülönítették a legfiatalabb, napjainkban is tartó negyedidőszaknak nevezett részt, amelyben megjelent és felemelkedett az emberi nem és leírták a legfontosabb negyedidőszaki képződményeket, rétegtani egységeket. A század közepétől már egyértelműen megfogalmazták azokat a földtani folyamatokat, amelyek ezeket a képződményeket kialakították. A geológusok és a régészek munkája eredményeként felismerték, hogy az emberi leletek, telepjelenségek, eszközök a negyedidőszaki rétegekbe zárva maradtak fenn. Felismerték az egyes területek jellegzetes morfológiai egységeit, a globális változások közül a tengerparti rendszerek és a szárazföldi jégtakaró változásait. Ugyanakkor nem alakult még ki egységes szemlélet a tudományos módszereket illetően, amelyekkel a negyedidőszaki földtani, őskörnyezeti és őség-hajlati változásokat vizsgálni lehetett volna és hiányzott az átfogó, globális, földtani–őslénytani–morfológiai modell és világkép is. A negyedidőszaki geológiai és paleoökológiai vizsgálatokról, módszerekről, a negyedidőszak kutatástörténetéről önálló tankönyvet jelentetett meg a JATEPress 2001-ben „*A negyedidőszak földtani és őskörnyezettani alapjai*” címmel. Ebben a tankönyvben a negyedidőszaki képződmények felfedezését részletesen taglalták, ezért itt csak azokra a legfontosabb negyedidőszaki kutatási eredményekre utalunk, amelyek közvetlen kapcsolatban vannak a régészeti geológiai vizsgálatokkal.

A XX. század kezdetén egy svéd geológus, *Gerard Jacob de Geer* (1858–1943) közli kutatási eredményeit a jégtakaró peremén kialakult tavakban lerakódott üledékről, az évszázakos változásokat visszatükröző varvról (1912). Majd de Geer tanítványa, *Ernst Antevs* az 1920-as években már kiterjesztette a varvok vizsgálatait az észak-amerikai glaciális tavak üledékeire is. Szinte valamennyi, limnikus, colikus, fluviális, teresztrikus rétegsort elemző, az egykori környezet rekonstrukciójának szempontjából fontos üledékföldtani vizsgálat kiemelkedő jelentőségű régészeti szempontból. Mégis a régészeti leleteket bezáró üledékrétegnek, általában az egykori talajoknak a vizsgálata a legjelentősebb régészeti geológiai elemzés. Az orosz Dokucsáev által már XIX. század második felében megkezdett talajgenetikai elemzések, a talajok, fosszilis talajok geológiai vizsgálata közül kiemelkedő jelentőségű a talajok vékonycsiszolatos vizsgálatán alapuló mikromorfológiai elemzés. Az első talaj-vékonycsiszolatokat a magyar *Vendl Aladár* készítette 1916-ban, de a talaj-mikromorfológiának, mint önálló szakterületnek a megjelenését az amerikai *Kubiena* 1938-ban készített „*Micropedology*” című munkájától számítják nemzetközi szinten. A kezdetben egyoldalúan talajgenetikai, ásványtani célú mikromorfológiai kutatásokat a XX. század második felében a nemzetközi szinten koordinált talajkutatás, köztük a fosszilis talajok teljes körű mikromorfológiai kutatása váltotta fel és kialakultak a régészeti szempontból is fontos tudományos műhelyek és iskolák. Régészeti geológiai szempontból a legjelentősebbek *Peter Goldberg*, *Richard McPhail*, *Roger Langohr* és a Svájcban dolgozó *Becze-Deák Judit* mikromorfológiai kutatásai. Hazánkban *Szendrei Géza* végzett alapvető jelentőségű mikromorfológiai kutatásokat, napjainkban pedig *Horváth Zoltán* (ELTE) és *Dobó Krisztina* dolgozott fel több régészeti lelőhelyet mikromorfológiai szempontból.

Az ősnövénytani kutatásokban is igen jelentős előrehaladás következett be a svédországi kutatások eredményeként. *Carl Filíp Gunnar Andersson* (1865–1928) 1897 és 1906 között, majd 1908-ban a *Rutger Sernander* (1866–1944), ezt követően 1916-ban a geo-

lógus *Lennart von Post* (1884–1951) közli egy új módszernek, a virágporszem meghatározásnak és értékelésnek az alapjait. Von Post pollenanalitikai adatok alapján először ismeri fel és írja le a legfontosabb éghajlati és vegetációs fázisokat, valamint körvonalaazza az egyes kultúrák növényzetre gyakorolt hatását a Skandináv-félsziget déli részén. A svéd geológus ezzel egy nemzetközi tudományos iskolát teremtett, amely igen jelentős hatással volt a többi skandináv, holland, angol, német, amerikai, lengyel, cseh, magyar paleobotanikusokra, a régészeti kultúrák őskörnyezeti hátterét vizsgáló kutatókra.

Ennek a skandináv negyedidőszaki paleobotanikai kutató iskolának folytatója lett a dán geológus, *Johannes Iversen* (1904–1971), az angol *Harry Godwin* (1901–1985), a svéd *Gunar Erdtman* (1897–1973), az osztrák *Franz Firbas* (1902–1964), a svájci *Werner Lüdi* (1888–1968), a német *Fitz Overbeck* (1898–1983), lengyel *Wladislaw Szafer* (1886–1970) és *Zólyomi Bálint* (1905–1995). A virágporszemek, spórák, pernyeszemcsék elemzését, Földünk vegetációjának emberi hatásra történő átalakulását, a különböző természetű növények kialakulását és terjedését – virágporszemcsék alapján – ezek a kutatók kezdték el vizsgálni a XX. század kezdetén. Munkájuk, valamint tanítványaik munkája nyomán, a svájci, skandináv alapítású negyedidőszaki paleobotanikai, pollenanalitikai iskolának szervez folytatása a napjainkban zajló pollenanalitikai és paleobotanikai munka is. Magyarországon az első pollenanalitikai elemzéseket *Moesz Gusztáv* (1926) és *Szepesfalvi János* (1928) készítette, majd Zólyomi Bálint dolgozott fel több pollenfűrást 1929–1995 között. A Magyar Állami Földtani Intézet palinológusai (*Lőrincz Hajnalka*, *Nagyné Bodor Elvira*), a debreceni geográfusok és paleontológusok (*Csinády Gerő*, *Félegyházi Enikő*, *Magyari Enikő*, *Vozáry Tibor*), a budapesti Természettudományi Múzeum munkatársai (*Járainé Komlódi Magdolna*, *Medzihradsky Zsófia*), és szegedi kutatók (*Juhász Imola*, *Kiss Tímea*, *Miháltzné Faragó Mária*) végeztek, illetve végeznek régészeti szempontból is jelentős pollenanalitikai tevékenységet Magyarországon. Munkájuk nyomán az egyes kárpát-medencei kultúrák éghajlati, környezeti viszonyainak rekonstrukciójában jelentős eredményeket mutattak fel.

A pollenanalitikai vizsgálatok megjelenése és kiteljesedése mellett az anthrakológia tudomány is tovább fejlődött. A XIX. század végén és a XX. század kezdetén felismerték, hogy a földrengések megváltoztatják a mérsékletövi fák évgyűrű szerkezetét, így a fosszilis fák ilyen irányú elemzése alkalmas a múltbeli földrengések rekonstrukciójára. A földrengések fák évgyűrűjére gyakorolt hatását először Lyell vetette fel 1849-ben, majd a skót származású geológus, *McGee* (1892) az évgyűrűk számolása alapján kiszámolta a fák elpusztulásának idejét és ezeknek az adatoknak a felhasználásával rekonstruálta a középkori Új-Madridot elpusztító földrengés idejét. Ezt követően *Lawson* (1908), majd *Fuller* (1912) közöltek alapvető ismereteket a földrengéseknek a fák évgyűrűs szerkezetére gyakorolt módosító hatásairól. A precíz *dendrokronológiai* elemzés alapjait, az első, élő és elpusztult fák alapján történő kereszt dátumozást és a Napnak a mérsékeltövi fákra gyakorolt hatását *E. A. Douglass* amerikai csillagász ismerte fel és dolgozta ki 1910 és 1940 között. Ugyancsak Douglass fejlesztette ki azt a mintavétőt, amelyet standard eszköz napjaink dendrológiai kutatásaiban, így a napjaink dendroklimatológiai, dendrokronológiai, dendrosztratigráfiai kutatásai Douglass munkáin alapulnak. Magyarországon *Hollendonner Ferenc* folytatta Deininger úttörő jelentőségű munkásságát és kiemelkedő anthrakológiai munkát végzett a XX. század első felében. Előbb recens anyagokon módszertani megoldásokat, majd határozókönyvet készített, ezt követően a pilisszántói kőfűlke faszén anyagát kö-

zölte. Az 1930-as évektől kezdődően előbb *Sárkány Sándor*, *Greguss Pál*, majd *Stieber József*, *Horváth Ernő* közöltek, napjainkban pedig *Babos Károly*, *Rudner Edina* és *Grynaeus András* közölnek alapvető megállapításokat a negyedidőszaki, köztük régészeti lelőhelyekről, vagy régészeti kultúrákkal összefüggésben lévő lelőhelyekről származó fás szárú maradványokról.

Kiemelkedő jelentőségű régészeti és geológiai kutatások indultak meg *Hermann Ottó* természettudós kezdeményezését követően, a Magyar Állami Földtani Intézet vezetésével, az 1893-ban a miskolci „*Bársony-ház*” alapozásánál előkerült kőszakóca leletekkel kapcsolatban. *Böckh János* igazgató megbízásából előbb 1905-ben *Papp Károly* geológus a Miskolc környéki negyedidőszaki képződmények vizsgálatát kezdte el, majd 1906-ban *Kadić Ottokár* indította el a barlangi ásásokat és a Szeleta-barlang zavartalan pleisztocén rétegeiben igen jellegzetes palcolit eszközkökre bukkantak. Ezt követően a barlangi ásások hatására egyre gyorsabb ütemben gyarapodó ősrégészeti és gerinces-paleontológiai anyag több hazai szakembert csábított erre a kutatási területre, köztük *Hillebrand Jenőt*, a későbbi évtizedek vezető ősrégészét. Kadić Ottokár az ősrégészeti kutatásokon túl igen jelentős utánpótlást nevelő munkát is végzett a gerinces paleontológiai területén. Tanítványai, *Kretzoi Miklós*, *Mottl Mária*, *Tasnádi Kubacska András*, *Bogsch László*, a későbbi, napjainkig tartó évtizedek vezető kutatói lettek. Szinte a barlangi ásásokkal egy időben kezdte el munkáját és publikációs tevékenységét *Kormos Tivadar*, a Magyar Állami Földtani Intézet geológusa. Kezdetben alapvető vizsgálatokat végzett a negyedidőszaki rétegekből előkerült puhatestű faunával kapcsolatban, majd feltárta és régészetiileg is leírta a tatari ősember telephelyet. Munkája kiemelkedő jelentőségű a magyarországi régészeti geológiai vizsgálatok szempontjából, mert először mutatott rá az őskörnyezeti csoportmunka előnyeire és a Papp Károly, Kadić Ottokár által megkezdett régészeti geológiai vizsgálatokat Magyarország más területeire is kiterjesztette. Kormos Tivadar és Kadić Ottokár a XX. század kezdetén a magyarországi régészeti geológiai vizsgálatok vezetői szakemberei, a hazai régészeti geológiai vizsgálatok megalapítói voltak.

A második világháborút követően a nemzetközi régészeti kutatásokban a kulturális ökológiai megközelítések (amerikai *Julian Stewart*, 1902–1972) kerültek előtérbe, amelynek a célja az volt, hogy az egyes kultúráknak a környezethez történő alkalmazkodási, ún. „*adaptációs*” folyamatait rekonstruálja. Szinte ugyanebben az időben, de Stewarttól függetlenül *Graham Clarke* brit régész is bevonta munkájába a természettudományos szakembereket és régészeti terepmunkával egybekötött őskörnyezeti munkákat kezdett el. Az őskörnyezeti változások mellett az egykori táplálkozási szokásokat, a környezetnek az egyes kultúrák éttrendjére gyakorolt hatását kezdte vizsgálni. A kulturális ökológiai irányzat kialakulásával párhuzamosan az amerikai *Willard Libby* (1908–1980) munkája nyomán a régészeti lelőhelyek kronológiai összehasonlításának egyik legfontosabb módszere, a radiokarbon vizsgálatok is kialakultak, így a globális régészet összehasonlítási alapja ekkor alakult ki.

A XX. század második felében a vadon termő, termesztett és gyomnövényekből levonható környezet-, éghajlat-, gazdasági és vegetációtörténeti célok kerültek előtérbe és a geobotanikai feldolgozás módszertani tekintetben egységessé vált és feltérési, feldolgozási módszerek standardizálódása megteremtette az egyes lelőhelyek összehasonlításának alapját, a korrelatív értékelés lehetőségét. Ennek a munkának az eredményeként kezdetben a paleobotanikai elemzések alapján lokális, regionális és globális környezetrekonst-

rukciós munkákat készítettek majd a baseli, stuttgarti, kielői és többi tudományos műhelymunka eredményeként a régészeti lelőhelyeken végzett, agrártörténeti célokat is magában foglaló archeobotanikai vizsgálatok fokozatosan elkülönültek a háttér lelőhelyeken végzett negyedidőszaki paleobotanikai, geobotanikai vizsgálatoktól. Hasonló differenciálódási folyamatokat lehetett megfigyelni a negyedidőszaki gerinces paleontológiai, paleozoológiai és az archeozoológiai kutatások esetében is. A második világháborút követő, döntően csoportmunkában végzett paleobotanikai, geobotanikai, archeobotanikai, valamint paleozoológiai, archeozoológiai kutatások eredményeként sikerült konkrét leletanyaggal tisztázni a korábbi elméleti kérdéseket és rekonstruálni az egyes domesztikációs, növénytermesztési centrumokat, valamint a centrumokból történő termesztett és tenyésztett élőlények terjedését, diffúzióját. Ezekhez a nemzetközi vizsgálatokhoz kapcsolódott a magyarországi régészeti, ökoszisztémái lelőhelyek feltárásával, elméleti megközelítésekkel *Hartyányi Borbála*, *Füzes Miklós*, *Nováki Gyula*, *Patay Árpád* archeobotanikai, *Skoflek István* paleobotanikai és archeobotanikai, *Schermann Szilárd*, *Brecher Gyula*, *Mándy György*, *Belea Adonisz* agrártörténeti, taxonómiai munkái az 1950-es évek végétől kezdődően. Napjainkban *Bajzáth Judit*, *Berzsenyi Brigitta*, *Dálnoki Orsolya*, *Gyulai Ferenc*, *Jakab Gusztáv*, *Torma Andrea* végez igen fontos karpológiai és paleobryológiai (mohamaradvány) elemzéseket a növényzeti változások, az egykori növénytermesztés jobb megismerése érdekében.

A különböző ökoszisztémái lelőhelyekről, barlangi, folyóvízi környezetből, löszös rétegekből, fúrásokból származó gerinces leletek feldolgozásával *Kretzoi Miklós*, *Jánossy Dénes* végzett kiemelkedő jelentőségű paleozoológiai munkát. Kretzoi Miklós az ökoszisztémái lelőhelyek mellett jelentős számú paleolit, mezolit lelőhelyet dolgozott fel *Vértess László* régésszel együtt. Legjelentősebb közösen végzett munkáik, a vértesszőlősi alsó-paleolit, a tatai középső-paleolit, a bodrogkeresztúri felső-paleolit, a szekszárdi mezolit lelőhelyek feldolgozása volt. Kretzoi Miklós alapozta meg a régészeti szempontból fontos magyarországi negyedidőszaki gerinces alapú biosztratigráfiát, a holocén felosztását, és éghajlati rekonstrukcióját és Vértesszel együtt megalapozta a hazai archeosztratigráfiát. A nemzetközi szinten is kiemelkedő jelentőségű kutatómunka mellett Kretzoi Miklós jelentős oktatói tevékenységet is végzett. Az általa alapított, a régészeti lelőhelyek feldolgozása szempontjából fontos gerinces paleontológiai tudományos iskolát, a nemzetközileg is elismert munkát végző tanítványai, *Kordos László*, *Vörös István* vitték tovább. Munkája, eredményei nyomán a XX. század második felének legkiemelkedőbb magyar tudományos kutatójának, paleontológusának, paleoanthropológusának, régészeti geológusának tekinthetjük Kretzoi Miklóst. Munkájának hatása valamennyi, napjainkban készült hazai régészeti geológiai, történeti ökológiai munkában kimutatható. A paleozoológiai vizsgálatok mellett, az 1950-es években *Bökönyi Sándor* és *Matolcsi János* alapvető jelentőségű munkái nyomán kialakult a háziállatoknak, fiatalabb régészeti korok vadászott állatainak és csontmaradványaiknak a kutatási iránya, a gerinces maradványok archeozoológiai vizsgálata is. Bökönyi és Matolcsi munkáit napjainkban *Bartosiewicz László* és felesége, *Alice Choyke* folytatja.

A XX. század kezdetén *Kormos Tivadar*, *Rotarides Mihály*, a brit *Alfréd Kennard*, a német *Geyer* vizsgált meg különböző negyedidőszaki, köztük a régészeti lelőhelyekről származó Mollusca anyagokat, majd ezt a munkát az angol *B. W. Sparks*, *M. P. Kerney*, *Richard Preece*, *Robert Keen*, a francia *D. D. Rousseau*, *Nicol Limondin*, a holland *Tom Meier*, a cseh *Vojen Ložek* és a magyar *Krolopp Endre*, *Fűköh Levente* folytatta. Ezek a kutatók elsősorban a pleisztocén és holocén rétegekből előkerült Mollusca-fauna alapján levonható, régészeti

szempontból is fontos rétegtani és ökoszisztémái problémákkal foglalkoztak, illetve taxonómiai vizsgálatokat végeztek. A régészeti szempontú, modern malakológiai kutatásokat a brit *John Evans* alapozta meg 1972-ben a „*Land Snails in Archeology*” című munkájával. Majd a történeti ökológiai és régészeti geológiai szempontú, etnozoológiai célú malakológiai kutatások a XX. század második felében indultak látványos fejlődésnek, amikor a recens biológiai vizsgálatokkal sikerült tisztázni az egykoron különböző étkezési vagy díszítési céllal begyűjtött kagylók és csigák fenológiai, növekedési tulajdonságait. Napjainkban nemzetközi szinten a brit *Bailey, Gilbertson, Margaret Deith, Rowley-Conwy*, valamint a magyar *Krolopp Endre* végeznek kiemelkedő jelentőségű, malakológiai alapú régészeti geológiai és történeti ökológiai munkát régészeti lelőhelyeken. A malakológiai vizsgálatokban a paleozoológiai és az archeozoológiai kutatások még nem váltak úgy el egymástól, mint azt megfigyelhettük a gerinces anyag feldolgozása területén.

A bogármáradványok XIX. században megkezdődött vizsgálata a XX. században is folytatódott amerikai *Cockerell* (1911), a svéd *Hendriksen* (1933), *Carl Lindroth* (1930-as és 40-es évek) munkájával. A második világháborút követően a birminghami egyetem Geológiai Tanszékén *Fred Shotton, Russell Coope* és *Peter Osborn* munkája nyomán alakult ki paleoentomológiai iskola. Észak-Amerikában *John Matthews* (Kanadai Geológiai Szolgálat, Ottawa), *Randall Miller* (Geológiai Tanszék, New Brunswick), *Allan Ashworth* (Geológiai Tanszék, Dakota Egyetem, Fargo), *Robert Nelson* (Geológiai Tanszék, Maine) munkája igen jelentős a nemzetközi paleoentomológiai kutatások szempontjából. Régészeti célú entomológiai vizsgálatokat pedig elsősorban *Harry Kenward* (York) végez napjainkban. Magyarországon a negyedidőszaki képződményekből, régészeti lelőhelyekről ritkán kerülnek elő bogármáradványok, éppen ezért rendkívül jelentősek a szerző egykori hallgatójának, a debreceni *Elek Zoltánnak* az ópusztaszeri középkori lelőhelyekről származó, a tankönyvben is tárgyalt bogárfeldolgozásai és történeti ökológiai értékelései.

A régészet lelőhelyeket, régészeti leleteket, a leleteket bezáró üledékes kőzeteket, a régészeti szempontból jelentős, háttér jellegű negyedidőszaki ökoszisztémái lelőhelyeket feldolgozó természettudományos, valamint a régészeti feltáró módszerek fejlődése, régészek és a geológus, paleontológus, geokémikus, geofizikus szakemberek szemléleti váltása a második világháborút követően felgyorsult. A szemléletváltásban igen jelentős szerepet játszott, hogy a kutatók száma globális szinten ugrásszerűen megemelkedett és 1960–1980 között már ugyanannyi kutató foglalkozott régészeti és régészeti geológiai, környezetrégészeti kutatásokkal, mint az azt megelőző 200 évben együttesen. A kutatók számának növekedésével egy időben épült ki a nyugat-európai, amerikai, távol-keleti autópályák jelentős része is, és ezekhez az építkezésekhez jelentős, nagy felületű régészeti feltárások kapcsolódtak. Ennek következtében a régészeti lelőhelyekről, az egykori társadalmakról, kultúrákról, a környezetükkel kialakított viszonyukról minden eddigi mértéket meghaladó régészeti és régészeti geológiai adat halmozódott fel. A felhalmozódott igen jelentős mennyiségű adat feldolgozását segítő számítógépes megoldások és a tudományban az indukció mellett kialakult, az indukciós megközelítéseket vitató tudományfilozófiai irányzat a falszifikáció, valamint a kaosz jelenségének felfedezése megváltoztatta a tudományos felfogást és a régészet tudományát. Az 1960-as években a fiatal angolszász régészek, az amerikai *Lewis Binford*, az angol *David Clark, Colin Renfrew* vezetésével szakítottak az addigi régészeti kronológiával és régészeti megközelítési módokkal és tudománytörténeti szempontból is jelentős változást alakítottak ki, létrehozták az ún. „újrégé-

szeti” kutatási irányt. A természettudományi módszerek teljes tárházát hasznosító újrégészet szerint a régészet szerepe nem egyszerűen a múlt és az akkor élt emberek életmódjának feltárásában merül ki, hanem a múlt változásainak magyarázatát is meg kell adniuk. A hagyományos régészetet úgy tekintették, mint ami történeti magyarázaton alapul, addig az újrégészet kulturális folyamatokban, vagyis gazdasági és társadalmi rendszerekben, azok változásaiban gondolkodik. Ezeket a kulturális, gazdasági és társadalmi változásokat modellek felállítására, következtetések levonására, a modellek, hipotézisek tesztelésére alapozták. Az újrégészeti szemléletmód terjedése következtében a globális régészet kialakulásának lehetősége teremtmódott meg és ez a világrévészet komoly, szinte korlátlan lehetőséget teremtett napjainkban a régészeti geológiai, történeti ökológiai vizsgálatok és a vizsgálatokat végző geológusok, paleontológusok, geokémikusok, paleoökológusok számára. Hazánkban az újrégészeti irányzathoz kapcsolódó kutatásokat *Andrew Sherratt* angol régész expedícióit és publikációit (1979–1982) követően került sor és ehhez az irányhoz csatlakozóan, környezetrégészeti szempontból *Jerem Erzsébet* és természettudományi kutatócsoportjának (*Facsar Géza, Kordos László, Krolopp Endre, Vörös István*) Sopron–Krautacker régészeti lelőhelyen végzett kutatásait (1983–1986), valamint az MTA Régészeti Intézetének *Bökönyi Sándor* vezetésével kialakított kutatócsoportjának vizsgálatait tekinthetjük a hazai újrégészeti kutatások környezetrégészeti szempontú bevezetésének. A hazai újrégészeti kutatás folytatásának tekinthető Ilon Gábor régész által vezetett Gőr–Kápolnadombi régészeti feltárás (1988) részletes természettudományi feldolgozása is. Napjainkban az MTA Régészeti Intézet és a Somogy Megyei Múzeumok Igazgatósága vezette balatoni, az ELTE Régészeti Tanszéke és a Hajdú-Bihar Megyei Múzeumok Igazgatósága vezette Polgár környéki, valamint a Csongrád Megyei Múzeumok Igazgatósága irányította autópályás ásatásokhoz kapcsolódóan végeztek „újrégészeti” típusú megközelítést.

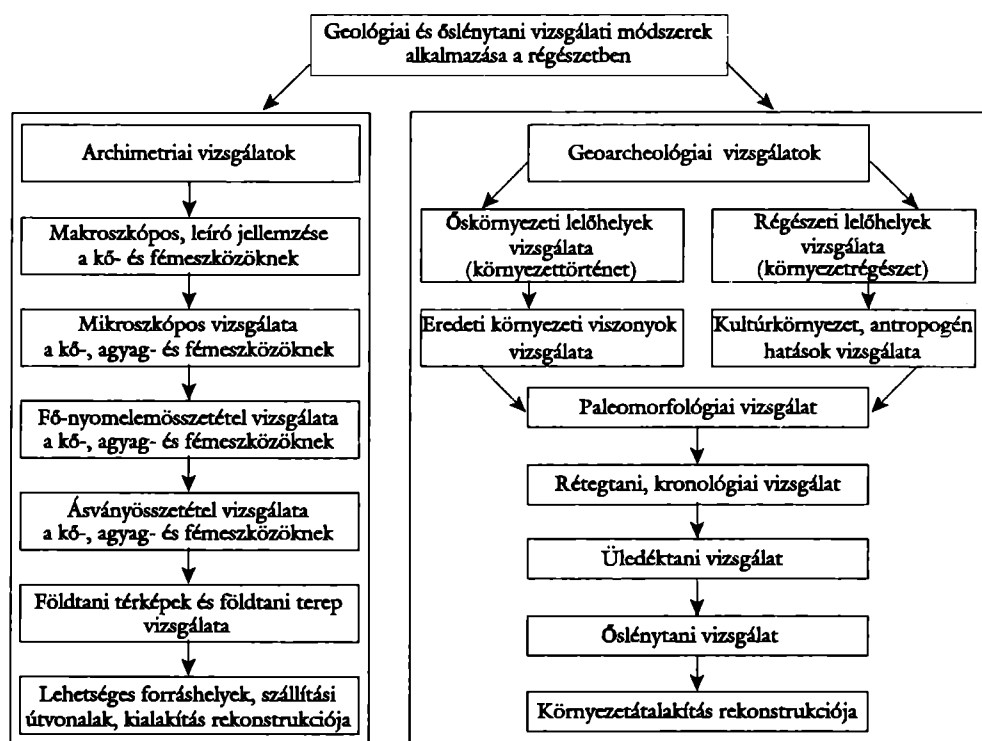
„Az elméleti vizsgálataik alapján a kutatók jelentős része azt állította, hogy a papírusból készült kötegeim 1 hét alatt átáznak és elsüllyednek.

Véleményük ellenére a Ra II papíruszhajó 57 nap alatt 3200 tengeri mérföldet megtéve átszelte az Atlanti-óceánt.”

Thor Heyerdahl, 1970

3. A régészeti geológia és a történeti ökológia vizsgálati módszerei

A régészeti geológia elsősorban geomorfológiai, geológiai és őslénytani vizsgálatokon, különböző geológiai, geofizikai, geokémiai, őslénytani, archeobotanikai és archeozoológiai módszerek használatán alapul (1. ábra). A régészeti geológia, a történeti ökológia



1. ábra.

A régészeti geológia, történeti ökológia, környezetrégészet, archimetria tudományterületi összefüggései

tágabb értelemben az egykor élt emberek, közösségek környezetének, a természetes környezet változásainak, illetve az ember által okozott környezeti változásoknak a rekonstrukciójával foglalkozó tudományágak. A régészeti geológiai és történeti ökológiai kutatás két eltérő lelőhely csoportot dolgoz fel a rekonstrukciós munka során, az emberi megtelepedési pontok közvetlen környezetét (szűkebb értelemben vett régészeti geológia, vagy más néven környezetrégészet), illetve az emberi megtelepedési pontoktól távolabb elhelyezkedő üledékgyűjtő rendszereket vizsgál (környezettörténeti kutatás). Mivel az emberiség megjelenése és felemelkedése teljes mértékben az utolsó geológiai időszakhoz, a negyedidőszakhoz kötött, ezért a régészeti geológiai kutatásokban kiemelkedő szerepe van a negyedidőszaki környezetet feltáró quartergeológiai és paleontológiai munkáknak. A környezettörténeti és környezetrégészeti kutatások egymástól függetlenül is elvégezhetők, de a teljes értékű régészeti geológiai vagy történeti ökológiai munka során mindkét lelőhely típus feldolgozását el kell végezni. A régészeti geológia és a történeti ökológia között az a különbség, hogy a történeti ökológiai kutatásoknál már rendelkezésünkre állnak és a rekonstrukció során felhasználásra kerülnek az írott forrásanyagok (kereskedelmi és gazdálkodási adatok, éghajlattörténeti megfigyelések és feljegyzések, halászati adatok), történelmi térképek, valamint festmények, rajzok, szobrok, íratlan szellemi hagyományok adatai. Ilyen adatok, források hiányában történeti ökológiai elemzés nem, csak régészeti geológiai vizsgálat végezhető el. Mivel az emberiség történelme során ez a forráscsoportok döntően a legfiatalabb, mondhatni a történelmi időkből, utolsó 2000–3000 évből maradtak fenn tömegesen, ezért a történeti ökológiai kutatásokról csak ezeknek a forrásoknak a kialakulásától kezdve beszélhetünk. A történeti földrajzi és történeti ökológiai kutatások szinte teljes mértékig átfedik egymást, de amíg a történeti földrajzi vizsgálatok folyamán döntően a geoszférák és a társadalom kapcsolatára koncentrálnak a kutatások, addig a történeti ökológiai vizsgálatoknál a bioszféra és a társadalom kapcsolatát, elsősorban az egykori agrárrendszerek fejlődését tárják fel. Az archimetriai kutatások az ember által kialakított tárgyak, építmények anyagi összetételét, kialakítási módját és a lehetséges szállítási, kereskedelmi útvonalát rekonstruálják. Ez utóbbi tudományág már nem tartozik a régészeti geológia tárgykörébe.

A rendkívül sokoldalú technikai megközelítések következtében eltérő képzettségű, felfogású, különböző földtudományi szakemberek együttműködésén, csoportmunkáján alapul a régészeti geológia. Ugyanakkor a természettudományi megközelítések mellett a történeti ökológiai vizsgálatok speciális forrásanyaggal is rendelkeznek. Ezek a következők: 1. a terület mai környezeti állapota. 2. írott emlékek. 3. régi kéziratos és nyomtatott térképek. 4. íratlan szellemi hagyatékok.

A terület mai környezeti állapotának jellemzésénél elsősorban a jól térképezhető geomorfológiai, geológiai, talajtani és növényzeti viszonyokat szokták figyelembe venni és jellemezni. Viszont ezeknek a tényezőknek egy része emberi hatásra, elsősorban gazdálkodási tevékenység nyomán erőteljesen módosulhatott, így történeti ökológiai, környezettörténeti értelmezésénél korlátozott értékű lehet a jelentőségük.

Ezekből a forrásokból származó eredményeket a régészeti geológia is fel tudja használni a múlt pontosabb megismerésének és modellezésének érdekében. Mindezeket a táj fejlődésével foglalkozó történeti földrajz és ma élő fajok megjelenésével, terjedésével, az egyes élőhelyek, növénytársulások, faunaasszociációk kialakulásával foglalkozó növény- és állatföldrajz, valamint az ökológia is hasznosítja. Ugyanakkor az írott források, illetve

az íratlan szellemi hagyományok már megfogalmazódásuk során erőteljes társadalmi ellenőrzés alatt álltak, így értékelésük során tudnunk kell, hogy a feljegyzéseket tevő, vagy hagyományokat kialakító emberek, közösségek képzettsége, kulturális és társadalmi hovatartozása, érdekeik alapvetően meghatározták, megszürték ezeket az információkat. Az átírások során, a szájhagyományok átadása, átvétele során ezek az információk tovább torzulhattak.

Az írott, történeti ökológiai vizsgálatokkal kapcsolatos emlékeknél a legfontosabb információk az egykori éghajlattal kapcsolatosak. Az éghajlatra vonatkozó első feljegyzéseket az ókori Kínában jegyezték fel a Krisztus előtti 1500-ban, a Shang dinasztia idején, amikor különböző jóscsontokra az akkori időjárásra vonatkozó megjegyzéseket is felvéstek. Rendkívül jelentős környezettörténeti adatok találhatók a kínai császári dinasztiák krónikás könyveiben, ahol a szárazság és árvizek elleni intézkedéseket jegyezték fel. Az írott források alapján szinte az egész kínai középkort és újkort átfogó csapadékrekonstrukciót, hőmérsékleti anomália térképeket, az évtizedes, évszázados skálán mozgó éghajlati változások, valamint az aszályos és árvizes periódusok kapcsolatát vázolták fel. A középkori Japán éghajlati változásait a cseresznyevirágzás több száz éven keresztül feljegyzett időpontjainak változása alapján rekonstruálták. Magyarországon a kőszegi „Szőlőjövés” könyvét, 1740-től kezdődően rögzített szőlőrügyek és hajtások rajzait használták fel az újkori éghajlat által meghatározott fenológiai változások rekonstruálására. A szőlőrügyek rajzát a hagyományok nyomán minden év április 24-én, Szent György napján készítették el. A rajzok alapján és a szőlőrügyek hosszértékei alapján mintegy 200 év egykori időjárási, fenológiai változásait rekonstruálták. Majd a szőlőrügyek szélességi és a prágai, bécsi, budapesti hőmérsékleti adatainak összehasonlító elemzésével bizonyították az egykori időjárás és a szőlőrügyek növekedési ütemének a kapcsolatát.

A Kínai Birodalom mellett az ókori Római Birodalomban, majd a középkori európai államokban, köztük Magyarországon is jelentős számú környezettörténeti, köztük elsősorban éghajlattörténeti forrásértékű feljegyzést készítettek. Kiemelkedő jelentőségűek a középkori környezettörténet szempontjából az Oszmán Birodalomban készített krónikák, naplók, hadi tudósítások. Ezeknek a levéltári forrásoknak több típusát (1. táblázat) is elkülönítjük, de a forrásadatok környezettörténeti értelmezésénél történeti segítség szükséges, mert az adatok csak a vizsgált kor társadalmi hátterének ismeretében értelmezhető. Jó példa erre a XIII. Gergely pápa 1582. évi naptárreformja, amely 1588-ban emelkedett törvényerőre a Magyar Királyság területén, de csak 1625-től vált általánossá, míg a Hódoltság területén a XVII. század végéig a régi naptárt használták. Így a kettős naptárhasználat problematikája alakult ki a XVI. század végi és a XVII. századi forrásoknál.

Ugyanakkor az egykori időjárással, elsősorban az időjárási eltérésekkel kapcsolatos feljegyzéseknek rengeteg értelmezési problémája van. Hogyan értelmezzük például a mai műszeres meteorológiai méréseink tükrében azokat a feljegyzéseket, hogy nagyon meleg, hideg, ködös, száraz vagy rendkívül csapadékos volt az időjárás az 1500-as évek különböző hónapjaiban? A legjelentősebb problémát mégis a leíró történeti adatoknak a számszerűsítése okozta. Ennek a problémakörnek a megoldására előbb *Hubert Lamb* angol történeti ökológus, majd *Christian Pfister* svájci éghajlattörténész dolgozott ki módszereket.

A levéltári adatok közül a legértékesebbek azok a feljegyzések, amelyek a mezőgazdasági munkák eltolódásával, bizonyos, jól körülhatárolható környezeti igénynyel rendelkező növények (szőlő, gabonafélék, takarmánynövények) begyűjtésével (szüret, aratás,

kaszálás) vagy vetésével, metszésével kapcsolatosak, mert ezekből az adatokból, figyelembe véve a termesztett növények környezeti, köztük éghajlati igényét, számszerűen is következtethetünk az egykori időjárásra és annak változására. Jó példa erre, hogy a rómaiaknak sikerült elterjeszteni a szőlőkultúrát a Brit-szigeteken is, így a Krisztus utáni IV. századtól kezdődően a Brit-szigetek lakói mintegy 100–150 éven keresztül nem importáltak a kontinensről bort. Ezekből az agrártörténeti adatokból a római korban egy jelentős felmelegedésre, a „római éghajlati optimum” kialakulására következtettek a kutatók.

A levéltári források típusai						
Információk típusai	Krónikák és évkönyvek	Közigazgatási feljegyzések	Uradalmi gazdasági feljegyzések	Személyes feljegyzések	Korai újságok	Műszeres mérések
Időjárás leírása	Időjárási anomáliák	Időjárási károk	Időjárási anomáliák, károk, tendenciák			Légköri jelenségek rendszeres leírása
Műszeres megfigyelés						Hőmérséklet, csapadék, légnyomás
Agrártörténeti információk	Fenológia	Gabonafélék, szőlő, takarmánynövények.				
	Para-fenológia	Aratás szüret, kaszálás időpontja.	Tízéd, adó, bérlet adatok a betakarítás időpontja.	Aratás, szüret, kaszálás időpontja.		
	Termés	Betakarított termés mennyisége, minősége.				

1. táblázat:

Környezet- és éghajlattörténeti írott információk és források típusai
(Pfister, 1984 nyomán módosítva)

A középkori viking kolonizáció (Ottar, 870 körül, Fehér-tenger, Vörös Erik, 980 körül, Grönland, Lief Eriksson, 1000 körül, Kanadai partvidék, a legendás „Vinland”, Harald, 1050 körül Novaja Zemlja, Spitzbergák) alapján a kora-középkorban kialakult enyhébb éghajlatra, „viking optimumra” következtethetünk, mert az Atlantikum északi részének viking meghódításakor a tengeri jég jelentős visszahúzódásával, a tengeri viharok csökkenésével számolhatunk. A viking optimum kialakulását támasztják alá, hogy a vikingek Izlandon gabonát tudtak termeszteni és az is, hogy Norvégia északi részén, az északi szélesség 69,5 fokán, vagyis a sarkkörtől északra a 9. és a 12. század között árpát termesztettek.

Érdekes, hogy a középkori éghajlat romlását is a grönlandi viking telepések jelezték először. XII–XIII. századi feljegyzéseik alapján a tengeri jég egyre gyakrabban zárta el útjukat Európa, illetve Izland és Grönland felé. A grönlandi viking telepek elnéptelenedéséből, a vinlandi viking teleppel megszakadt kapcsolat, valamint a dél felé húzódó eszkimó törzsek és a vikingek összeapásaiból fokozatosan romló éghajlati viszonyokat re-

konstruáltak a kutatók. Az éghajlat változását és romlását támasztják alá az alpi gleccsek elöretörésére, az északi tengeri vihardagályok gyakoribbá válására, az északi (Skócia, Skandinávia) és hegyvidéki, a viking optimum alatt elfoglalt peremi területek fokozatos elnéptelenedésére utaló írott források. A középkor végi éghajlati feltételek romlását az ellátási problémák, az éhínségek, az állatállomány pusztulása, a szőlőtermesztés vonalának dél felé szorulása is alátámasztotta. Az írott források alapján ugyanebben az időben a tengeri jég kiterjedése is megnövekedett az Északi-tengeren. Hollandiában, Angliában és a német területeken található folyók ebben az időben telente a korábbinál jóval erőteljesebb mértékben befagytak, az Északi-tengeren korábban csak a norvég partoknál élő heringrajok tűntek fel, vagyis az általános lehűlés hatására megváltozott klimatikus feltételek nyomán a természet növények természetességének határai, az egyes állatfajok mozgási irányai megváltoztak Európában. A halászatra, a tengeri jégre vonatkozó írott, levéltári források alapján az Északi-tenger felszíni vízének lehűlését, a poláris víztömegek terjedését feltételezik.

Az itt felsorolt példák jól mutatják, hogy az írott, levéltári forrásanyag milyen fontos szerepet játszik elsősorban az elmúlt 500, maximum 1000 év történeti ökológiai, agrár-történeti, különösen pedig történeti éghajlati vizsgálataiban. A Kínai Enciklopédia mellett a legfontosabb írott forrásnak az ókori egyiptomiak bizonyultak. Az ókori Egyiptom korai kronológiája teljes mértékben a ránk hagyott írásos emlékeik elemzése útján alakult ki. A hieroglif írás XIX. századi megfejtését követően komoly kutatás kezdődött az egyiptomi írott források felhasználásával. A számos fennmaradt írás közül a leghasználhatóbbnak a fáraók uralkodásának sorrendjét és idejét feljegyző királylisták bizonyultak. Az egyik ilyen forrásunk az ún. „*palermói kő*”, amely lehetővé teszi a királyok uralkodási sorrendjének rekonstruálását. A felirat az egyiptomi fáraók ma körülbelül Kr. e. 2400-ra keltezhető ötödik dinasztiájával indul. Egy másik töredék, a *torinói királyi kánon* néven ismert egyiptomi írás, az első és nyolcadik dinasztia között uralkodó fáraókat írja le, ezen korszak hosszát 955 évben állapítva meg. A környezettörténeti, régészeti geológia számára is nagyon fontossá váltak azok a feliratok amelyek bizonyos csillagászati eseményeket jelölnek meg. Az egyiptomi naptár 365 napos volt, és ideális esetben az év első napja egybe esett a Szóthisz (Szíriusz) ún. „*héliákus*” felkelésével. Tehát azzal a nappal, amikor Szíriusz és a felkelő Nap éppen egyszerre bukkan elő a horizonton. Ez a csillagászati esemény hozzávetőlegesen minden 1460. évben következik be és négy évig figyelhető meg. Ezt a 1460 éves periódust *Szóthisz-ciklusnak* nevezzük. Így ennek a ciklikus folyamatnak az írásos rekonstruálása alapján sikerült az első pontos dátumokat megállapítani az emberiség történetével kapcsolatban, de ezek csak az egyiptomi kultúrára vonatkoztak. Az egyiptomi kronológiát a keresztelvezéssel, az évgűrűelemzésekkel és a radiokarbon vizsgálatokkal terjesztették ki Egyiptomon túli területekre.

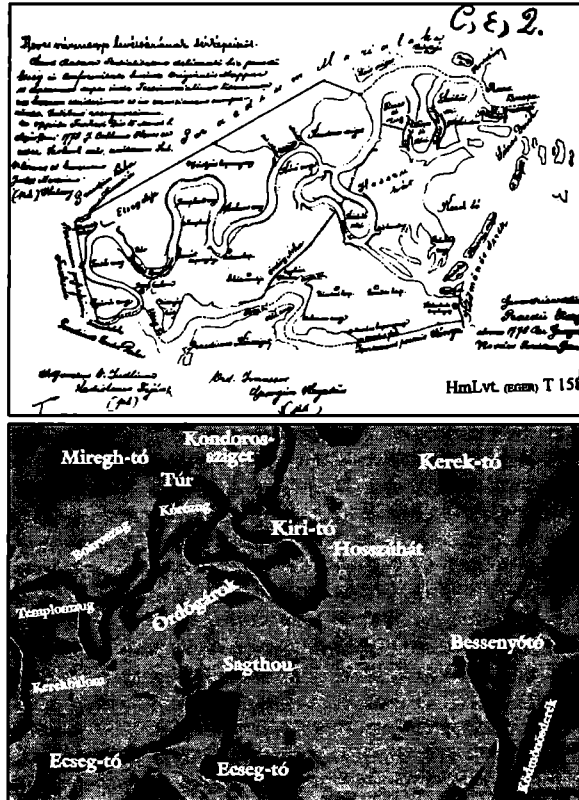
Az írott források mellett kiemelkedő jelentőségűek a régi kéziratos és nyomtatott térképek, vagy térképvázlatok. Bár a pontos térbeli tájékozódás igénye az emberrel egyidős, ennek ellenére a művészi festmények nyomán arra következtethetünk, hogy a vadász-, halász- és gyűjtőutak rögzítésére szolgáló térvázlatokra, térképszerű ábrázolásokhoz szükséges absztrakció valószínűleg csak a felső-palcolitikum végén, a mezolitikum során állhatott rendelkezésre. Ezt a feltevést támasztják alá a szibériai vadásznépek nyírfatérképei, a fából faragott eszkimó partvonal térképek, az óceáni szigetvilág bennszülöttjeinek vezércsillagot, kulcs csillagokat és a hullámjárást rögzítő navigációs térképei is. Az eddig ismert

legidősebb térképi ábrázolást egy neolitikus városban, az anatóliai Catal Hüyükben tárták fel a Krisztus előtti 6200 éves, 7. kultúrrétegben. Ez a térkép valószínűleg a neolitikus város helyszínrajzát mutatja be a város melletti kettős vulkáni csúccsal együtt. Ismeretesek rézkori, Krisztus előtti harmadik évezredre keltezhető, majkopi kurgánból származó, edényre véssett térképvázlatok (Észak-Kaukázus), bronzkori faluközösségek földjeit, öntözőterületeit, kútjait bemutató sziklába karcolt térképek (Itália). A városállamok, államok, birodalmak kialakulásával párhuzamosan a földmérés, a térképészet erőteljesen fejlődésnek indult. Az akkádiai Nuziban a Krisztus előtti 3. évezredben már agyagtáblába véssett Mezopotámia térképet tártak fel, amelyen feltüntették még a nyugat-kelet irányt is. Az ókori Mezopotámiából ismeretes birtoktérkép (Sulgi, 3. évezred), várostérkép (Nippur, első évezred), sőt építési terv (Gudea, Krisztus előtti 2200) is. Az ókori Egyiptomban Krisztus előtt 1600–1300 között már bizonyíthatóan végeztek földmérést, használtak mérőszinórt, derékszöget, függőönt és papirusztérképeket készítettek (pl.: aranybányákhoz vezető utak és domborzat feltüntetésével, I. Széthi fáraó, XIX. dinasztia idején).

Az ókori Görögországban a hajózás, kolonizáció és a tudományos gondolkodás fejlődése következtében a térképészet is jelentős fejlődésen ment keresztül és kialakult a térképészet matematika alapjait jelentő vetülettan. Arisztotelész egyik tanítványa már a Krisztus előtti 4. században megrajzolta az első, Rodosz központú, térképi tengelykeresztet, a mai koordináta rendszer őst, majd a 3. században *Héron* leírja a földmérés műszereit, feladatait, a magasság megállapításnak, a területmérésnek lehetőségeit és a mérőkerek távolságmérést is. Ezt követően a 2. században a rodoszi *Hipparkhosz* megalkotta az ortografikus és sztereografikus vetületeket, a földrajzi fókálózatot. A hellén kultúra térképészeti ismereteit az alexandriai *Ptolemaiosz* összegezte a Krisztust követő 2. században *Geografiké Hüpegészisz* elnevezésű munkájában, ahol tudományos alapra helyezte a vetülettant, több ezer földrajzi koordinátát közölt, valamint az addig ismert világról (Kanári-szigetektől Indiáig) még a középkorban is általánosan használt térképsorozatot készített. Ptolemaioszi térképen található a Kárpát-medence első térképi ábrázolása is. A Római Birodalomban az utak, városok, katonai táborok, kikötők építése során a térképészettel, földméréssel is kapcsolatos mérnöki, matematikai tudományok továbbfejlődtek. Ugyanakkor a birodalom úthálózatáról úti kalauzok, szöveges útleírások, térképes rajzos anyagok is készültek, amelyeken feltüntették a különböző területeken élő népeket, településeket. A római szöveges, térképes útleírások alapján maradt fenn a Kárpát-medence második térképi ábrázolása is (Tabula Peutingeriana országtérkép, Kr. u. III. sz.).

A rómaiakat követően a térképészet arab területeken fejlődött tovább, legjelentősebb munkájuk az Iszlám atlasz, amely a különböző iszlám országok mellett világtérképet is közöl. Az iszlám világtérképet a közép-ázsiai török kutató, *al-Kaszari* egészítette ki a Volgától Japánig tartó világrésszel. A földközi-tengeri hajózáshoz használt térképek és tájékozódás szempontjából kiemelkedő jelentőségű volt az arab közvetítéssel elterjedt, először az ókori kínaiak által használt mágneses iránytű. A középkori Európában, a Földközi-tenger környékén, Spanyolországban és Itáliában készültek a hajózással kapcsolatos újfajta térképek, az állatbőrre festett iránytűtérképek, a portolánok. Ilyen térképen jelent meg a Magyar Királyság első térképi ábrázolása (*Angelino Dulcert* térképe, 1339, Mallorca). A kopernikuszi heliocentrikus világkép kialakulását, a könyvnyomtatás európai felfedezését követően, a nagy felfedezések és gyarmatosítások idején a térképészet ugrásszerű fejlődésen ment keresztül és megjelentek a nyomtatott térképek. Ezekhez a térképekhez sorol-

hatjuk Lázár deák 1528-ban a Magyar Királyságról készített első osztrák katonai, ún. „Jozefianus” térképig elkészült Fernel párizsi matematikus megismételte az ókori



2. ábra.

Az ecseghalvi középkori pálos birtok 1788-ban rögzített térképének (Károlyi oklevéltár) és a digitális terepmodell összehasonlításának eredményei.

mint Ecseghto, Bessenyeuwo vagy Bessenyeito, Kervácsfoka, Ritkaboz, Keerszigeth földrajzi nevek. Az 1412-es és 1413-as évi oklevélben az Ecseghto és a Sagthou helyeket az 1412-es és 1413-as évi Keszegestő, Szőlőssziget, Hegedűshát sziget nevei munkák előtt kiadott, a perhez csatolt középkori forrás említett földrajzi helyeket jelentős részét sikerült megazonosítani a térképi pontjai nyomán az úrfelvételekben is azonosított egységek, tereppontok középkori elnevezéseit. Használható, azonosítható tájékoztató pontokkal rendelkező alapján bárhol elvégezhető.

Viszont a háromszögeléssel készült történelmi térképeken található erdők, folyómedrek, utak, települések pontosan azonosítható helyzetben vannak, így nemcsak földrajzi nevek nyomán rekonstruálhatjuk a változásokat, hanem a különböző korban, azonosítható vetületben készült térképek összehasonlításával a táj különböző elemeinek fejlődését is megrajzolhatjuk. Az 1782-ben részlegesen háromszögeléssel készült első osztrák katonai térkép, valamint a XVIII. századi feljegyzések, néprajzi adatok alapján *Bíró Marianna* és *Molnár Zsolt* vácrátóti botanikusok a Duna-Tisza közének folyószabályozás előtti vegetációját rekonstruálta. A XIX. századi, második, egységes háromszögelés alapján készült osztrák katonai, ún. „*Franciskánus*” térkép, valamint az úrfelvételek elemzése alapján *Tímár Gábor* budapesti geofizikus a tiszai meanderek évszázados léptékű, folyószabályozás előtti morfológiai változásairól készített kiváló tanulmányokat Magyarországon. Az elmúlt két év során a Vas-megyei Levéltár Helytörténeti és Honismereti Közleményében kiemelkedő jelentőségű térképsorozatot jelentettek meg a szombathelyi megyei múzeum munkatársai. Történeti térképek, oklevelek, periratok és terepbejárások adatainak felhasználásával mai alaptérképekre viszik az egyes történelmi korok lelőhelyeit és a megtelepedés morfológiai sajátosságai nyomán vontak le kiemelkedő jelentőségű környezettörténeti következtetéseket.

3.1. A lelőhelyek kiválasztása

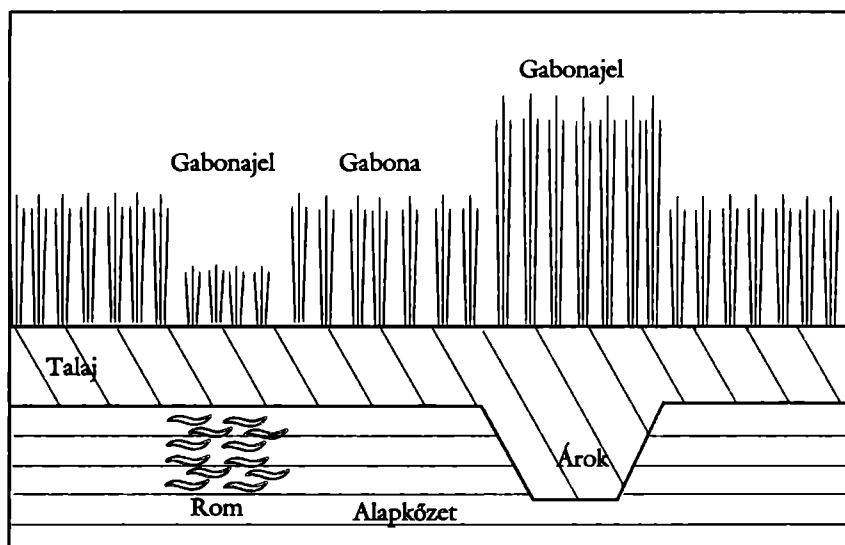
A vizsgálati módszerek felhasználását és értékelését alapvetően befolyásolja, hogy régészeti lelőhelyen végezzük kutatásainkat, vagy olyan háttér területen, ahol az emberi hatások nem közvetlenül jelentkeznek, de az emberi környezet átalakító tevékenység nyomai fennmaradnak (környezettörténeti lelőhely). A legideálisabb, ha a két lelőhelytípus összekapcsolódik (emberi telephely az üledékgyűjtő medence (tó, morotvató) partján, emberi megtelepedés egy barlangban, kőfülkében vagy löszös felszínen).

A megfelelő régészeti és környezettörténeti lelőhelyeket egyaránt meg kell találni és térben körülhatárolni. A kutatás során történeti térképeket, mai úrfelvételeket, légi fotókat, térképeket egyaránt használni kell, valamint ezeknek a felhasználásával szisztematikus terepbejárást kell végezni. A régészeti lelőhelyek és környezettörténeti lelőhelyek közös vizsgálatát jelentős mértékben elősegíti a régészeti topográfiai munka, a régészeti lelőhely elhelyezkedésének térképen történő rögzítése, észlelt, mert lehetőséget biztosítanak a különböző lelőhelyek kiválasztásában és összekapcsolásában, valamint az őskörnyezeti lelőhelyeken feltárt emberi hatások. A lelőhelyek kiválasztásához a történelmi térképeket, a különböző méretarányú mai térképeket, légi fotókat, úrfelvételeket, terepbejárások adatait használhatjuk fel. A régészeti és őskörnyezeti lelőhelyek behatárolása mellett ugyanezeket a térbeli azonosításra szolgáló képi anyagokat használhatjuk fel a vizsgált terület geomorfológiai jellegzetességeinek feltárása és bemutatása, valamint a geológiai képződmények térbeli kiterjedésének lehatárolása során is.

3.1.1. A légi fényképezés régészeti geológiai és környezettörténeti felhasználása

Az első légifotókat 1858-ban *Felix Tournachon* készítette Párizs felett. Régészeti célból 1891-ben személyzet nélküli ballonokról fotózott indiai romokat az angol hadsereg tisztje *Charles Close* hadnagy. Majd az ugyancsak angol *Sharpe* hadnagy készített a Stonehenge-i romokról, 1907-ben régészeti lapban is publikált, hőlégballonról készített légi fotókat. 1922-ben az angol régészek, *Crawford* és *William-Freeman* munkája nyomán kelta földművelő rendszer parcellabeosztását sikerült megállapítani és a terepbejárások, térképezések, valamint a légi fotók összevetése nyomán először sikerült az eltérő magasságú, de homogén növényzetben a „gabonajel” jelenségét megfigyelni és értelmezni (3. ábra). Ettől a munkától kezdve számíthatjuk a régészeti célú légi fotózás, pontosabban a távérzékelés kialakulását. A régészeti célú légi fényképezéssel párhuzamosan a XIX. század végén, a XX. század kezdetén alakult ki a geológiai és geomorfológiai célú légi fotózás is, a különböző geológiai, geomorfológiai térbeli alakzatok légi felderítése és a légi fotók ilyen irányú értelmezése. Természetesen a légi fényképezés a XX. század során jelentős technikai és értelmezési fejlődésen ment keresztül, elsősorban a katonai célú légi fényképezés hatására, így napjainkban világszerte több millió különböző céllal készített légi fotóval rendelkezünk.

A légi fotózásnak két típusa alakult ki, a ferdeszögű és a merőleges. Ferdeszögű felvételeken a „földművek”, vagyis a kőfalak, földtöltések, sáncok, azaz minden olyan emberi építmény, amely kiemelkedik, fedezhető fel, ugyanis ezek az objektumok a ferdeszögű légi fotókon árnyékjelenséggként jelennek meg. Ugyancsak kirajzolódhatnak ezek a régészeti lelőhelyek az eltérő magasságú növényzet, a gabonajelek következtében, vagy az árkokban



3. ábra.

Gabonajelek kialakulása (Rádai, 1990 nyomán).

összegyűlő víz következtében, ezért rendkívül fontos ennél a légi fényképezési típusnál is a fényképezési évszak és napszak megválasztása. A ferdeszögben készített felvételek könnyebben kivehetők, értelmezhetők, de nehezebb térképpé alakítani azokat. A merőleges légi fényképfelvételek alapján térképszerű képeket kapunk, ezekből jó térképek készíthetők. A légi fotónak igen jelentős előnye, hogy kiváló térképként használható, olyan térképként, amelyen nincs összevonás, jelkulcsok és minden olyan bélyeg rajta van, amelyek a lelőhelyek és a terep megismeréséhez szükségesek.

Légi fényképeket készíthetünk amatőr gépekkel, mérőkamerás gépekkel, újabban pedig a számítógépes feldolgozást meggyorsító digitális fényképezőgéppel is. A légi fényképek mérettartománya a repülési magasságtól és a fényképezőgép, pontosabban a lencse gyújtótávolságától függ. Érdemes a lelőhelyeket különböző méretarányú légi fényképeken keresztül megvizsgálni, mert így a lelőhelyek szűkebb és tágabb környezete is vizsgálhatóvá válik. A fekete-fehér képek mellett egyre jelentősebb számban készülnek színes és infravörös légi felvételek is. Ez utóbbiak különösen akkor fontosak, ha sztereopárt alkotnak, mert így a tükrös vagy a pásztázó sztereoszkópban három dimenzióban láthatók a különböző tereptárgyak, geomorfológiai, geológiai, vegetációs és régészeti jelenségek. A gyengébb felbontású infravörös felvételek alapján a frissen szántott föld színének változása, a talajnedvesség egyenetlen eloszlása (árkok, gödrök) szárazabb időszakban, szárazabb területeken jól megrajzolható. Ugyanakkor a digitális légi fényképek, valamint úrfelvételek olyan új megközelítéshez adtak lehetőséget, amely a későbbiekben tárgyalta régészeti és környezettörténeti célokhoz is kiválóan felhasználható Földrajzi Információs Rendszer kidolgozásához vezetett.

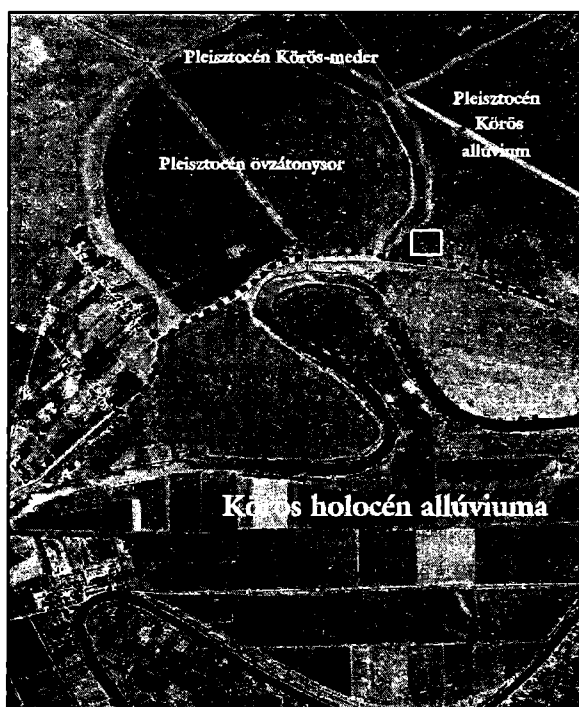
A régészeti célú távérzékelés (légi fényképezés, úrfelvétel) azon alapul, hogy az emberi társadalom bizonyos jeleket, nyomokat hagyott környezetén. A jelek nagysága, intenzitása az egykori társadalomra ható környezeti tényezőkön, a jelek kialakulását követő beágyazódási helyzeten, az egykori társadalom fejlettségén, az eltelt időn múlik. A régészeti távérzékelés során nemcsak a régészeti lelőhelyre, lelőhelyekre vonatkozó információkat kapunk, hanem olyan adatoknak az együttesét, amelyben az egykori morfológia, a tágabb környezet és az egyes kultúrák, társadalmak viszonyát is feltárhatjuk. A terepen végzett különböző geológiai, botanikai, talajtani vizsgálatok, térképezések eredményeit és a távérzékelés során megrajzolt, a társadalom által hátrahagyott nyomokat a lelőhelyek szűkebb és tágabb környezetében is összekapcsolhatjuk, viszonyukat tisztázhatjuk. Így a távérzékelés és a távérzékelés kiértékelése a környezetrégészeti, a környezettörténeti és a történeti ökológia kutatás egyik legfontosabb eszköze, egyúttal a komplex környezettörténeti munka alapja is.

Természetesen a légi fényképek és a most tárgyalásra kerülő úrfelvételek, számítógépes feldolgozások, technikai megoldások nem pótolhatják a megfelelően képzett szakembereket, a kreatív gondolkodású embereket, akik képesek a képeken látható növényzeti és talajnyomokból, geomorfológiai egységekből, a különböző időben készített felvételekből a táj változásának tendenciáira következtetni, környezettörténeti és régészeti geológiai következtetéseket levonni. Ugyanakkor a nagy felbontású légi felvételek alapján kiváló, lelőhely specifikus térképek készíthetők, amelyek elérhetik a deciméteres pontosságot is.

A légi fotózás mellett kiemelkedő jelentőségű az oldalpásztázó légi radar (SLAR), amely azon alapul, hogy a repülőgépről kibocsátott elektromágneses impulzusok visszaverődését radarkép formájában rögzítik. Ezzel a módszerrel áthatolhatunk sűrű felhőze-

ten, erdővel fedett területeken is, ezért nem véletlen, hanem (a maya kultúra lelőhelyei, Közép-Amerika) hasznosítható régészeti, régészeti geológiai és környezeti azokat az infravörös felvételekkel kombinálva használja.

Magyarországon napjainkban *Miklós Zsuzsa*, az MTA nyos főmunkatársa végez kiemelkedő jelentőségű, légi középkori várkutatást, illetve újabban *Czajlik Zoltán* munkatársa dolgozik régészeti lelőhelyek távérzékelésén. Régészeti Intézetének és a Cardiffi Egyetemnek egy walesi régészprofesszor és *Zalai-Gaál István* vezetésével a munka kezdődött el 1998-ban, a Körösök és a Berettyó kultúra lelőhelyein. Az öskörnyezeti és a régészeti könyv írója több lelőhely együttes légi fényképeken dolgozott. A kiválasztás során a furugyi és az erdőtűz a régészeti ásatás és a környezettörténeti kutatás



- A Körös pleisztocén kori infúziós löszrel fedett allúviumának és a holocén mélyebb helyzetű allúviumnak a magaspartszerű határa
- Feltételezett Körös lelőhely

4. ábra.

A Körös kultúra feltételezett lelőhelyének, a holocén és a pleisztocén Körös-medernak a légi fényképe Furugynál (katonai térképészeti légifelvétel).



5. ábra.

A Körös kultúra régészeti feltárásra kiválasztott lelőhelyének légi fényképe az ecsegi Kiri-tónál (katonai térképészet légifelvétel).

medret a centrumában kotorták ki (4. és 5. ábra), így a furugyi meder őskörnyezeti vizsgálatra alkalmatlanná vált. A két lelőhely együttesből ezért az ecsegi került feltárássra. A Körös lelőhely melletti, feltöltődött morotvatóból kiemelt zavartalan fúrásszelvényen *Katherine Jane Willis* az oxfordi egyetem palinológusa a Körös kultúra gazdálkodási hátterét is feltáró, kiváló paleobotanikai elemzéseket végezhetett el, bizonyítva ezzel a környezettörténeti, régészeti geológiai előkészítő munka eredményességét és értelmét.

3.1.2. Űrfelvételek

A nagy magasságból, műholdakról, űrsiklókról készített nagy léptékű felvételeket már kezdetektől fogva jól felhasználták a környezettörténeti munkák, elsősorban a geomorfológiai vizsgálatok során, bár a régészek, pont óriási léptéke miatt kevésbé hasznosították ezeket a távérzékelési eredményeket. A műholdak rögzítik a Föld felszínéről a fény és infravörös sugárzás intenzitását, majd ezeket elektronikus úton képpé alakítják. Különösen az éles kontrasztú, hamis színezetű LANDSAT felvételek hasznosíthatók környezettörténeti, régészeti vizsgálatok céljaira, de kiváló eredményeket mutattak fel a LANDSAT tematikus térképező (TM) rendszer, vagy a francia SPOT műhold rendszer nagy felbontású felvételeinek elemzésével is. Sivatagi terepen, homokkal borított felszíneken az üledékekkel fedett terepjelenségek észlelésére kifejlesztett úrradar (SIR) használták fel. Az úrradar felvételeken ókori folyómedreket azonosítottak a Szahara egyiptomi szakaszán,

és arabiai karavánutakat rekonstruáltak. Az űrfelvételek és a légi fotók, a terepbejárások, terepi mérések nyomán a régészeti lelőhelyek környezetükkel kialakult kapcsolatának igen fontos vonásait lehet feltárni. Erre mutatunk be egy magyarországi példát.

Magyarországon több régészeti lelőhelynek és környezetének kutatása során használtak űrfelvételeket. Itt szerzői jogi kérdések miatt csak a tankönyv szerzőjének a törökszentmisklói és a Polgár környéki feldolgozását mutatjuk be. Mint ismeretes, Polgár környékén igen jelentős számú neolit-, réz-, bronz-, és vaskori telep ismeretes. Ezek közül az egyik

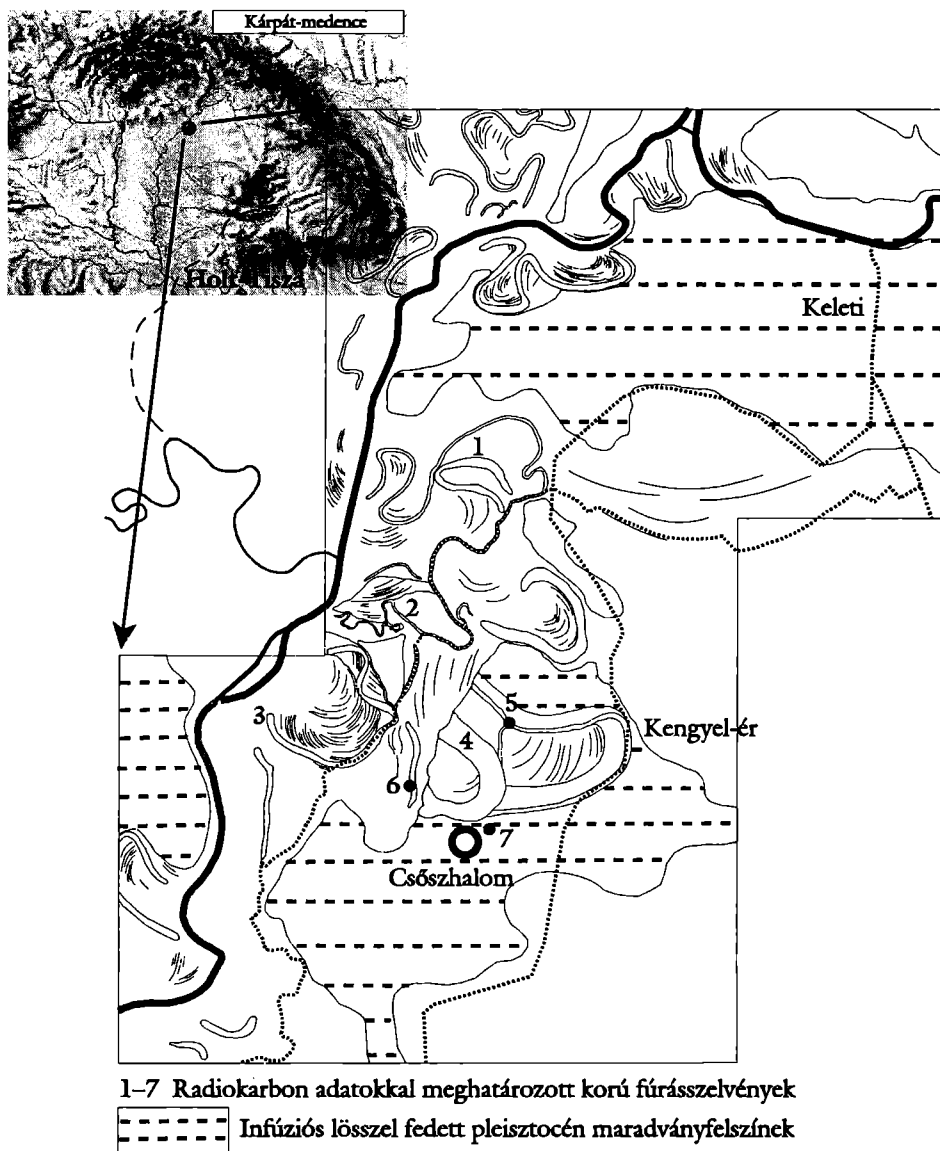


6. ábra.

Digitális terepmodell Törökszentmiklós tágabb környékéről (Timár és Rác, 2001 nyomán).

leghíresebb a késő neolit tell, a Csőszhalom és a tell körül kialakult az autópálya építkezésekhez kapcsolódó régészeti munkák során feltárt neolit települések. A vizsgált Csőszhalmi terület a Hajdúság és Hortobágy északi határán, érintkezési zónájukban helyezkedik el és határos a Tisza alluviális síkjával is. A törökszentmiklói területnél a tiszai allúviumban maradtak meg szigetszerű infúziós lösz területek. Ezeknek a régióknak különböző morfológiai struktúrája és eltérő növényzete jól felismerhető a LANDSAT felvételeken (6. ábra). Így ezeknek a területeknek a fejlődéstörténete meghatározta a Csőszhalom környékének kőzet, talaj, növényzeti kifejlődését és ezzel az egyes kultúrák megtelepedési lehetőségeit. A

pleisztocén végén, mintegy 15.000 BP évek körül, a folyóvizek árterein halmozódott fel az a hullóporos üledék, amely az eredeti helyzetben lévő (áthalmozatlan), infúziós löszréteget alkotja a területnek. Nagy felbontású űrfelvételek, légi fotók és terepbejárások alapján megvizsgálva a Polgár–Csőszhalmi terület geomorfológiai, geológiai helyzetét (7. ábra), azt tapasztalhatjuk, hogy több medergeneráció övezi a Hajdúság és Hortobágy határán kialakult pleisztocén maradványfelszíneket alkotó infúziós löszterületeket. A legidősebb, felső-würm korú medermaradvány (Kengyel-ér, Hódos-ér) még az infúziós löszplatón helyezkedik el, 92–93 m tengerszint feletti magasságban. A következő medergenerációt a Tiszaagyulaházától északra, a Sarlóhát melletti késő-glaciális korú Tisza-meder alkotta, majd az infúziós löszplató északkeleti peremén lévő tiszai medrek és kísérő medrek (Király-ér 90 m tengerszint feletti magasságban) alakultak ki. Ezek az űrfelvételeken, légi fényképeken, távérzékelési vizsgálatokon is nyugvó adatok azt bizonyítják, hogy a korábbi elméleti modellekkel szemben a tiszai allúvium, a tiszai árok már a késő-glaciális korban, mintegy 15.000 éve kialakult. A késő-glaciális kortól a Polgár környéki pleisztocén felszínbe bevágódó tiszai mederrendszer következtében a neolitikum során tehát a pleisztocén korú maradványfelszíneken, elsősorban infúziós löszökkel borított folyóhátakon megtelepedő közösségek relatíve kiemelt helyzetben, árvízmentes területeken élhettek. Az árvizek során az inaktív, üledékkel feltöltött folyómedrek kerülhettek első sorban víz alá. Az árvizek idején a mélyebb helyzetű, elöntött tiszai árok medrei és a

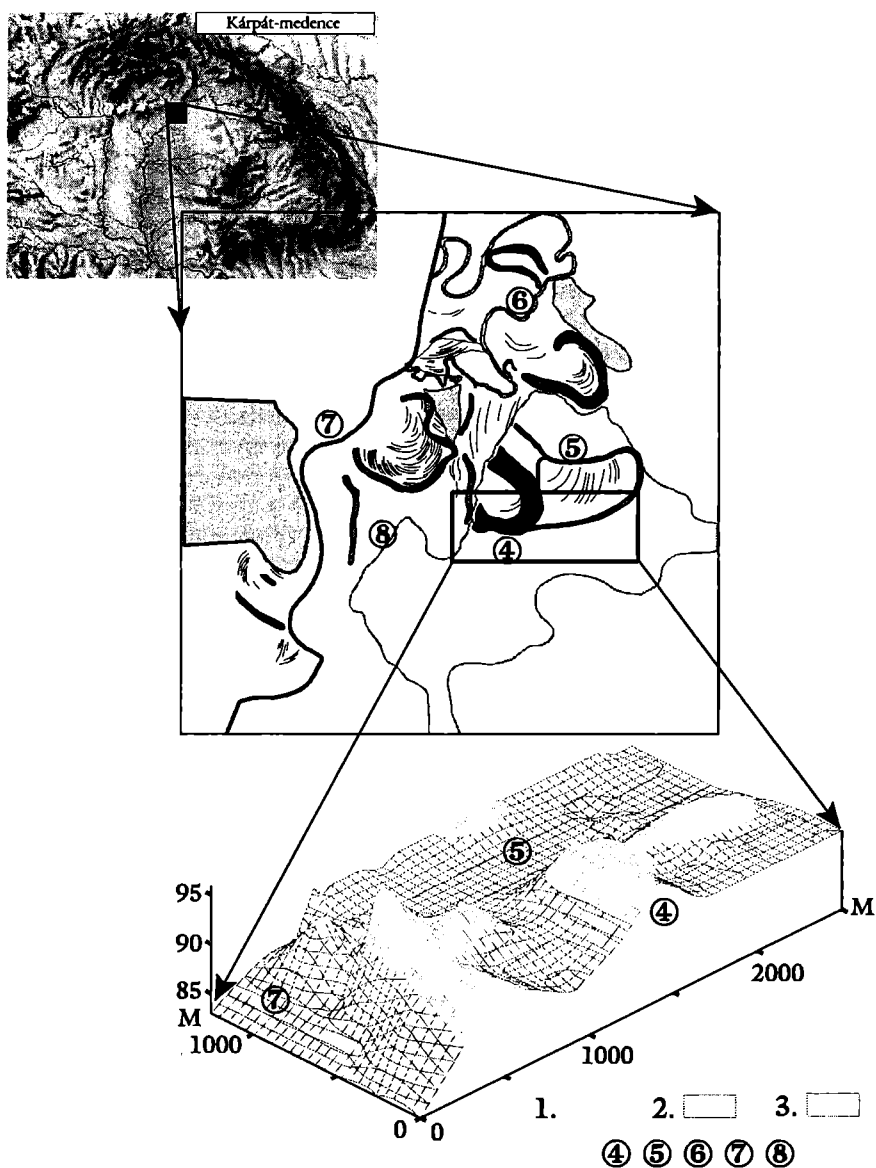


7. ábra.

Polgár környékéről nagy felbontású űrfelvétel, légi fényképek és terepbejárás alapján készített régészeti geológiai térkép.

(Sümegei és munkatársai, 2002 nyomán)

pleisztocén maradványfelszíneken található, vízzel borított medrek következtében a megtelepedési felszínnek áradmányvízzel elkülönített „szigetekre”, „főlszigetekre” bomlottak a távérzékelés nyomán készített 3D modell alapján (8. ábra).



1. Ármentes területek, 2. Áradások során vízzel borított területek, 3. Egész évben nedves területek, 4. Egykori folyóháton található neolitik Csőszhalom, 5. Pleisztocén feltöltődő meder, 6. Mesterséges lemetszett Tisza, 7. Recens Tisza, 8. Reliktumfelszín (infúziós lösszel fedett)

8. ábra.

Polgár környékéről nagy felbontású űrfelvétel, légi fényképek és terepbejárás alapján készített 3D modell (Sümei és munkatársai, 2002 nyomán)

3.1.3. Földrajzi Informatikai Rendszer (FIR-GIS)

A térinformatikai rendszert a hetvenes évekbeli számítógépes tervező és térképszerkesztő programokból fejlesztették ki. Ezek a kezdeti programok alkalmasak voltak adatbázisokban tárolni a lelőhelyek eloszlását, és ezekből az adatokból térképet szerkeszteni, de a valódi térinformatikai rendszerek új információk felismerésének a lehetőségét is magukban hordozzák. Ilyen például a napjainkban lefolyó tiszai árvizek víztömege és az egykori, folyószabályozás előtti árterek kiterjedése alapján készített árvízborítási rekonstrukció elkészítése, az őstörténeti lelőhelyek megtelepedési magasságaival történő összevetése, az árvizek és a megtelepedés kapcsolatának feltárása.

A térinformatikai térképek óriási mennyiségű környezetre vonatkozó adatot tartalmaznak, amelyeket részekre bontva, egyetlen változót tartalmazó térképrétegekre bontva tárolunk. Egy térképrétegen belül az adatokat ma már egymásnak megfeleltethető vektorként, azaz pontként, vonalként, valamint raszterként, vagyis négyzethálóként vagy sokszögeként tároljuk. Minden adat, amely térszerűen elhelyezhető, integrálható a térinformatikai rendszerben. Például egy talajtípusokat rögzítő raszterréteg olyan négyzethálóból áll, amelynek valamennyi cellájában azon a ponton jellemző talaj adatait tárolják. Hasonló megközelítéssel tárolhatjuk, mutathatjuk be a környezettörténeti vizsgálatok során az egykori vegetáció, a talajtani viszonyok, a paleomorfológiai viszonyok rekonstrukcióját.

Ez a rendszer kiválóan alkalmas műhold felvételek, légi fényképek, távérzékelési adatok, öskörnyezeti, környezettörténeti vizsgálati eredmények megjelenítéséhez. Különösen értékesé teszi a térinformatikát, hogy a műholdas kézi globális helymeghatározó berendezéssel (GPS) rögzített tereppontok feldolgozására kiválóan alkalmas, így az új területek feltárásánál, vagy a régen feltárt területek reambulálásánál jól felhasználható.

Mivel a Földrajzi Informatikai Rendszerről több egyetemi jegyzet és tankönyv is megjelent, sőt a Szegedi Tudományegyetem geográfus képzésében az egyik szakirány a geoinformatika oktatásán alapul, és munkánk során elsősorban a FIR-t régészeti geológiai, történeti ökológiai használatánál és a modellek kidolgozásánál hasznosítottuk, ezért a Földrajzi Információs Rendszerrel összefoglaló módon a tankönyvben nem foglalkozunk.

3.2. Lelőhelyek terepi térképezése

3.2.1. Geofizikai módszerek

A keresett régészeti lelőhelyeket felépítő anyagok, tárgyak földben maradt részei a környezetükhöz képest eltérő fizikai paraméterekkel rendelkeznek, így fizikai jellemzőik alapján geofizikai vizsgálatok során feltárás nélkül is kimutathatók.

A gravitációs mérések azon alapulnak, hogy a különböző felépítésű anyagok eltérő gravitációs erővel vonzzák egymást. A felszín alatti anyagi összetétel egyenetlenségei, sűrűség változásai a gravitációs térben változásokat hoznak létre, amelyek egyszerű elveken alapuló érzékeny műszerrel, a graviméterrel mérhetők. A vizsgálat kivitelezése úgy történik, hogy pontos geodéziai munkával hálózati mérőpontokat hoznak létre, ahol gravi-

méterrel méréseket végeznek és a mérések eredményeit, a gravitációs különbségeket sűrűségeloszlási térképen jelenítik meg és ennek nyomán találhatjuk meg az eltérést okozó régészeti lelőhelyeket vagy tárgyakat.

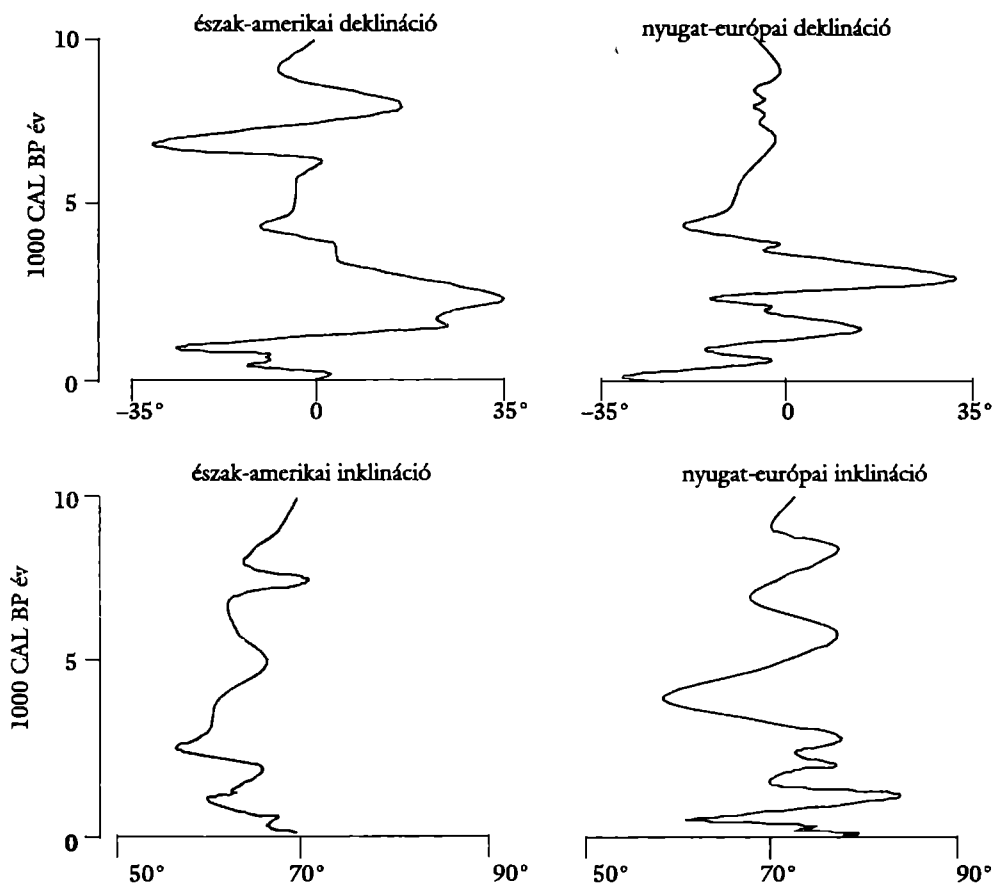
A régészeti lelőhelyek vizsgálatában legelterjedtebben használt mágnesség mérések azon alapulnak, hogy két mágneses pólus között vonzóerő, vagy taszítóerő alakul ki, amelynek erőssége a mágnesek erősségétől és a köztük lévő távolságtól függ. A mágneses kutatások azon alapulnak, hogy a különböző mágnessétségű anyagrészek térbeli eloszlását vizsgálják. Az egykori emberi tevékenység nyomán különböző funkciójú árkokat, agyaggyerő gödröket, kemencéket, kutakat, gabonátároló vermeket készítettek, így megbontották a homogén üledékeket. Ezekbe az objektumokba bemosódó anyag mágneses szuszeptibilitása eltér környezetétől, így a különbségek mágneses műszerekkel, mint proton precessziós magnetométer, differenciál fluxgate magnetométer, fluxgate magnetométer, mérhetővé válnak.

A mágneses mérések másik jelentős területe a paleomágnességen alapuló archeomágneses kutatás. A paleomágnesség kifejezés a Föld mágneses mezejében bekövetkező változások üledékekben fennmaradt nyomaira utal. A módszernek két alapelve van. Az egyik az, hogy a földi mágneses tér meghatározott sebességgel változik, a másik, hogy a természetesen olvadt vagy égetett anyag a lehűlést követően felveszi a pillanatnyi és helyileg ható mágneses térrel azonos mágnességet és ezt igen jelentős ideig megőrzi. A megfigyelt nyers agyagban lévő vasoxid szemcsék mágnességének iránya rendszeretlen, míg a kiégetett agyag a földi mágneses térnek megfelelően rendeződik át. A mágneses északi irány nem esik egybe a földrajzi északi iránnyal. A kettő eltérését mágneses deklinációnak nevezzük. Földünkön a mágneses deklináció mindenféle értéket felvehet, de a kis és közepes szélességeken csak néhány tizedfokot tér el. A deklináció a földi mágneses tér horizontális komponensének irányát adja meg. Ismeretes a mágneses tériránynak a vízszintes síkkal bezárt szöge, amelyet mágneses elhajlásnak, inklinációnak nevezünk. A földi mágneses tér két szöggel, a deklináció és inklináció szögével jellemezhető. Mind a két szög iránya időben lassan változik. A földi mágneses tér leírása akkor teljes, ha iránya mellett a nagysága is ismeretes. A földi mágneses tér viszonylag gyenge, de erőssége (intenzitása) folyamatosan változik, a legkisebb értékű mágneses egyenlítőről a legjelentősebb mágneses intenzitást mutató mágneses sarkokig. Az eddigi adatok azt bizonyítják, hogy a földi mágnesség erőssége folyamatosan változik.

A paleomágneses vizsgálatoknak legjelentősebb felhasználása a régészet területén ismeretes. Kiégetett agyagedények, tűzhelyek tanulmányozása során több száz, régészetiileg dokumentált objektumot vizsgáltak meg archeomágneses módszerrel. Ugyanakkor a mágneses polaritás változását a geológusok is felhasználták egyrészt a távolodó lemezszegélyeken kialakult magmás anyagok elemzésére, a távolodás és a magmatizmus időbeli változásának bizonyítására, illetve a mágnesezhető ásványi anyagokat tartalmazó üledékes képződmények tagolására. Az utóbbi azon a tényen alapul, hogy a föld mágneses polaritása az időben megváltozik, átfordul. Napjaink polaritását normális polaritásnak nevezzük, míg a napjainkhoz képest eltérő polaritást reverznek, fordítottnak hívjuk. A vulkáni anyagokon végzett K/Ar mérésekkel a polaritás átfordulásának pontosabb kronológiai besorolását is el lehetett végezni, így az elmúlt 5 millió évről egy folyamatos paleomágneses időskálát lehetett kialakítani. Ez az időskála természetesen átnyúlik a régészeti geológia

időkeretén, ugyanakkor jól felhasználható a jelentősebb időléptékű globális események szinkronizálására.

Tavi üledékek, lösz- és fosszilis talajrétegek, lápok, folyóvízi és glaciális üledékek paleomágnese vizsgálata során bizonyították, hogy a Föld mágneses mezejének deklinációja, inklinációja és intenzitása is megváltozott az idők folyamán. A regionális deklinációs és inklinációs alapgörbékét összehasonlítva több, mágneses alapgörbét, vagy más néven ún. „mestergörbét” sikerült kialakítani. Ezek közül legismertebbek a holocén mestergörbék (9. ábra), amelyek a Föld hat területén (Észak-Amerika, Nyugat-Európa, Közel-kelet,



9. ábra.

A regionális holocén deklinációs és inklinációs alapgörbék
(Thompson, 1986 nyomán módosítva).

Kelet-Európa, Ausztrália és Távol-Kelet) állnak a rendelkezésünkre. Nem minden üledék-típus alkalmas azonban paleomágnese vizsgálatra. Elsősorban a homogén, egynemű szemcseösszetétellel és szerves anyag-, valamint vastartalommal rendelkező üledékréte-

geket lehet összehasonlítani ezzel a vizsgálattal. Magyarországon *Márton Péter* akadémikus (ELTE Geofizikai Tanszék) végez nemzetközi szinten is kiemelkedő jelentőségű archeomágneses kutatásokat. A mágneses mérések alapján történő lelőhely vizsgálatban *Pusztai Sándor*, az ELTE Geofizikai Tanszék munkatársa ért el kitűnő eredményeket. Az egyik legjelentősebb kutatási eredménye a polgári Csőszhalom késő-neolitikus tell körárok rendszerének mágneses mérések nyomán történt kimutatása volt, de más késő-neolitikus és bronzkori telteken, is jelentős feltáró munkát végzett. Nagyobb időléptékű, de régészeti geológiai vizsgálatok szempontjából is fontos paleomágneses vizsgálatokat végez *Lantos Miklós*, a Magyar Állami Földtani Intézet munkatársa az alföldi negyedidőszaki üledékgyűjtő medencék rétegtani viszonyait feltáró fúrásokon.

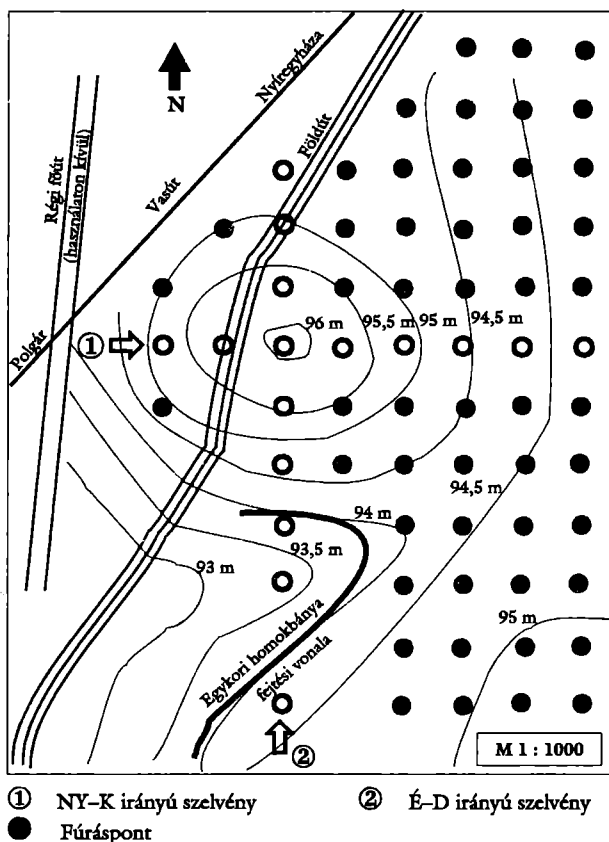
A mágneses vizsgálatok mellett ismeretesek nagyfrekvenciás elektromágneses kutatások is. Egy radar adóantennája által kibocsátott nagyfrekvenciás elektromágneses hullámok nagy távolságra, a levegőben a fény sebességével terjednek és különböző tárgyakra visszaverődve vevőantennával felfoghatók. A régészeti geológiai kutatásokban a földradart hasznosítják, ahol a föld rétegeinek határáról visszaverődött különböző időben, különböző amplitúdóval érkező nagyfrekvenciás elektromágneses hullámok nyomán rajzoljuk meg a felszín közelében található üledékes rétegek függőleges metszetét. A földradarral végzett vizsgálatoknál az antennákat a föld felszínén helyezik el. A mérési pontok a gyors mérés következtében néhány centiméterre helyezkednek el egymástól. Minden mérési ponton több száz, vagy ezer mérés történik különböző időpontokban és a felszíni mérési pontok eredményeinek összességéből nyerjük a földradar szelvényt. Földradarral hazánkban *Pattantyús Árpád*, az ELTE Geofizikai Tanszék munkatársa mutatott ki eltemetett árkokat és épületeket (pl.: Keszthely–Fenekpuszta római kori erődjénél).

A régészeti lelőhelyek ásítás nélküli feltárában jelentős segítséget nyújt az elektromos talajellenállás mérése, amely azon alapul, hogy az árkok, gödrök nedvesebb üledékkittöltése kisebb elektromos ellenállásúak, mint a szárazabb kőfalak vagy utak. A földbe helyezett elektródákhoz kapcsolt ellenállásmérővel megmérhetjük a felszín alatti talajrétegek ellenállását és a felszínen kijelölt hálózati mérési pontokat követve talajellenállás térképet szerkeszthetünk. Az üledékes rétegek ellenállás különbségének alapja a talaj nedvességtartalma, amely időjárástól is függ, ezért az ellenállás mérésére a szárazabb évszakok a legalkalmasabbak. Hazánkban a szombathelyi múzeum régészeti osztályának vezetője, *Ilon Gábor* vezette feltáráson, az őskori góri Kápolnadombon, valamint a római kori Aquincum területén végeztek talajellenállás során sikeres felméréseket.

3.2.2. Potenciális lelőhelyek fúrásos feltárása

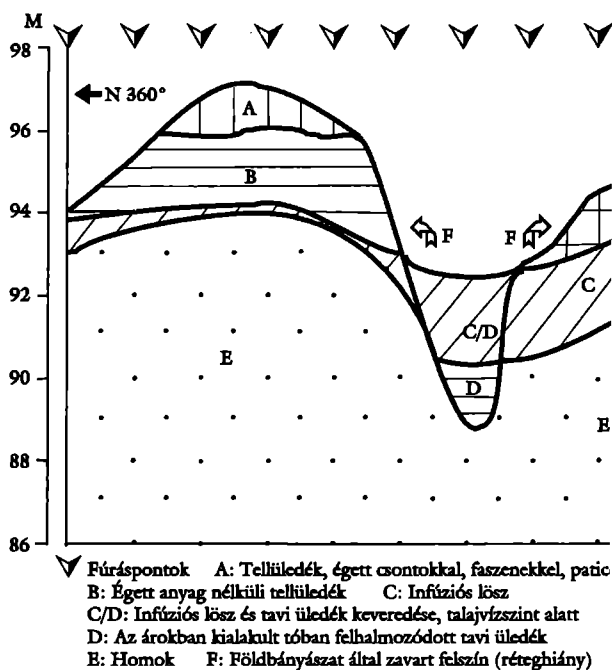
A régészeti lelőhelyek térképezése során is jelentős segítséget nyújthatnak a régészeti geológiai vizsgálatok, mert a felszíni régészeti leletek begyűjtését követően, a különböző régészeti leletfeldúsulások alapján megrajzolt potenciális régészeti lelőhelyek fúrások alapján igazolhatóak. A régészeti geológiai fúrásokat úgy alakítjuk ki, hogy a potenciális régészeti lelőhelyeknél a felszíni régészeti leletek (kőeszközök és eszközszilánkok, kerámia darabok) intenzívebb felhalmozódási pontjainál, a homogén növényzetben kimutatott változások („*gabonajel*” – 3. ábra) vagy a geofizikai mérések során valószínűsített régészeti objektumoknál 5–20 méterenként, fontosabb lelőhelyeknél, vagy feltárás előkészí-

tésénél 1–2 méterenként spirálfúróval tárjuk fel az üledékrétegeket és bizonyosodunk meg a régészeti objektum jelenlétéről. A geológiai keresztaszvélény mentén, illetve szisztematikusan, négyzetháló csúspontjain mélyített fúrások (10. és 11. ábra) alapján a régészeti objektumok térbeli kifejlődése is rekonstruálható. Kiemelkedően jó eredményeket sikerül elérni a régészeti objektumok ásatás nélküli feltárásakor a régészeti geológiai fúrások és a talajellenállás, illetve a fúrások és mágneses anomáliák méréseinek kombinációjával. Ilyen vizsgálatokat Magyarországon Szakáld-Testhalom, Polgár-Ásotthalom, Polgár-Kenderföld bronzkori tellek, a fajszi Kovás-halom területén, valamint a fajszi Gara-dombon végzett a sorok szerzője. A fajszi területen az Alföldi Vonaldíszes kultúrára jellemző, jelentős számú felszíni kerámiatöredéket gyűjtöttek be budapesti, kalocsai és tübingeni régészek, majd magnetométerrel a helyi mágneses, intenzitásbeli eltérések alapján mágneses kontúrtérképet szerkesztettünk (12. ábra). A kontúrtérképen hosszú házakra jellemző cölöpszervezetek nyomai rajzolódottak ki, ezért a területen 5 méterenként fúrásokat mélyítettünk le. A fúrások alapján a járószintet, házak padlóinak tapasztását, cölöplyukakat és a házak falainak kialakításakor létrejött, hulladékkal telt üledéknyerő gödröket sikerült feltárni és helyzetüket térben rögzíteni (13. ábra).

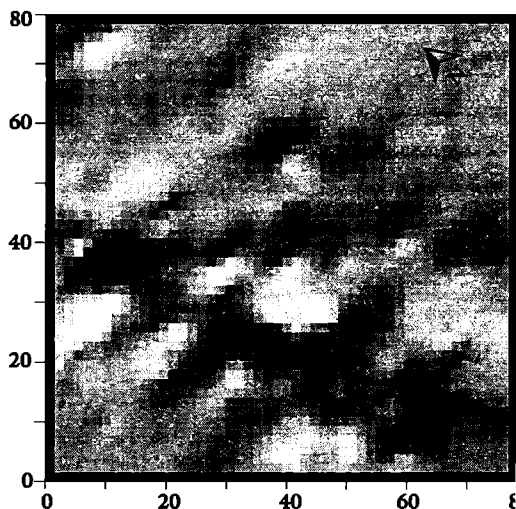


10. ábra.

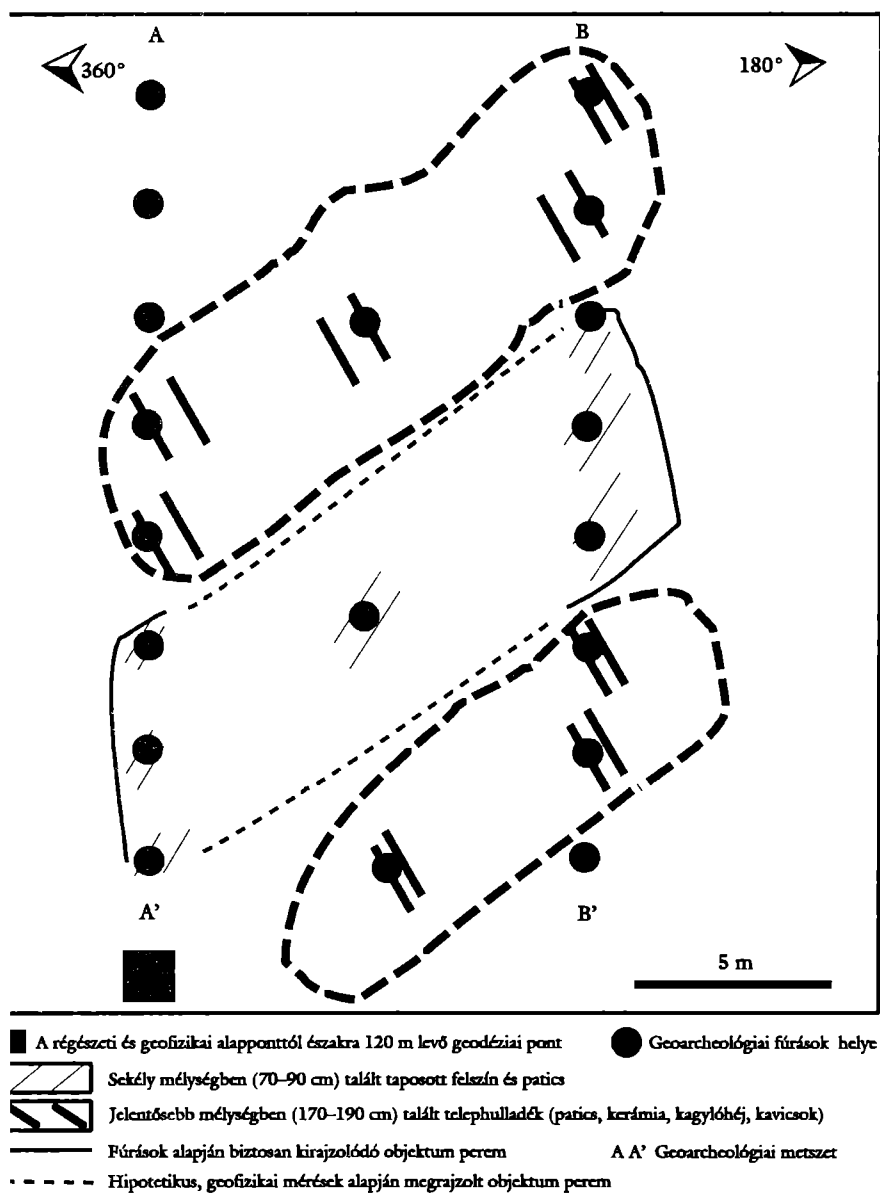
Polgár-Kenderföld bronzkori tell területén kialakított fúrásháló
(Sümegei, 1999 nyomán).



12. ábra.
 Polgár-Kenderföld bronzkori tell területén készített É-
 keresztmetszvény (Sümege, 1999 nyomán).



11. ábra.
 A fajszi Gara-dombon végzett magnetométeres viz-
 credményei (Petrasch, 2001 adatai nyomán átszerke-



13. ábra.

fajsi Gara-dombon végzett magnetométeres vizsgálat és a fúrások alapján rekonstruált kép (Sümegi, 2001 nyomán).

3.3. Geomorfológiai vizsgálatok, a földfelszíni formák környezettörténeti, történeti ökológiai hatásai

Valamennyi régészeti lelőhelyet bizonyos morfológiai környezet vesz körül, valamilyen felszíni formához köthető kialakulásuk. Így tanulmányozásuk során az egykori környezetben élő emberek természettel kialakított viszonyát is vizsgáljuk. A Föld felszínformáival, ezek fejlődésével és az azokat alakító folyamatokkal a földtudományok egyik legfontosabb szakterülete, a geomorfológia (felszínalaktan) foglalkozik. Földünk felszíne a külső és belső erők következtében folyamatosan változik, így a mai helyzet csak kiindulási pontja lehet a múltban élt emberi közösségek egykori morfológiai viszonyait feltáró paleomorfológiai rekonstrukciónak. A morfológiai viszonyok erőteljesen befolyásolták és befolyásolják az egykori környezet mezo-, és mikroklimatikus adottságait, a hidrogeológiai, vegetációs és talajtani viszonyait, az ember által hasznosított környezet elemeit. Így a geomorfológiai, pontosabban paleomorfológiai vizsgálatok kiemelkedő jelentőségűek az egykori közösségek környezethasznosításának, mozgásának, megtelepedésének megértése szempontjából. Hogy milyen jelentős szerepet játszanak a geomorfológiai vizsgálatok a régészeti geológiai elemzésekben, az bizonyítja legjobban, hogy a geoarcheológiai elemzéseket a geomorfológiai vizsgálatokkal kezdjük el. A régészeti geológiai, történeti ökológiai célú geomorfológiai vizsgálatoknál valamennyi eddig felsorolt távérzékelésen nyugvó módszert és a történelmi térképek elemzését felhasználjuk.

Földünk környezeti elemeit, azok változásait, köztük az egykori és mai felszíni formáit térbeli kiterjedésük és időben zajló változások alapján csoportosíthatjuk. A felszíni formákat is csoportosíthatjuk, elsősorban méretbeli kiterjedésük alapján. A legjelentősebb mérettartományba hegységrendszerek, dombvidékek, fennsíkok, síkságok tartoznak, vagyis a felszín nagyszerkezeti egységei. Ebben a mérettartományban az egykori kultúráknak, birodalmaknak a kiterjedését befolyásoló morfológiai tényezőket vizsgálhatjuk. A nagyszerkezeti egységek átalakulásának ideje geológiai léptékű, több száz ezer, millió évet fog át, így a mai nagyszerkezeti helyzet jól felhasználható az egykori közösségeknek ezen a szinten történő környezeti rekonstrukciójára. A nagyszerkezeti egységeknél kisebb domborzati formákat is méretük alapján osztályozhatjuk. A klasszikus geomorfológiai elemzések szerint a makroformákat kilométeres magasságból, a mezoformákat néhány száz méteres magasságból, a mikroformákat néhány méterről ismerhetjük fel. Ezeknek a felszíni formáknak a kifejlődését olyan erőteljesen befolyásolják az éghajlati tényezők, hogy osztályozásuk és genetikai vizsgálatuk során tisztázni kell, hogy, hogy Földünk melyik éghajlati területén képződnek. Földünk felszínén ezért globális léptékben egymástól jól elkülöníthető, a német geográfus munkája nyomán elnevezett „*Büdel-féle klimamorfotikus*” régiókat különíthetünk el, amelyekben belül közös éghajlati hatásra visszavezethető morfológiai folyamatok alakulnak ki. Így a morfológiai formák, a geomorfológiai vizsgálatok fontos bizonyítékot szolgáltatnak elsősorban az egykori éghajlat, valamint környezet többi faktorának a változásairól és állapotáról.

Klimatikusan legérzékenyebb geomorfológiai alakzatok a tavak, lápok, mocsarak, homokdűnék, tengerparti területek, gleccserek. Az colikus (szél által irányított) folyamatok és az éghajlat szárazsága, a talajvíz magassága közötti szoros összefüggés nyomán a fosszilis homokdűnék elterjedése alapján rekonstruálni tudjuk Földünk száraz, sivatagi és fél-

sivatagi zónáinak kiterjedését. Pleisztocén korú fosszilis homokdűnéket tártak fel Nigéria, Kongó, Amazónia trópusi esőerdőiben, bizonyítva ezzel a trópusi sivatagi zóna erőteljes kiterjedését és azt is, hogy Földünk felszínén, geológiai léptékben mérve milyen gyors éghajlati változások történtek az utolsó két-, hárommillió év, a negyedidőszak során. Ugyanakkor az eolikus formák nemcsak az éghajlat aridabb szakaszait jelzik, hanem alkalmasak a korábbi szélirányok és szélerősségének megállapítására is, mert a dűnék elrendeződése ezeknek alakul. Ugyancsak fontos éghajlati jelzőértékkel bír a gleccserek mozgása is. A jégárak képződésének, kiterjedésének és visszahúzódásának folyamata többek között felismerhetővé teszi az elmúlt néhány ezer, vagy néhány száz év éghajlati változásainak menetét, az alapján, hogy a gleccserek nyomán képződött morénákat geomorfológiai, éghajlat-történeti szempontból vizsgáljuk. A tavak magas vízszintje, kiterjedése a nedvesebb éghajlati periódusok kialakulásával mutat összefüggést, A hidrológiailag zárt, lefolyástalan tavak kiterjedésének és vízmélységének változásait szinte úgy használhatjuk mint egy múltbeli csapadékmérő rendszert. A tavak egykori magas vízszintjének közvetlen geomorfológiai bizonyítéka az állóvizek mai vízszintje feletti szárazzá vált hullámverési öv, a magas és száraz partmenti terasz. A felszínformák nem alkalmazkodnak egyértelműen az uralkodó éghajlathoz, éghajlati övekhez, mivel jelentős részük a földtörténeti múltban, a maitól lényegesen eltérő éghajlat tényezők során képződött (pl.: harmadidőszaki reliktum-felszín) és változásaikhoz több ezer vagy több száz ezer év szükséges. Ezeket a reliktum jellegű felszíni formákat használhatjuk fel az egykori éghajlati tényezők megállapítására.

A régészeti geológiai szempontú palcomorfológiai osztályozás a méreteken nyugvó osztályozási módtól eltér, illetve elsősorban a mezoformák és mikroformák szintjén mozogva más szempontok szerint végzi a klasszifikációt. Ezen osztályozás szerint az akkumulációs felszíneken kis kiterjedésű (pontszerű), lineális és areális üledék-felhalmozódási mikrokörnyezeteket (geoarcheológiai fácieseket) különítettek el.

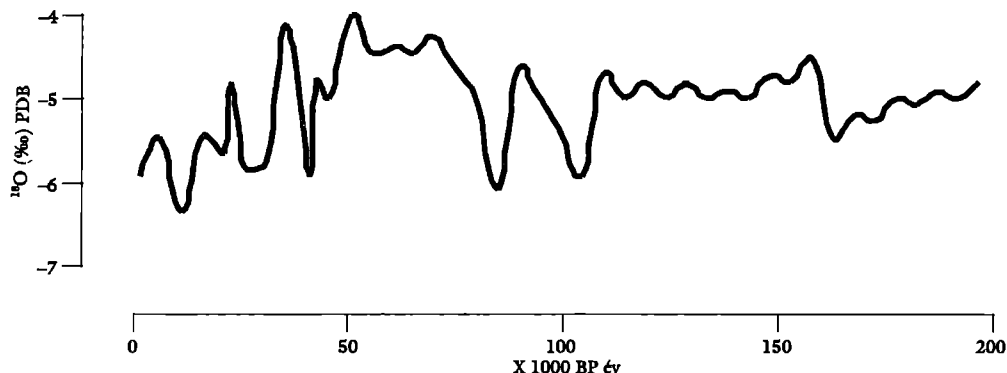
A pontszerű felhalmozódási környezetbe tartoznak a források medencéi, kifolyói, a karszterületek mélyedései (hasadékok, töbrök, uvalák, poljék, eltömődött víznyelők, barlangok és kőfülkék). Ezeken a területeken a meszes bekérgeződések, a speciális mállással képződött talajok lerakódása, az időszakos vízhozam növekedéscsökkentésében kialakult üledékkimosódás, és ezek hatására kifejlődött üledékhiányos rétegsorok, jelentős mennyiségű hullott kötőrmelék felhalmozódása a jellemző. A pontszerű felhalmozódási környezeten elsősorban az időszakos emberi megtelepedéssel számolhatunk, jelentős kiterjedésű, állandóbb emberi telepek csak a nagyobb kiterjedésű karsztos üregekben, a poljékban alakult ki, bár a középkorban forrásokra települő, a források vízének hasznosítására berendezkedett közösségek is kialakultak (pl.: cisztercita szerzetesrend). Környezettörténeti szempontból nehezen értékelhető, réteghiányos, kevert üledékes rétegek jellemzik ezt a környezetet. A kőfülkék kivételével az őskörnyezeti információk származási helye és a felhalmozódási körzetek kiterjedése, az üledék származási helye, a felhalmozódásnak pontos mechanizmusa feltáratlan, ennek a mikrokörnyezetnek hiányzik az aktuálgeológiai modellezése, ezért környezettörténeti szempontból az adatok értékelése problematikus. Ennek ellenére jelentős régészeti geológiai tanulmányok készültek ezeknek a környezeteknek a vizsgálatából. Ennek oka az, hogy a barlangi üledékes rétegsorok, tetarata medencék – különösen a paleolit kultúrák megismerése szempontjából – alapvető információkat hordoznak. Hazánkban a vértesszőlősi, tatai édesvízi mészkőterületeken, a bükki, tornai, gere-

csei, köztük a subalyuki, istállóskői barlangokban tártak fel geoarcheológiai szempontból is jelentős pontszerű üledék felhalmozódásra jellemző mikrokörnyezetet. Magyarországon *Schauer Gyula* és *Schweitzer Ferenc* végznek közösen az édesvízi mészkőterületeken, genetikai és geomorfológiai szempontú, nemzetközi jelentőségű közös kutatásokat. A nemzetközi szinten is elismert magyarországi barlangkutatásban napjainkban régészeti oldalról *Ringer Árpád* a Miskolci Egyetem tanszékvezető docense, környezettörténeti szempontból *Jánossy Dénes* a Természettudományi Múzeum, *Kordos László*, a MÁFI munkatársa, *Fűlkőh Levente*, a gyöngyösi Mátra Múzeum igazgatója és *Futó János*, a zirci múzeum hajdani igazgatója értek el kiemelkedő kutatási eredményeket.

A barlangok és kőfülkék különleges üledéksapkaként foghatók fel, amelyekben a helyben keletkezett (autochton) üledékek és bemosott, szél által beszállított, vagy barlanglakó élőlények által behordott (allochton) anyagok halmozódtak fel. A kőfülke tulajdonképpen egy egyszerű sziklaüreg, amely felett egy kiugró sziklapercem fejlődött ki, míg a barlang a bejáratától kezdve mélyen benyúlhat, bonyolult rendszert alkothat az alapkőzetben. Az élőlények (baglyok, rágcsálók, emberi közösségek) akciórádusza, begyűjtési területe határozza meg, hogy a távolabbról behordott, behordódott üledékek, ősmaradványok vonatkozásában mekkora területet és milyen környezetből származó anyagokat képvisel egy-egy barlang üledéksorozata. Több típusát különítjük el genetikai szempontból: kőfülke, hévforrások útján kialakult fülke, hideg vizes karsztbarlang. A barlangi üledékképződésnek igen jelentős hátránya, hogy a barlangi üledékbefogás idejének kezdetét, a felnyílás idejét pontosan tisztázni kell. Igen problematikus, hogy egyes csapadékosabb periódusokban jelentős mészmennyiség oldódhat fel a barlang falát alkotó karbonátos kőzetekből és csapódhat ki a barlangban felhalmozódott üledékes összlet felszínén. Ezek a szintek álfekűt alkothatnak. Ugyancsak jelentős rétegtani és feltárási problémát okoznak a barlangok falából leváló kőzetek, amelyek helyenként takarószerű réteget képezhetnek, megnehezítve a barlangi üledékek feltárását. Amennyiben ezeknek a leváló kőzetdarabok szélei lekerekítettek, akkor csapadékosabb, enyhébb klímán történt az üledék leválása. Ez különösen abban az esetben igaz, ha elszíneződött, barna színű, karbonátos kiválások cementálják ezeket a kőzetdarabokat. Egykori jelentős lehűlésre következtethetünk, ha éles, sarkos leválású, ún. „*kriofrakcionált*” (fagyhatás következtében szétesett) kőzetdarabok halmozódnak fel a barlangokban vagy kőfülkékben. Mivel a barlangok nyílt üledékes rendszerek, igen sok esetben réteg kimosódás történhet a lerakódásokat követően. Ezeket a kimosódásokat a szelvény szedimentológiai elemzése alapján könnyen kimutathatjuk, de fontos üledékföldtani és őslénytani információkat veszhetnek így el. Ugyanakkor igen jelentős előnye a barlangi üledékeknek, hogy minden éghajlati szakaszban más és más színű üledék halmozódik fel.

A barlangokból nyerhető környezettörténeti információk közül kiemelkedik a leszivárgó vizek által létrehozott függő (*sztalaktit*), álló (*sztalagmit*) cseppkövek, illetve az édesvízi mészkőkiválások (*travertino*) éghajlat-történeti elemzése. Az együttesen szpeleothéma-nak nevezett karbonát kiválásokat oxigénizotóp technika segítségével felhasználhatjuk az egykori éghajlati változások pontos becslésére. A szpeleothémák keresztmetszete az évgyűrűkhöz hasonló koncentrikus gyűrűket mutat, minden gyűrű őrzi a lecsorgó, kicapódó, hidrokarbonátban dús vizek oxigénizotóp összetételét, ez pedig az egykori csapadékvíz összetételével mutat összefüggést. A gyűrűk kora radiokarbon elemzésekkel, vagy uránium sorozattal meghatározható. Az eddig adatok alapján minimum 0,5 °C fokos

változások mutathatók ki ezzel az elemzési módszerrel. A szpelothémák izotópos vizsgálatának jelentős problematikája, hogy egy-egy barlangban, egy-egy speleothéma esetében csak rövidebb időszakok éghajlati változásai vizsgálhatók, viszont kisebb területen található több speleothéma sorozat kronológiai és éghajlattörténeti vizsgálati eredményeinek korrelatív összehasonlításával hosszabb időszak egykori éghajlatának változása is rekonstruálható (14. ábra).



14. ábra.

Kentucky, Nyugat-Virginia, Iowa államok területén található barlangokban feltárt, uránium sorozattal tisztázott korú szpelothémák izotóp eltolódási értékei és az adatok nyomán rekonstruált őshőmérsékleti trend (Harmon és munkatársai, 1978 adatai nyomán megrajzolva).

A barlangban felhalmozódott üledékek esetében a klasszikus üledékföldtani vizsgálatokat mikromorfológiai elemzésekkel egészíthetjük ki. Ezekkel a laza üledék csiszolatos elemzésein alapuló módszerekkel jól elkülöníthetők az *in situ*, helyben lévő rétegek azoktól az üledékektől, amelyek áthalmozódtak és jól rekonstruálhatóak a környezetváltozások, vagy a különböző élőlények által okozott mikroszkópos méretű fizikai, kémiai, biológiai változások. A mikromorfológiai elemzéseket igen jól kiegészítik azok a geokémiai módszerek (fő- és nyomelemzések, röntgen termoanalitikai, infravörös eljárások), amelyek legfőképpen a talajtanban használatosak a különböző talajtípusok és talajszintek elválasztásánál.

A barlangi üledékekben a csigák és gerinces maradványok, magvak, faszéndarabok, pollen szemcsék alkotják az őslénytani anyagot. A barlangi anyagban igen jelentős szerepe van a malakofaunának, mert a Mollusca héjak megléte, állapota és az indikátor faunaelemek alapján igen fontos őskörnyezeti következtetéseket vonhatunk le. Elsődleges szerepe a helyben, a barlang közvetlen környezetében élő faunának van. A barlangok, mint természetes csapdák őrzik a környék malakológiai anyagát. Ezek közül autochton, helyi elemnek kell tekintenünk azokat a fajokat, amelyek kifejezetten barlangi életmódot folytatnak. De hasonlóan helyi elemnek tekinthető a rejtett életmódot folytató, barlangok bejáratánál is élő, de nem csak barlangban élő fajok. A gravitáció, csapadékvíz leöblítő hatására, vagy kisemlősök, rovarok, madarak zsákmányaként kerülnek oda más, a barlangok környékén lévő sziklák felszínén vagy azok repedéseibe meghúzódva, erdei vagy

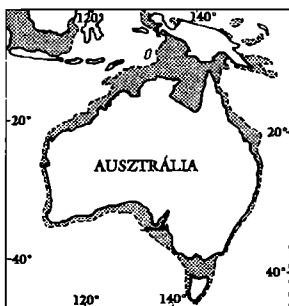
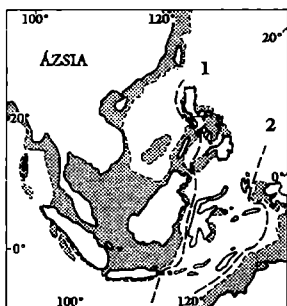
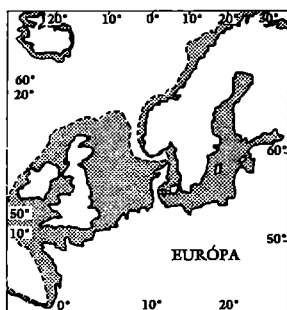
sztyeppei környezetben élő fajok. Ugyanakkor közvetve antropogén tevékenység eredményeként is megjelenhetnek csigák azokban a barlangokban, melyekben valamilyen kultúra képviselői éltek, s ott hulladékot halmoztak fel, mert a hulladéokra sok csiga húzódik be táplálkozni.

A Mollusca maradványok mellett igen jelentős a gerinces maradványok szerepe is a barlangi lelőhelyek őskörnyezeti értékelésében. Különösen a helyben felhalmozódott, az emberi szelekciós hatástól nem érintett gerinces maradványok értékesek paleoökológiai szempontból. Ezek közül is kiemelkedő jelentőségű a denevér maradványok elemzése, mert *Kordos László* munkái nyomán az egykori barlangi hőmérsékletre lehet következtetni ezek alapján. Az egyes denevér fajoknak igen pontosan megállapítható, egymástól eltérő áttelelési hőmérsékletre van szükségük és ennek hiányában nem telepednek meg a barlangban. Az egyes denevér populációk váltakozása alapján így nyomon követhetjük a barlangok hőmérsékletének váltakozását, és összevethetjük a szpeleothéma oxigénizotópos adataival is. Kiemelkedő jelentőségű az emberi megtelepedések szintjében, a kultúrétegben feltárt zsákmánycsontok, vagy tenyésztett állatok gerinces faunisztikai vizsgálata. Ezekben a szintekben különösen jelentős az apró testmértetű fajokból álló, közvetlen antropogén hatásoktól mentes Mollusca fauna vizsgálata, mert az emberi hatásra szelektált gerinces faunához képest a természetes környezeti tényezők kifejlődését rekonstruálhatjuk a malakológiai adatok alapján. Hasonló a helyzet a kultúrétegek tűzhely foltjaiban található, emberek által összegyűjtött és tűzrakásra felhasznált faszenek és ugyanezen rétegek virágporszem elemzése között, mert ezek az összehasonlító vizsgálatok lehetőséget biztosítanak a természetes környezetfejlődés megrajzolására, a gyűjtögetési, vadászati stratégia, az ember által hasznosított környezet rész megrajzolására.

Lineális üledékfelhalmozódási környezethez tartoznak a tengerparti-tengeri, a tóparti-tavi, mocsári, ártéri és delta környezetek. Ezeken a területeken a viszonylag gyors és egyenletes üledékképződés jellemző, ezért igen jelentős mennyiségű és jó megtartású környezettörténeti dokumentumok maradhattak fenn. Ezekben a morfológiai egységekben jelentős emberi megtelepedés tapasztalható, mert mind a halászó-vadászó-gyűjtögető, mind a termelő gazdálkodást folytató közösségek számára megfelelő élettér alakult ki.

A tengerparti területeken az emberi megtelepedést a világ tengerek vízszint ingadozása, a part kifejlődése befolyásolja legerőteljesebben. Viszont a vízszintingadozásokat a szerkezeti, az izosztatikus mozgások, a világ tengerek vízmennyisége befolyásolja. A lokális vagy regionális szerkezeti mozgások igen erőteljesek lehetnek, de nem egy időben hatnak és kiterjedésük egy-egy szerkezeti egység területére korlátozódik. Az emberiség kialakulásával, fejlődésével és világméretű előretörésével egy időben, az elmúlt két-, hárommillió évben, a Földközi-tenger menti és a Kaliforniai területeken zajlott le jelentősebb, 100–200 méteres tektonikai okokra visszavezethető emelkedés. Az izosztatikus mozgások a pleisztocén során kialakult jégtakaró hatására kezdődtek el, mert a glaciálisok (világméretű lefűlések) során mintegy 50–60 millió négyzetkilométert borított szárazföldi jégtakaró, amely helyenként több kilométer vastagságú volt. Ez a hatalmas jégtömeg nyomást fejtett ki a földkéregre és izosztatikus süllyedést okozott. A jég elolvadása után, az elmúlt 10–12 ezer év során a kéreg folyamatos emelkedéssel visszanyerte eredeti helyzetét. Így az egykor jégtakaróval fedett kanadai, skandináviai, skóciai partvidék folyamatosan emelkedett, évszázadonként 3 méterrel. Az emelkedés és a tengerparti területeken a hullámverés okozta erózió következtében 200–250 méteres magasságig tengerparti színvonal alakultak ki az izosztatikusan emelkedő területeken.

A pleisztocén jégtakaró növekedése és visszahúzódása következtében az óceánok víz-szintje is süllyedt, illetve emelkedett, mert a jégtakaróban, gleccserekben tárolt jég mennyisége növekedett vagy csökkent, így a szárazföldi jég és a világtengerek víztömege között dinamikus hidrológiai egyensúly fejlődött ki. Ezt glaciális *eusztatikus* ingadozásnak nevezzük. Ennek következtében a glaciálisok során a világtengerek szintje csökkent (*regresszió*), míg az interglaciálisok (felmelegedések) során megemelkedett (*transzgresszió*).



15. ábra.

Szárazföldi hidak kialakulása a jégtakaró kiterjedése és a tengerszint csökkenése következtében 1. = Wallace-vonal, 2. = ausztráliai biogeográfiai egység határa (Williams és munkatársai, 1993 nyomán átrajzolva)

inkban. A geológiai léptékből gyorsan változó tengerpartokon ennek ellenére kialakultak olyan domborzati formák, amelyek a letelepedést, gyűjtögetést, halászatot, vagy a termelő gazdálkodást alapvetően befolyásolták.

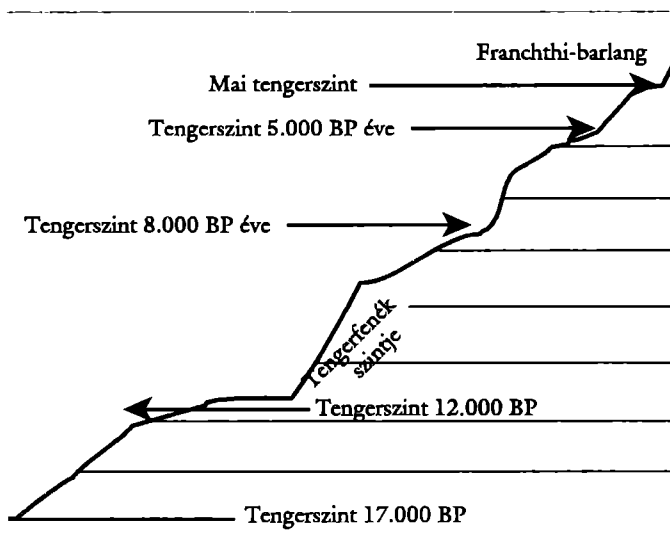
A kiemelt helyzetű hullámverte (*abráziós*) partfalak, a part előtti turzásokból (lidókból) és lagúnákból álló partok, a folyómedrek elöntésével kialakuló riapartok, a gleccservölgyek tengerelöntésével létrejövő fjordok eltérő élettereket alkottak és eltérő megtelepedési, életstratégiai, valamint eltérő gazdálkodási típusok alakulhattak ki. Környezettörténeti vizsgálatok szempontjából a turzásokból és lagúnákból álló lidópart jelenti az ideális terepet, mert ezeken a területeken jelentős mennyiségű üledék és az üledékbe zárt ősmaradvány halmozódhat fel, elősegítve a régészeti geológiai és a történeti ökológiai vizsgálatokat. A tengerpart vízzel borítottsága, az üledék minősége alapvetően megha-

A regresszió következtében a pleisztocén során a sekélyebb vízzel borított területek szárazföldrökké alakultak (15. ábra), így több területen az emberek kontinensek, szigetek közötti mozgását is befolyásoló földhidak alakultak ki. A tektonikai, izosztatikai és eusztatikus hatásra lezajló változások mellett a tengerparti területeken jelentős méretű üledék felhalmozódás, a hullámverés által okozott erózió, a tengerjárás okozata üledékmozgások mutathatók ki. Ezek a változások azt bizonyítják, hogy a tengerparti területek Földünk egyik leggyorsabban változó morfológiai egységét alkotják, ahol néhány emberi generáció alatt is jelentős morfológiai változások alakulhatnak ki és ezek a mozgások a tengerparti területeken megtelepedő közösséget folyamatos változásra kényszerítik. Jó példa erre, hogy az ókorban a görög és római kikötők mélyebb helyzetben voltak, mint napjainkban.

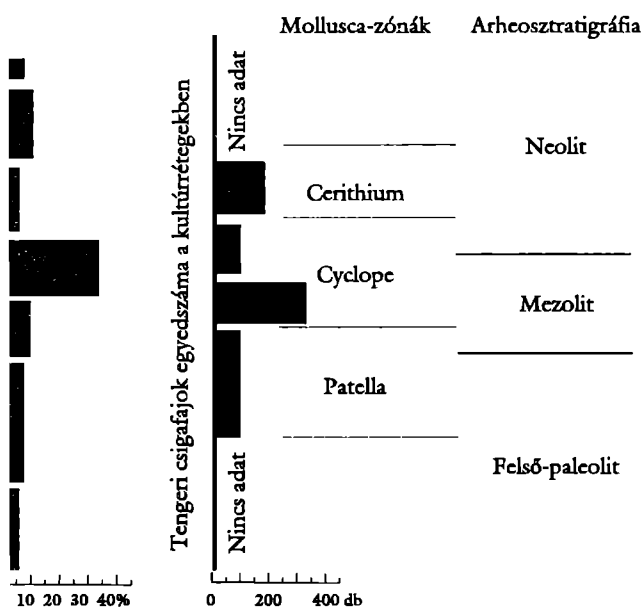
tározta a halászat és a puhatestűek gyűjtögetésének lehetőségeit. Ezt bizonyítja a görögországi tengerparton található *Franchthi-barlang* rétegsorának elemzése is (16. ábra), ahol a felső paleolit közösségek még a sziklára tapadó, abráziós partokra jellemző *Patella* csigát gyűjtögették, és a halcsontok mennyisége csak néhány százaléka volt az összes csont mennyiségének a felső-paleolit rétegekben. Majd a glaciális végén a globális felmelegedés és az ennek nyomán kialakult jégtakaró olvadás hatására eusztatikus vízszintemelkedés alakult ki a barlang környékén és a *Patella* helyett már a mélyebb vízben élő iszaplakó *Cyclope* csiga jelentette a legfontosabb gyűjtögetett puhatestűt a mezolitikum idején. A halcsontok mennyisége ugyanebben az időszakban meghaladta 40%-ot, tehát a vízszint emelkedés hatására a korábban sziklás tengerpart elöntött riaparttá és lidóvá alakult, ahol a mélyebb vizet, illetve iszapos aljzatot kedvelő hal- és puhatestű fajok ideális élettere jöhetett létre. A neolit népcsoportok megtelepedésekor a halcsontok mennyisége visszaesett és újra egy sziklalakó csigafaj (*Cerithium vulgatum*) lett a legfontosabb gyűjtögetett csigafaj. Ez a változás azt bizonyítja, hogy a tektonikus emelkedés hatására a lidó- és riapart kiemelkedett és ez a változás ismét az abráziós, sziklás parton megtelepedő élőlényeknek kedvezett.

A tengeri, óceáni medencékben felhalmozódott üledékek a globális méretű változásokról őriznek meg információkat, mert igen jelentős, több ezer négyzetkilométeres kiterjedésüknél és vízgyűjtő területüknél fogva több millió négyzetkilométernyi területre terjedhet ki az *üledék befogási* területe. A tengeri és óceáni üledékképződés az ember kialakulása szempontjából döntő jelentőségű negyedidőszak folyamán alapvetően nem különbözött a mai folyamatoktól. Viszont az egyes üledékformáknak képződési mélysége és kiterjedése igen erőteljesen megváltozott, elsősorban a glaciálisok idején. Ennek oka az, hogy a világtengerek lehűlése következtében a karbonát kompenzációs szint mélysége, az egyes, hőmérsékletfüggő üledékképződési folyamatok térbeli helyzete megváltozott. A jégtakaró kiterjedése, a szárazföld alakjának megváltozása miatt a tengeri áramlások irányai és kifejlődései is módosultak. A felmelegedések során a tengerek karbonátban telítetebbek, a hidegebb periódusok (*glaciálisok*) folyamán viszont a tengeri üledékek karbonát tartalma erőteljesen lecsökkent. Ezeket a ciklikus változásokat a tengeri üledékeket hárántoló fúrásokban jól nyomon lehet követni.

A glaciálisok során a melegebb tengerfelszínnek kisebb területeket foglaltak el, általában a mészkőképződés, de különösen a korallmészkő képződés területe lecsökkent, a selfek szárazra kerültek. Több sziget a szárazfölddel összekapcsolódott. A delták (főként az Amazonas, Mississippi-Missouri, Nílus, Ganges, Jangce, Huang-Huo, Pó és Rhone folyók deltái) mélyebben benyúltak a tengerekbe, egyrészt a lecsökkent tengerszint, másrészt a szállított, jelentős mennyiségű, durvább szemcse-összetételű szárazföldi üledék miatt. Szárazföld volt a glaciálisok során az Északi-tenger, a La Manche csatorna, az Adriai-tenger, Fekete-tenger jelentős része, a Balti-tenger és Botteni-öböl, időnként szárazföldi híd alakult ki Észak-Amerika és Eurázsia között a Behring-szorosban. Igen jelentős tengeri területeket borított jégtakaró (Antarktiszt környéke, Jeges-tenger, Atlanti-óceán északi része) és a jégtakaróban jelentős mennyiségű moréna anyag szállítódott a nyílt tengerrészek felé. A felmelegedések során, így az elmúlt 10 ezer év folyamán is a jégtakaró összehúzódott, delták területe csökkent, és a tenger elöntötte a selfeket, a tengeri meszes üledékképződés kiterjedt.



a Franchthi-barlang környékén a pleisztocén vége–holocén kezdete óta (Shackleton és van Andel, 1985 nyomán átszerkesztve).



16. ábra.

Franchthi-barlangban feltárt kultúrétegekben található halcsont mennyisége és a csigafajok egyedszáma (Shackleton és van Andel, 1975 nyomán átszerkesztve).

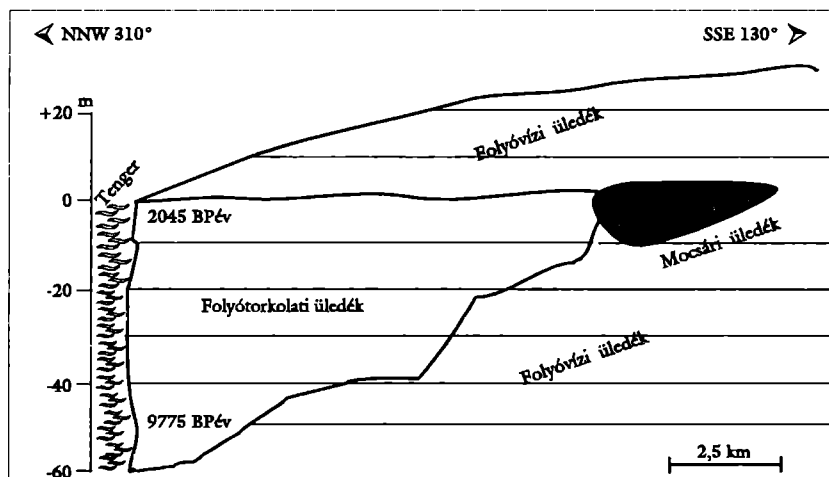
Speciális megtelepedési környezetet alkotnak a korallzátonyokkal borított partok, szigetek, amelyeknek környezettörténeti szerepe különösen a süllyedő óceánfenéki rendszerekben jelentős. Ilyen területek alakultak ki a Csendes-óceánon, ahol a korall-polipocskák által kiválasztott mészképződése lépést tartva az óceáni vulkáni kúpok süllyedésével korallszigetek, korallzátonyok, ún. „*atollok*”, egy speciális megtelepedési környezet létrejöttéhez vezetett Óceániában. A csapadékból származó édesvizet is tároló korallképződmények, gyűrű alakú lagúnák lehetővé tették a megfelelő hajózási, navigációs, térképeszt ismeretekkel rendelkező népcsoportok (pl.: polinézek) több hullámban történő megtelepedését a területen és egy különleges, az óceáni élővilág táplálékforrásait hasznosító, a *szél nomádjai*ra jellemző életmódnak az európai népvándorlással egy időben történő kialakulását okozta. A korallzátonyok a felépítő korall-polipocskák rendkívüli környezeti érzékenysége következtében kiválóan jelzik a tengervíz hőmérsékletét, sótartalmát. Sőt a korallpolipocskákkal együtt élő, fényre érzékeny, fotoszintetizáló egysejtűek (*zooxantellák*) alapján az egykori vízmélységet is rekonstruálni tudjuk. A korallpadokat kronológiai vizsgálatra is felhasználják. A napi, évi ritmusban növekedő korallpadok segítségével már a 20.000 évet is meghaladja napjainkban a radiokarbon évek naptári évekbe történő átszámíthatósága.

A partok speciális kifejlődése a folyóvizek, partok találkozási területe, az *esztuárium*, ahol a folyótorkolatok tengerbe, vagy tavakba érnek. Az esztuáriumoknál a jelentősebb tengerjárasi területeken tölcéértorkolatok alakulnak ki. Ez a torkolattípus a tengeri élettér meghosszabbításának tekinthető, amely mélységénél, védettségénél fogva kiváló kikötőhelyet, valamint a tengeri halak ivóhelyei következtében jó halászhelyeket is alkotnak, ezért az emberi megtelepedés szempontjából olyan kiemelkedő jelentőségű helyet jelentenek, hogy még a vándorló halász-vadász-gyűjtögető életmódot folytató közösségeknél is tartósabb, akár évszakokat átívelő megtelepedéseket okoztak.

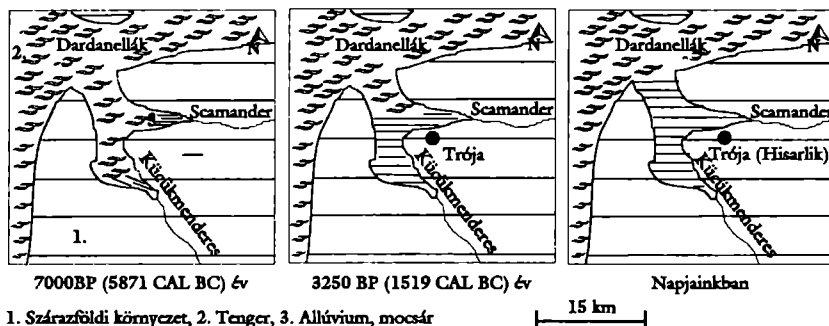
A folyók másik torkolati típusa a deltatorlat, amely a folyóvízi árterek meghosszabbított részének tekinthető. A deltát viszont az ártéri síkságokkal szemben kisebb esés és szétágazó folyómedrek jellemzik, mert ahol a folyó deltává alakul, esése megtörik és a folyóvízi rétegekből álló deltasíkságon deltaágakra bomlik. Valamennyi deltaágnak folyóhátakkal, árvízi lapályokkal kísért meanderövezete alakul ki. A deltaszegélynél már az állóvíznek a parti hullámozása a legfontosabb geomorfológiai tényező, amelynek hatására a deltaszegélyen földnyelvek, turzások, illetve a turzások mögötti lagúnák, iszapos öblök alakultak ki. A deltatorlatokban, a lagúnákban a viharok és a vihardagályok idején a tengerbetörések jellemzőek. Ennek következtében a deltatorlatban megtelepedő emberi közösségeknek kiszámíthatatlanul jelentkező, időszakosan katasztrófaszerű eseményekkel kellett szembe nézniük. A deltasíkságok kiváló termőterületet alkotnak, ahol a fejlett, jól szervezett magaskultúrák már igen korán fejlett gazdálkodást alakíthattak ki. Az édesvízkészlet kiaknázása (öntözés), a tengervíz betörések következtében azonban a deltasíkságok édesvíz tározó rétegei sós vízzel keveredtek, fokozatosan megemelkedhetett a sótartalmuk. Ez a folyamat a mezőgazdasági termelés visszaeséséhez, a kultúrának a deltasíkságon történő összeomlásához vezethetett.

Ugyancsak komoly problémákat okoz a deltaterületeken megtelepedő kultúrák, különösen a kikötőket építő magaskultúrák szempontjából, a deltatorlatba szállított jelentős mennyiségű üledékanyag, amely folyamatosan feltölti ezt a területet. Jól jellemzi az üledékszállítás mértékét, hogy az elmúlt 5000 év során a Mississippi-deltájának területén

hét, a Mexicói-öbölbe mélyen benyúló deltaág alakult ki és mosódott el a tengeri áramlások és hullámnázás következtében. Hasonló időszakban a Tigris és az Eufrátesz, az észak-kínai folyók több száz kilométeres partszakaszt töltöttek fel a Perzsa-öbölben, illetve a Kínai tengerben. A történelmi múltban zajlott partfeltöltődésről igen fontos környezet-történeti kutatásokat végeztek a német geológusok és régészek Trója (Hisarlik) környékén, amely ma már több mint 10 kilométerre helyezkedik el a tengerparttól, de a homéroszi eposzban, az Iliásban még az achájok Trója falai alatt kötöttek ki hajóikkal. A régé-



Globális tengerszint változás hatása az üledékképződésre a trójai Scamander-folyó torkolatában a holocén során



17. ábra.

Tróia környékének geoarcheológiai rekonstrukciója (Kraft és munkatársai, 1980 nyomán átszerkesztve).

szeti geológiai vizsgálatok alapján Tróia városát egy olyan folyótorkolatban építették, amely már a pleisztocén során, 10–15 ezer évvel ezelőtt kialakult, majd a holocén kezdetén, mintegy 10.000 éve az euszatikus vízszint emelkedés következtében tengervíz nyomult a Tróját északról megkerülő Scamander folyó völgyébe (17. ábra). Így sziklafalakkal körülvett, mélyen a szárazföldbe benyúló öböl alakult ki a területen a holocén kezdetén, több ezer évvel Tróia megalapítása előtt. Ez a viharoktól védett, jelentős kereske-

delmi útvonal (Égeikum és a Fekete-, Márvány-tenger közötti Dardanellák szoros közvetlen előterében) mentén található természetes kikötőhely a bronzkor során felértékelődött, amelynek védelmére és kihasználására egyre nagyobb stratégiai jelentőségű település alakult ki. Ez a település fokozatosan helyi és regionális centrummá fejlődött. A régészeti geológiai vizsgálatok alapján az öböl fokozatos, hajózást zavaró üledékkel történő töltődése már a vaskor kezdetétől megindult, de az öböl folyóvízi feltöltődése, ártéri síksággá alakulása csak a Római Birodalom kezdetén, a Krisztus előtti I. évszázadban történt meg. Hasonló folyamatok játszódtak le az ókori Efezosz kikötőjénél is, amely az alluviális folyamatok nyomán teljesen feltöltődött a római kor végére, így Efezosz ma 4 km-re helyezkedik el a tengertől. A mediterrán régióban az ember növényzet-, elsősorban erdőirtás következtében megindított hegy- és domboldalakat átalakító erózió olyan erőteljes volt, hogy a patakok, folyók alluviális síkságain kimutathatók, illetve feltöltődött partszakaszok mentén nyomon követhető. A neolitikum és a bronzkor közötti korai földművelés okozta feltöltődést „*régi feltöltésnek*,” a római kor és a középkor során kialakult feltöltést „*fiatal feltöltésnek*” nevezték el.

Kiemelkedő jelentőségű a partvonalak fejlődésének és az emberi megtelepedéseknek a megértésében, hogy a glaciális időszakban lecsökkent tengerszint következtében jelentős kiterjedésű deltatorokolat alakultak ki és a ma tengerrel borított területeken akár több száz kilométer hosszan elnyúló folyó- és patakmedrek alakultak ki. A deltatorokolatok felnyílására, tölcéséresedésére a legtipikusabb folyamatot a Ganges és Bramaputra folyók torkolatánál, Banglades területén figyelhetjük meg, ahol a negyedidőszak során is intenzíven emelkedő, Földünk egyik legjelentősebb reliefkülönbségét hordozó hegységrendszer előterében, a folyók deltájában a glaciálisok során igen jelentős mennyiségű hordaléktömeg halmozódott fel. Így a pleisztocén fosszilis deltaszegély az utolsó lehülés (glaciális) során több mint 100 kilométerrel délebbre helyezkedett el a mai, felnyíló, tölcéséresedő torkolatok vonalához képest. Bár a bangladesi folyómedrek felnyílását bizonyos mértékig ellensúlyozza a trópusi monszun időszakos, intenzív csapadéka által is irányított jelentős hordalék lepusztulás, a szubhimalájai régió tektonikus emelkedése. Mégis a napjainkban is zajló euszatikus vízszintemelkedés, jégtakaró elolvadás következtében – több százmillió ember fizikai létét fenyegeti. Azt gondolhatnánk, hogy ennek oka a társadalom alacsonyabb technikai fejlettségével, a társadalmi viszonyokkal, a bangladesi szegénységgel magyarázható, de azt tapasztalhatjuk, hogy hasonló problémával küszködik a rendkívül fejlett és gazdag Hollandia is. A tengerparti gátak, a polderesítési program, a víz visszaszivattyúzás, a csatornázás ellenére a hollandiai mélyföldet védő, gátakkal megerősített dűnesor tenger felőli oldalán az emelkedő tengerszint, a sós tengervíz hatására a dűnéket borító telepített erdők elszáradnak, leégnek és növényzeti borítás hiányában a dűnék hátrálása, átrendeződése indul meg. A napjainkban megfigyelhető, a társadalmi erőfeszítések ellenére lejátszódó környezeti folyamatok azt bizonyítják, hogy a holocén kezdetén megindult euszatikus változásra bekövetkezett tengerparthátrálás társadalmi hatásaival nemcsak a múltban, hanem a közeljövőben is számolni kell.

A tavi rendszerek, lápok, mocsarak, bár sok vonásukban hasonlítanak a tengerpartokhoz, de általában kisebb relief, édesvíz és jelentősebb mennyiségű szerves anyag jellemzi azokat. A tavak, lápok, mocsarak klimatikusan rendkívül érzékeny geomorfológiai alakzatok, amelyeknek növényzete, a felhalmozott üledék kifejlődése döntően az éghajlattól függ, de erőteljesen befolyásolják a tavi üledék képződését a tavak partján megtelepedő

emberi közösségek is, mert eróziót kiváltó tényezőként jelennek meg. Az egyik legkidolgozottabb környezettörténeti rekonstrukciós modellt az egykori környezet változásairól, a tó és vízgyűjtő rendszerének kapcsolatáról dolgozták ki, így a különböző tavak partján található régészeti lelőhelyeknek kiemelkedő jelentősége van az ember és környezete viszonyának feltárásában. A tavak, lápok partján az emberi megtelepedést a vízforrás, a halászati, gyűjtögetési és védelemi célok határozzák meg elsősorban. A tavak, lápok és mocsarak a vizes élőhelyek elágazó (tó–mocsár, tó–láp), ritkán leszármazó fejlődési sorának (tó–láp–mocsár) felelnek meg, amelyek olyan kisebb méretű, szárazföldön található mélyedésekben alakulnak ki, amelyek igen változatos földtani, vagy geomorfológiai folyamat eredményeként alakulhatnak ki. Ezek alapján megkülönböztetünk tektonikai, vulkáni, karsztos folyamatok, jégtakaró, gleccser, szél, hegyomlás, folyóvíz és emberi tevékenység által létrehozott medreket. Néhány, tektonikai események hatására kialakult, mélyebb tómeder kivételével (pl.: Bajkál-tó) a tavak feltöltődése geológiai értelemben rendkívül gyors folyamat, de a száz, vagy ezer éves skálán gondolkodó környezettörténeti vizsgálatok és rekonstrukció szempontjából egy-egy tómeder feltöltődése már lokális és regionális léptékben is egyaránt értékelhető eseménysorozatot alkot. A tavi, lápi és mocsári üledékgyűjtő rendszerekre kidolgozott környezettörténeti modell lényege az, hogy egy tó, láp vagy mocsár medrét és vízgyűjtő területét lehatárolják a vízgyűjtő geomorfológiai, illetve geológiai adottságai, a természetes vízválasztó vonala, határai. A vízgyűjtő területről, köztük a régészeti lelőhelyekről, az emberi tevékenység szintereiről (rétek, legelők, gabonaföldek, települések, bányák, műhelyek) származó anyagok, a lejtők alapkőzetéből, talajából lepusztult anyagok mosódhatnak be, szél által szállított por és virágpor szemek hordódhatnak és rakódhatnak le távoli területekről az üledékgyűjtőbe, illetve a tóban élt szervezetekből is jelentős mennyiségű üledék képződhet és halmozódhat fel. A vízgyűjtő terület magasabb térszínén tehát hasonlóan a tengeri és fluviális üledékképződéshez – az anyagok lepusztulásával és szállítódásával számolhatunk, a tavi üledékgyűjtő rendszerben a különböző lepusztulási folyamatokon és szállítási módokon átesett anyagok viszont felhalmozódnak, beépülnek a tavi rendszer fenéküledék rétegeibe és információkat hordoznak a múltbeli környezetváltozásokról.

Természetesen a különböző távolságról származó (*allochton*), vagy helyben felhalmozódott (*autochton*) anyagok más és más léptékű öskörnyezeti változásról tanúskodnak, az üledékgyűjtő terület eltérő távolságban lévő környezeti tényezőjét reprezentálják. Így ugyan az öskörnyezeti adatok egy-egy konkrét mintavételi hely (szelvény, fúráspon) üledékéből származnak, az ott felhalmozódott üledékek ősmaradványok nem kizárólag egyetlen helyről, hanem a szélesebb értelemben vett üledékgyűjtő területén végbement folyamatoknak és az egykori környezetváltozásoknak őrzik meg a nyomait. Az üledékgyűjtő területen felhalmozódott bizonyos anyagok (pl.: szél által szállított por, virágpor szemek) szempontjából a tó, láp vagy mocsár medrének *befogási* területe nem azonos a vízgyűjtő területtel. A szél által szállított poranyag, virágpor szem anyag elsősorban az általános légkörzéstől, széliránytól függ. A felszíni, areális erózióval lepusztult és felhalmozódott üledék behordódására főleg a lejtő meredeksége, növényzeti borítása, a csapadék cioszlása és intenzitása hat. A patakok, folyók által behordott, lineáris erózióval kialakult üledék minőségi és mennyiségi viszonyait a vízgyűjtő terület nagysága, a vízhozam, az éghajlati és növényzeti, valamint alapkőzet viszonyai határozzák meg. A tóban élő növényekre és állatokra pedig elsősorban a tavi, lápi vagy mocsári üledékgyűjtő rend-

szerben található víz kémiai és fizikai faktorai (pH viszonya, hőmérséklete, a fényteltetés, a szerves vagy szervetlen anyagok minősége és mennyisége) vannak és voltak a legjelentősebb hatással. Az eltérő származású anyagok egy helyen történő felhalmozódása azt jelenti, hogy az üledékgyűjtő térben reprezentálja a vízgyűjtő területén végbement változásokat. Ugyanakkor a tavi, lápi vagy mocsári rendszerben található üledékrétegek felhalmozódása időfüggő esemény, ezért az üledékgyűjtő medence (hasonlóan a tengeri, barlangi, vagy löszös rendszerekhez) nemcsak a vízgyűjtő területen történt eseményeket gyűjti össze, hanem időben is rögzíti a felhalmozódott üledékek és rétegek helyzetét. Az erózió, szállítás és akkumuláció nyomán felhalmozódott üledékek a térben és időben történő ökoszisztémái változásokról egyaránt információkat tartalmaznak. A felhalmozódott anyagokon végzett radiokarbon vagy más kormeghatározási módszerek segítségével a vízgyűjtő területén bekövetkezett üledékképződés, lepusztulás és felhalmozódás sebességéről kaphatunk információkat. Ha ezeket a vizsgálatokat összekapcsoljuk paleobotanikai elemzésekkel a növényzeti változásokról is információkat nyerhetünk, majd az üledékföldtani, geokémiai, malakológiai és más paleontológiai anyagokkal bővítve elemzésünket egyre teljesebb képet kaphatunk a üledékgyűjtő múltbeli környezetéről. Bár a tavak, lápok, mocsarak általában folyamatos rétegsorral rendelkeznek pont az emberi tevékenység nyomán alakulhatnak ki olyan réteghiányok, amelyek nyomán az emberi tevékenységre következtethetünk. Tőzegmohás lápterületeinken (keleméri Mohosok, csarodai lápok) például a kelta közösségek megtelepedésének idején alakítottak ki kenderáztatásra, vízszerezésre egyaránt felhasználható mély gödröket, ún. „*tőzegkutakat*” és a kitermelt jó minőségű tőzeget fűtésre is felhasználhatták. Érdekes, hogy a kelták leszármazottai által ma is lakott tőzeglápos területeken (Írország, Skócia) hasonló tőzegkutakat használtak fel kenderáztatásra még a XIX. század végén, a XX. század kezdetén is a hagyományos gazdálkodásra berendezkedett farmokon. Más területeken, mint a kállósejényi Mohos láp, a tőzeg és az iszap kitermelésével a sekély tavi állapotot stabilizálták és ezt a mesterségesen kezelt tavat itatásra, halászatra használták fel a középkor folyamán. Bár ezeknek az emberi hatásoknak a nyomán jelentős réteghiányok alakulhatnak ki, viszont így az egykori közösség környezetét átalakító tevékenységének mértékét, a közösség szervezettségét és technikai szintjét is becsülni tudjuk. A társadalmi hatás kialakulásától kezdődően pedig jelentősebb vastagságú üledék halmozódhat fel, ami a fiatalabb régészeti korok környezettörténeti változásairól nyújthat információkat.

A tavi üledékes összlet időbeli felbontását a rétegzavarokat kialakító tényezők, a szél, az áramlások, anyagmozgások, a rétegzavarokat okozó, üledékfaló vagy üledéklakó élőlények tevékenysége és intenzitása befolyásolja. Amennyiben a regionális vagy mikroléptékű skálán történő környezeti változásokat akarjuk megvizsgálni, akkor olyan kisebb felületű, zártabb üledékgyűjtő rendszereket kell kiválasztani, amelyek csak lokális jelenségekről hordoznak információkat. A pollen felhalmozódás például egy nagyobb felületű tóban, mint például a Balaton, dunántúli Sárrét, a Fertő-tó, a növényzet nagyobb, regionális, több száz négyzetkilométeres mintázatát tükrözi vissza. A kisebb felületű, 1–2 hektáros, völgyekben kialakult tavak, lápok, vagy mocsarak üledékrétegeibe zárt virágporszemek a helyi, néhány hektáros, az üledékgyűjtő körül kialakult néhány száz méteres kiterjedésű vegetáció összetételéről tanúskodnak. Ugyanakkor a nagy léptékű változások, a néhány millió négyzetkilométeres kiterjedésű egykori éghajlati vagy vegetációs övek csak jelentős mennyiségű egymástól különálló mintavételi hely információi alapján rekonstruálhatók.

Nyugat- és Észak-Európából, az utolsó 13.000 év növényzeti változásairól készített növényzeti változások eddigi rekonstrukciójánál mintegy 500 fűráshelyről származó pollen-vizsgálati eredményét összesítették. Hasonló módon lehet régészeti lelőhelyek környezeti hátterét is megrajzolni. A régészeti lelőhelyek környezetében található különböző irányban elhelyezkedő tavi, lápi üledékgyűjtő medencék kronológiailag és technikailag azonos elvek alapján feldolgozott környezettörténeti elemzésével az egyes kultúrák által a környezetben okozott változások térbeli kifejlődése is jól lehatárolható, az emberi tevékenység talajra, növényzetre, az üledékes környezet kémiai összetételére gyakorolt hatása rekonstruálható. Környezettörténeti szempontból kiemelkedő jelentőségű a *MacKereth* brit kutató kezdeményezésére kialakult kutatási irány, az üledékgyűjtő medencék üledékes rétegeinek geokémiai elemzésén alapuló környezeti rekonstrukció. MacKereth szerint az üledékizvási veszteség módszerrel megkapott szervesanyag tartalom és a teljes kémiai elemzés során meghatározott Na- és K-tartalom összefüggést mutat az üledékgyűjtő medence vízgyűjtő területének eróziójával. Ha a vízgyűjtő területet zárt növényzet, az alapkőzetet málladék (ún. „*regolit*”) és talaj borítja, akkor a vízgyűjtő terület erózió szempontjából stabil rendszert alkot, a felszíni vízfolyások elsősorban vízben oldott ionokat szállítanak a tóba, a bejutó szilikát szemcsék mennyisége elhanyagolható. A növényzet éghajlati hatásra vagy emberi tevékenységre történő megbomlása talajeróziót indít el és a tavi üledékes rendszerekbe ekkor eutrófikációt indukáló elemek (kálium, nitrogén, foszfor) kerülnek és ezeknek az elemeknek a hatására az algák elszaporodnak és szerves anyagban dús agyag vagy kőzetliszt, ún. „*detritusz*” halmozódik fel. A növényzet megbomlásának hatására tehát (éghajlati változás, természetes vagy ember által okozott erdőtüz, erdőirtás) a vízgyűjtő terület instabillá válhat, az erózió lepusztíthatja a talajtakarót vagy annak egy részét és ezt követően mállatlan szilikátszemcsék kerülnek az üledékgyűjtő rendszerekbe. Ebben az esetben az üledék Na- és K-tartalma, szervesanyag tartalma ugrásszerűen megnő. MacKereth kutatásai során rámutatott arra, hogy az általa vizsgált oligotróf tavak esetében az üledék vastagsága az erózió intenzitásától függött és a szervesanyag jelentős része is a vízgyűjtő terület talajából származott, azaz az általa vizsgált tavi üledékek nem a tónak a fejlődéséről, hanem a környező területek talajfejlődéséről hordoztak geokémiai információkat.

Ezeket a geokémiai elemzéseket később kiegészítették pollenanalitikai, diatóma, xilótómiai (faszenek), paleobryológiai (fosszilis mohák), üledékföldtani, röntgendiffrakciós, mikroszondás, később pedig az extrakciós geokémiai elemzésekkel (lsd. majd Bátorligeti láp elemzése) és megállapították, hogy a különböző éghajlati periódusokban eltérő üledék típusok halmozódtak fel. A felmelegedési periódusokban (inter szakaszok) a humusz- és szervesanyag tartalom emelkedett meg, míg a hidegebb periódusokban (glaciálisok) során a Ca-, Mg-, Na-, K-tartalom sokkal jelentősebb volt, mint az inter szakaszok folyamán. Ez egyértelműen azzal mutat összefüggést, hogy a melegebb éghajlati szakaszokban megindul a földpátokból, más könnyebben málló szilikátokból az agyagásványképződés. Ezek az elemzések rámutattak arra is, hogy az erdőirtások, erdőtüzek, talajeróziót okozó események nem csak a hamutartalomban és a szervesanyag tartalomban okoztak változásokat, hanem az üledék Na-, K- és Mg-tartalmával is összefüggésbe hozhatók, így ezek az elemek a talajfejlődés és talajerózió kiváló indikátorai. Az oldatban szállított Na, K, és Mg általában oldatban marad az üledékgyűjtő vizében, de a Ca erőteljesen kötődhet szerves anyaghoz, elsősorban huminsavakhoz, jelentős mértékben kötődhet tőzeghez, hínár

növények felszínéhez, algákhoz (különösen a *Chara*-félék – csillárkamoszatok kalcium kiválasztása jelentős). Ezen kívül jelentős kalcium felhalmozók lehetnek a kagylósrákok (*Ostracoda*), csigák és kagylók is. A tavakban felhalmozódott szilikátok igen rosszul oldódnak semleges kémhatású édesvizekben, így összetételük csak csekély mértékben változik.

Azokat a hordalékkal feltöltött síkságokat, amelyeket döntően folyóvízi képződmények építenek fel ártéri (alluviális) síkságnak nevezzük. Az ártéri síkság legfontosabb felszínformáló tényezője a folyómeder. Az ártéri folyók kétféle rendszert alkothatnak, a *meanderező*, illetve a *fónatos* medrek. A kanyargó (meanderező) folyók környékén jól körülhatárolható morfológiai egységek, domborzati formák alakultak ki, amelyek alapvetően meghatározták a különböző kultúrák megtelepedési lehetőségét. Az aktív, fejlődő ártéri síkságon minden domborzati forma, maga a folyókanyarulat is folyamatos változásban van. A meanderek a mederben kialakult áramlások, az épülő és pusztuló partok változása következtében lefelé vándorolnak a folyó mentén, ugyanakkor a kanyarulat tágassága folyamatosan nő. A túlfejlett kanyarulatoknál, a meanderhurok legkeskenyebb pontjánál, a nyakánál az áradás átszakítja az üledéket és meanderhurok lefűződik, ív alakú morotvatóvá alakul. A morotvatavak végeit általában üledékdugó zárja le, maga a morotvató fokozatosan feltöltődik és elmocsarasodik.

Az ártéri síkságokon a morotvatavak alkotják a környezettörténeti vizsgálatok szempontjából legfontosabb domborzati formát, mert lokális üledékcspadát alkotnak, ahol az ártéren megtelepedő emberi közösségek környezetére, és a közösségnek a környezetre gyakorolt hatásaira vonatkozó üledékbe zárt információk fennmaradhattak. Nagyon fontos tudnunk, hogy ezek a morotvatavak nyílt rendszert alkotnak, ahová a fenékhordalékon, a lebegtetett üledéken kívül jelentős mennyiségű, nagy távolságról behordódott, többszörösen áthalmozott anyag (pl.: pollenanyag) kerülhet, amely rontja a környezettörténeti rekonstrukció lehetőségét. Az ártereknek két, eltérő formakincsel jellemezhető típusa alakult ki, a domború keresztmetszetű és a lapos ártéri síkság. Megtelepedés szempontjából a kisvízi meder mellett található, az ártéri síkság legkiemelkedőbb pontját alkotó folyópartokon, ún. „*folyóhátakon*” alakultak ki hosszabb ideig árvízmentes helyek. A rövidebb idejű, szezonális megtelepedés lehetősége az övzátónyok területén található, ahol a szárazabb periódusokban a víz közelében telepedhettek meg a különböző kultúrák emberei. A folyóhurokban kifejlődött övzátónyokból álló terület, bár időszakosan, áradások idején, de víz alá kerülhet. Ennek ellenére mind a vadász–halász–gyűjtögető, mind a termelő gazdálkodást folytató csoportok előszeretettel telepedtek meg a meandereken belül. Ennek oka az, hogy a mederhurok belső oldalán, a folyóvíz által ívben körülvéve tábori megtelepedésre, tenyésztett állatok védelmére alkalmas terület alakult ki. Nem véletlen, hogy a folyószabályozás előtt a Magyar Alföldön is gyakran éjszakáztak a pásztorok a nyájakkal ezeken az „*álomzugnak*” nevezett területeken, úgy, hogy őrzőtűzket gyújtottak a folyóhurok nyakánál.

A folyóhátak mögött ártéri lapályok, árvizek által elöntött mélyebb fekvésű területek alakulnak ki. Az ártéri lapályok legmélyebb pontján a talajvíztükör közelében időszakos vízborítású, kerek, esetleg ovális alakú mocsarak, tavak alakulhatnak ki. Jól látható egy ilyen folyóhát mögötti, ártéri lapályon kialakult kerek formájú tó a 2. ábrán bemutatott úrfelvéten, az ecsegfalvi ártéri területen is. A középkori eredetű elnevezés (*Kerek-tó*) azt mutatja, hogy a tavacska legfontosabb geomorfológiai jellegzetességét már a középkorban

felismerték. Ilyen folyóhát mögötti ártéri tavakat gyakran használtak halászati céllal, illetve a középkori fokgazdálkodás kisebb csatornákkal halastóvá, ívóhellyé alakították. Az ártéri lapályokon az árhullámok visszahúzódásakor sekély vízelvezető, lecsapoló medrek alakulnak ki, ezek a medrek alacsonyabb helyeken átszakítják a folyóhátakat és visszavezetik az árvizeket a lapályról a kisvízi mederbe. Ezeknek a medreknek, vagy mesterséges átvágásoknak, ún. „fokoknak” a magyar középkori, folyók mentén kialakult gazdálkodásban jelentős szerepük volt. A kialakuló alluviális síkságokon, a hegyek peremén, a jelentős reliefkülönbséggel jellemezhető területeken a gyors üledékfelhalmozódás következtében erőteljes folyóhát képződés zajlik, ezért a főmederhez kapcsolódó mellékfolyók akadályba ütköznek és több kilométeren, nagyobb folyók esetében több száz kilométeren keresztül a főmedret kísérő, ártéri lapályokat, korábbi mederalakzatokat keresztező és átfolyó mederként jelentkeznek. Ezeket a medreket amerikai eredetű elnevezéssel *yazoo*-medernek nevezzük. Ilyen yazoo medernek tekinthető a korábban már bemutatott polgári régészeti lelőhely együttestől északra található Tisza-völgyben kialakult Király-ér, Selypes-ér is (7. ábra). A domború árterek mellett a folyami síkságokon lapos árterek is kialakulnak. A fonatos meanderhálózat mentén kialakult lapos ártereken a folyóhátak nem fejlődtek ki, vagy alig észrevehetőek, nincsenek ártéri mocsarak, lecsapoló medrek. Ilyen feltöltődött, minimális relieffel jellemezhető árterek elsősorban oldalirányban épülnek, a medrek külső oldalfala erodálódik, míg belső oldala az áthalmozott, elsősorban kavicsból és homokból álló, ferdén rétegzett fenékhordalékból álló anyagból épül. Ez a fő üledék felhalmozódási tendencia a lapos ártereken, mert a kiöntések nyomán csak vékony iszapos anyag halmozódik fel és ezt a réteget a következő árvíz könnyen elmoshatja. A lapos árterek elsősorban a folyófenéken mozgatott üledékből, a domború ártér pedig árvízi iszapból és finomhomokból épül fel. A lapos ártereket az elágazó, fonatos medrek építik fel elsősorban, bár a fosszilis, inaktívvá vált domború árterek is kiegyenesednek az utólagos feltöltődés, a másodlagos, aktív folyómedrekből származó áradások során beáramló árvízi szuszpenzió lerakódása következtében. A fokozatos, tektonikus mozgások által irányított folyómeder fejlődés és a fő üledék felhalmozódás áthelyeződése következtében a Magyar Nagyalföldön is kialakultak ilyen fosszilis, a pleisztocén során még aktív ártéri területek, ahol az aktív allúvium képződés területéhez (Tisza-völgye) képest enyhén kiemelt topográfiai helyzet alakult ki. Ezekben a régiókban az egykor aktív medrek az árvízi szuszpenzióval fokozatosan feltöltődnek, illetve a folyóhátak erodálódott anyaga a helyi üledékgyűjtő medencékben, a fosszilis medrekben halmozódik fel, így a domború ártér domborzati különbségei fokozatosan kiegyenlítődnek. Ilyen másodlagosan kiegyenlített lapos ártéri síksággá fejlődő régiót alkot a Nagykunság és a Hortobágy is. A nagyobb méretű fosszilis felszínnek mellett ismeretesebb kisebb kiterjedésű pleisztocén ártéri maradványfelszínnek a holocén aktív folyóvölgyek, például a Tisza völgyében is. Ezek a relatíve kiemelt helyzetű szigetszerű maradványfelszínnek árvízmentes területeket alkotnak, így a tartós megtelepedés legfontosabb színterét alkotják az ártereken (lásd 7. és 8. ábra: Polgár Csőszhalom neolitik és a Kenderföld bronzkori tell).

A folyóvölgyek geomorfológiai vizsgálatai azt bizonyítják, hogy az üledékfelhalmozódás és az erózió egyensúlya az időben dinamikusán változik. A tektonikai mozgások, éghajlati változások, a növénytakaró átalakulásai, az erózióbázis (tengerek, óceánok) szintjének változásai a folyóvölgyek geomorfológiai egyensúlyának megbomlásához vezetnek. Ezek a változások az árterek átalakulásához vezetnek és a feltöltődés, bevágódás dinami-

kus, ciklikus változásának hatására hordalékteraszok alakulnak ki. A teraszok kialakulását követően a kiemelt helyzetű teraszok peremén lejtőfolyamatok indulnak meg, és a talajvíz csökkenés hatására colikus felszínformálódás, futóhomok mozgás, löszrétegek kialakulása következhet be. Mivel a teraszképződés időben elhúzódó folyamat, a különböző teraszszinteken, hordalékon kialakult teraszokon eltérő korú kultúrák telepedhettek meg. Különösen jelentősek azok a területek, ahol a teraszképződés mellett forrásokhoz köthető édesvízi mészkőlerakódás is kialakult. Így édesvízi mészkővel fedett teraszsorozatok alakultak ki. Ezeken a területeken az édesvízi mészkőbe zárva rendkívül jelentős korai emberi telepések, alsó és középső paleolit kultúrrétegek maradhettek fenn. Magyarországon a gercsei Által-ér völgyében alakult ki környezettörténeti, geomorfológiai és ősember kutatás szempontjából is fontos, travertinóval fedett teraszsorozat.

Areális üledék-felhalmozódási mikrokörnyezet (régészeti szempontból ún. „régészeti geológiai”, más néven „geoarcheológiai” fácies) löszképződési és futóhomok területeken fejlődik ki. A jelentős kiterjedésű, vegetáció megbolygatása, talajvíz csökkenése, vagy az éghajlat változása, szárazabb éghajlat kialakulása következtében létrejött futóhomok területek mind a trópusi, mind a mérsékletövi területeken kifejlődhetnek. Bár a tekintélyes kiterjedésű trópusi és mérsékletövi sivatagok és félsivatagok különböző formájú és elkesztő méreteket elérő homokdűnék, kavics-, vagy kőmezők következtében nagyon ősi képződményeknek tűnnek, a negyedidőszaki ritmikus éghajlatváltozások következtében a sivatagok térben rendkívül változó alakzatot alkotnak. A glaciálisok idején, a jégtakaró kialakulása következtében a sivatagok területén az éghajlati övek elmozdulása nyomán csapadékosabb klíma alakult ki (ún. „*pluvialis*” fázis), így a sivatagok területe összehúzódott. A Szaharában néhány ezer évvel ezelőtt, a neolitikum során még jelentős kiterjedésű tavak (a Csád-tó a mai kiterjedésénél mintegy negyvenszer nagyobb lehetett!), folyóvölgyek léteztek, amelyekben vízilovak, krokodilok éltek. Az időszámításunk előtti, szavannaszerű tájon marhacsordákat legeltettek a különböző afrikai törzsek, a Tasszili-, Ahaggar-, és a Tibeszti-hegység sziklafestményei és a régészeti geológiai vizsgálatok szerint. A Római Birodalom Africa provinciájában, a ma már sivatagi rétegekkel fedett Észak-Afrikában az egész birodalom, de Róma ellátása szempontjából különösen fontos gabonatermő területek voltak. Így jelenlegi ismereteink szerint a mai értelemben vett Szahara csak a római kor végén, mintegy 1500 éve kezdett el kialakulni. A Szahara és más sivatagok ma is terjeszkedő környezetek, a Szahel-övezetben a szaharai homok mérhető mértékben évente mintegy 4 kilométerrel terjeszkedik dél felé. A sivatagi és félsivatagi környezethez is alkalmazkodtak az emberi közösségek és különböző folyamatosan mozgó, elsősorban az állatállomány fenntartásából élő, nomadizáló közösségek fejlődtek ki. Ismeretesek olyan arabiai törzsek is, amelyek egyedülálló módon bizonyítva sivatagi alkalmazkodó képességüket, egész életükben víz helyett kecske- és birkatejet fogyasztanak. Környezettörténeti szempontból kiemelkedő jelentőségű, hogy a sivatagi környezetben, a kiszáradás következtében rendkívül jól megőrződnek a szerves maradványok és a dűnék mozgása, a viszonylag gyors üledék áthalmozódás nyomán a különböző korú, tartós emberi megtelepedések nyomai is fennmaradhatnak.

Lösz vagy lösszerű üledékek eddigi ismereteink szerint csak az elmúlt 2–3 millió évben keletkeztek. A világméretű lehűlések, a glaciálisok során még jelentős területeken ment végbe a speciális kőzetképződés, a *löszképződés*, amely napjainkban csak néhány, igen kis kiterjedésű vidéken (alaskai völgyek, kínai Cajdam-medence) figyelhető meg. Ez a külön-

leges kőzet a szárazföldek felszínének mintegy 11%-át borítja. A löszös képződmények enyhén diagenizált laza üledékből állnak, amelynek uralkodó szemcsefrakciója a kőzetliszt (0.002–0.02 mm átmérő), elsősorban a durva kőzetliszt frakció (0.06–0.02 mm átmérő). A genetikai problémákat az okozza, hogy ez a szemcseméreti tartomány az üledékképződés során igen sokféleképpen jöhetett létre (fagyhatás, inszolációs aprózódás, gravitáció, hullámverés stb.), ugyanakkor mind a vízi, mind az eolikus szállítási módra jellemző ez a szemcseméret. A lepusztulási, szállítási heterogenitás mellett természetesen jelentkeznek az eltérő felhalmozódási környezetekben kimutatható különböző környezeti hatások is. Lepusztulási, szállítási és felhalmozódási szempontból a löszös képződmények tehát többszörösen heterogén rendszert alkotnak, mert a különböző lepusztulási módon kialakult szemcsék a szállítás során, illetve a felhalmozódási területen keveredhetnek és több eltérő szállításon is áteshetnek: a jég által lepusztított ásványi szemcséket előbb a gleccserek, majd a folyóvíz, végül a szél is szállíthatja. A felhalmozódott és diagenizálódott üledéket a folyóvíz másodlagosan is áthalmozhatja és kiterítheti az ártereken, vagy lejtőfolyamatok révén a már felhalmozódott és kialakult löszös üledék a kialakulásával egy időben (szingenetikus) vagy a kialakulását követően (posztgenetikus úton) áthaimozódhat. A kőzetliszt frakció felhalmozódását egy még igen kevésbé ismert löszdiagenetikus folyamat követi, amikor az eltérő lepusztulási, szállítási és felhalmozódási környezet közöttében heterogén származású laza üledék enyhén diagenizálódik és löszkőzetté alakul. Az eddigi adatok alapján az ártereken a magasabb talajvízszint hatására, a száraztérszíni (eolikus) löszöknél tömöttebb szerkezetű, kevésbé porózus, jelentősebb mennyiségű finomabb szemcseátmérőjű anyagot tartalmazó löszös üledék (infúziós lösz) alakul ki. Az eddig faunisztikai adatok azt bizonyítják, hogy a löszüledékek keletkezése a negyedidőszak hidegebb, szárazabb szakaszaiban játszódott le és a löszképződés megszakad, ha a hőmérséklet és a csapadék növekedése elér egy bizonyos kritikus szintet. Ebben az esetben a löszréteg felszínén erőteljes, mállás, talajképződés indul meg.

A talajképződést a löszös rétegekben az agyagfrakció arányának növekedése, a szerves anyag mennyiségének növekedése, a bioaktivitás intenzívebb volta, az állatjáratok (pl.: egykori, különböző üledékkel kitöltött földigilisztá járatok) számának növekedése jelzi. A talajképződés során a lokális éghajlati, morfológiai és növényzeti viszonyoknak megfelelően a talajképző folyamatok többször megváltozhatnak. A löszös rétegsorok elemzése azt bizonyítja, hogy a ciklikus éghajlati változások hatására fosszilis talaj és löszös rétegek váltakozása alakulhat ki. A löszös rétegek szerkezeti jegyinek makroszkópos és mikroszkópos (laza üledékcsiszolatban történő) vizsgálata alapján az eurázsiai, észak- és dél-amerikai löszövezetek kialakulásában a periglaciális felhalmozódási és diagenetikus környezet alapvető szerepet játszott. A löszös rétegekben kiemelkedő jelentőségű paleolit, elsősorban középső- és felső-paleolit lelőhelyek maradtak fenn. Ugyanakkor a löszös területeken termékeny talajok alakultak ki, amelyek a termelő gazdálkodást folytató kultúrák megtelepedési stratégiáját, mozgását, termelési lehetőségeit, mezőgazdasági hátterét meghatározzák. A löszös rétegeket kerámiakészítésre, vályogfalak kialakítására is felhasználták az ott megtelepedő közösségek. Így a löszös régiókban máig ható, a megtelepedő kultúrák egész életmódját átható termelési feltételek, technikai megoldások (vályogtéglák, vert vályogfalak, a gabonatermesztés döntő súlyával jellemezhető növénytermesztés, takarmányozó állattenyésztés, a szárazabb területeken nomadizáló pásztorkodás) alakultak ki.

3.4. A régészeti geológiai, történeti ökológiai célú üledékföldtani és talajtani vizsgálatok módszerei

3.4.1. A mintavétel előkészítése, a minták kiemelése, kezelése

A környezettörténeti vizsgálatoknál igen fontos, hogy milyen üledékes rendszerből vesszük a mintákat, mert a mintavétel módját, az értékelést, az üledék fajtája, felhalmozódási módja alapvetően meghatározza, csak úgy, mint az, hogy a vizsgált anyag honnan származik, milyen mértékű átalakuláson esett át. A környezettörténeti vizsgálatok esetében a geomorfológiai elemzések során már felvázolt területek különíthetők el: 1. tengeri, óceáni üledékgyűjtő medencékben felhalmozódott üledékek, 2. tavak, lápok, mocsarak üledékei, 3. löszös rétegek–fosszilis talaj sorozatok, 4. barlangok, sziklaüregek, karsztos üregek üledékei, 5. folyóvízi üledékek, 6. jégtakarókból származó anyagok. Az üledékgyűjtő medencéknek a mérete, alakja, a lehordási terület nagysága és felépítése, az üledéket felhalmozó közeg mellett a terület éghajlata is döntő hatással van az üledék felhalmozódásának módjára és menetére. A német geográfus *Büdel* megállapításai nyomán tudjuk, hogy Földünk felszínén olyan régiók (ún. „*klímamorfológiai*” egységek) különíthetők el, ahol az üledékképződés menetét, és a geomorfológiai folyamatokat az éghajlati tényezők alapvetően befolyásolják.

A régészeti geológiai, történeti ökológiai vizsgálatok a XX. század második felében kiforrott negyedidőszaki finomrétegtani mintavételi eljárásokon és feldolgozási modelleken alapulnak. Ennek a módszernek a lényege, hogy a makroszkóposan leírt, megvizsgált, homogénnek látszó üledékretegeket bolygatatlan mintákra bontjuk. A finomrétegtani mintavételen és a standardizált feldolgozáson túl, az adatok korrelatív összevetése és értelmezése, a *Birks*-féle nemzetközi negyedidőszaki, paleoökológiai elemzési rendszer következetes használata alapvető fontosságú, mert a lehető legteljesebb és legpontosabb őskörnyezeti rekonstrukció kialakítását teszi lehetővé. Az egyes környezettörténeti célzatú geológiai és őslénytani vizsgálatok mintaigénye és felbontó képessége más és más. Ugyanakkor belátható, hogy más mintavételi megközelítést igényelnek a különböző laza üledékes rendszerek, eltérő egykori környezetek, mint a tengeri rétegsorok, egy néhány méteres barlangi üledéksor, egy 50 méteres paksi löszfal, vagy a néhány méter vastagságú tavi, lápi rétegek. Igen jelentős különbségek vannak az egyes üledékes rendszerek mintavételénél abban is, hogy feltárásból, vagy fúrásból származó mintákat vizsgálunk meg. A negyedidőszaki lápi, tavi, tengeri rétegsorok csak kivételes esetben (pl.: kiszáradt szaharai tavi rétegek, kiemelkedett tengerparti területek) vizsgálhatók szelvényekben, mert egyébként a jelentős vízborítás a mintavételnek ezt az ideálisnak tekinthető változatát lehetlenné teszi.

Mivel az egyes negyedidőszaki őskörnyezeti vizsgálatok mintaigénye eltérő egymástól, ezért a fúrások feldolgozása során előnybe kerülnek azok a vizsgálati módszerek, amelyek kisebb mintaigénnyel és nagyobb felbontással rendelkeznek. Ugyanakkor nem biztos, hogy ezek a kisebb mintaigényű, adott és nem választott vizsgálati módszerek a negyed-

időszaki palcoökológia kérdéseire választ adnak. Az üledékföldtani, geokémiai, virágpor-szem (pollen), kovamoszat (*Diatóma*) elemzések során 0.5–2 cm felbontású mintákat is vizsgálhatunk. Makro- és mezofossziliák esetében ez a megközelítés nem lehetséges, még szelvény esetében is csak 2–25 cm közötti minták kiemelésére van lehetőség, a fúrások esetében a makrofossziliák vizsgálatához szükséges, minimális 0.5–1.0 kg üledék kinyerése pedig igen jelentős problémát okoz. A fúrásoknál el kell kerülni a mintaanyag keveredését, a pollenanyag szennyeződését, a Mollusca héjak összetörését, a héjak vertikális elmozdulását. Környezettörténeti vizsgálatokhoz zavartalan mintavételt két kézi fúróval, az ún. *Orosz-fejes* fúróval és módosított *Livingstone* fúróval, illetve nagyteljesítményű gépi, bélés-csőves magfúrásokkal biztosíthatunk. Az *Orosz-fejes* fúró vagy mintavevő zárt kamrába gyűjti a mintákat és bolygatatlan mintavételt tesz lehetővé. A feltöltődött tavak rétegeinek vizsgálatához fejlesztették ki a *Livingstone*-fúrót 1955-ben. Rendkívüli nehézséget jelent, ha a fúrásakor egy puhább réteg alatt keményebb réteg helyezkedik el, mert a puhább réteg ekkor tömörödik. A rétegtömörödést úgy kerülhetjük el, ha a puhább réteget kiemeljük egy fúrással, majd a keményebb réteget harántoljuk a fúróval. Ezzel a mintavevővel lehetőségünk van bolygatatlan, szennyezésektől mentes mintavételre víz borította területen is, bár a csónak rögzítése meglehetősen problematikus, ezért elsősorban olyan területek feltárására alkalmas, ahol a tó teljesen feltöltődött, vagy a télen történő fúrótelepítéséhez megfelelő vastagságban befagy. A fúrás során legkedvezőbb esetben a fúrócső hosszának megfelelő 40–100 cm hosszú magminta nyerhető. Egymást követő kiemelések esetén a fúrócső hosszának megfelelő szakaszokból álló rétegsor nyerhető ki. A fúrási szakaszhatárok igen jelentős eltéréseket okozhatnak a szennyeződés, üledék deformáció és a mintavesztés következtében, ezért vezették be az ún. „*átfedéses*” (overlapping) fúrás-technikát. Ennek a lényege az, hogy két furatot készítünk közvetlenül egymás mellett. Az egyik fúrást mélyebb szintből indítjuk, általában a fúrócső hosszának a felétől lefelé. Így két egymáshoz képest fél csőhosszal eltolts fúró-mag sorozatunk lesz. A két fúrás-sorozatot litosztratigráfiaiilag összeillesztjük és mind a kettőt felhasználjuk részminták vételére.

A negyedidőszaki üledékes képződmények elsősorban enyhén diagenizált laza üledékek, így nem okoz különösebb gondot a minta fúrófejből történő kiemelése vagy kinyomása. A fúrómag darabolását, vagy részmintákra bontását különböző módszerekkel, késsel, elektromos rezgőkéssel végezhetjük. A jelentős víztartalmu, nagyon puha üledékeket fagyasztva is bonthatjuk részmintákra. Valamennyi üledéktípus esetén a részmintára bontás előtt az üledék makroszkópikus tulajdonságait le kell írni (*litofációs leírása*) és az egyes rétegeket el kell választani egymástól. A réteghatárok kijelölése után a rétegeket, a finomrétegtani szabályoknak megfelelően részmintákra bontjuk. Az egyes rétegek finomrétegtani bontásakor olyan rész minta vételi skálát kell választanunk, amely az adott vizsgálatnak megfelel. A Mollusca fajok esetében szélesebb intervallumot (ennek szélességét az üledékben található legnagyobb testméretű faj határozza meg) kell választanunk (minimum 4–5 cm), míg a pollen, diatóma vagy geokémiai elemzés esetében mm skálájú mintavétel is lehetséges. A fúrómagokat még a terepen becsomagoljuk két réteg fóliába, majd alufóliába. Ezt követően a fúrás mélységét, és a fúrás irányát (a fúrómag talpának irányát) megjelöljük. A fúrómagokat hosszú távon hűtőházban vagy hűtőládában tároljuk 4°C fokon. Ezen a hőmérsékleten elkerülhető, hogy a minta kiszáradjon, vagy megfagyjon, deformálódjon, vagy bakteriális lebontás keletkezzen.

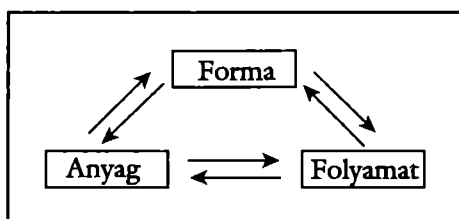
Természetesen a régészeti geológiai és környezettörténeti szempontból fontos negyedidőszaki üledékes képződményekből nemcsak fúrások során nyerhetünk mintákat és rész-mintákat, hanem a mesterséges (téglagárak anyagnyerő gödreinek a falát, útbevágásokat) és természetes feltárásokat (folyók magaspartjait) felhasználva szelvények mentén is gyűjthetünk mintát. A terepbejárások során kiválasztott szelvények felszínét letisztítjuk, majd tengerszint feletti magasságukat, koordináta pozíciójukat, hasonlóan a fúrásokéhoz rögzítjük. Ezt követően a tiszta, „*bányanedves*” rétegeket a színük, makroszkópos szerkezeti és üledékföldtani tulajdonságaik alapján elkülönítjük, és ahol erre lehetőség van, a nagyobb egységek geomorfológiai helyzetét és egymáshoz való viszonyát kétdimenziós geológiai szelvényrajzon rögzítjük. A geológiai szelvények az útbevágások, szőlőtelepítések, bányafalak révén helyenként több száz méteres kiterjedésűek lehetnek. A kétdimenziós geológiai szelvények adataiból az AUTOCAD, WINDSURF vagy más térbeli szelvényt szerkesztő programcsomag felhasználásával háromdimenziós képet készíthetünk a litofáciesek térbeli kiterjedésének bemutatására.

Ezt követően a geológiai szelvényen belül, a szelvény legjellemzőbb részén, megközelítőleg 1 m széles metszetet alakítunk ki, ahonnan a makroszkóposan elkülönített rétegekből az őslénytani és matematikai-statisztikai értékelés igényeit figyelembe véve, maximum 25 cm-es, minimum mm-es felbontásban (például üvegcsöves mintavételi technikával) vehetünk mintákat a laboratóriumi vizsgálatokhoz. A mintavétellel a szennyeződések elkerülése céljából felülről lefelé kell haladni. A metszetsíkon a tér mindhárom irányába igyekezzünk profilt kialakítani az üledéken megfigyelhető, makroszkóposan látható szedimentációs, diagenetikus bélyegek és struktúrák (mangános, vasas, karbonátos foltok, bekérgezések, az egykori növényzet maradványai, állatnyomok, áthalmozásra utaló üledékjegyek) és a réteghatárok pontosabb megismeréséhez. A térben és időben végbement változásokat az üledékes rétegekben kimutatható változások vagy az ősmaradványok nyomán rekonstruálhatjuk. Az ősmaradványokhoz sorolhatók mindazok az egykori élőlények, vagy az egykori élőlények részei, amelyek az üledékes kőzetekbe betemetődtek és a fosszilizáció folyamatát követően fennmaradtak, megőrződtek. Az ősmaradványokat általában a nagyobb méretű makro- és a kisebb méretű mikrofossziliákra csoportosítjuk. Ez a megközelítés azon alapul, hogy az ősmaradvány mérete a szabad szemmel látható vagy a mikroszkóppal vizsgálható kategóriába esik-e. A legújabb őslénytani munkák a puhatestűek (*Mollusca*) törzsét, elsősorban a kagyló (*Bivalvia*) és a csiga (*Gastropoda*) osztályokat a mezofossziliák közé sorolják, mert bizonyos kisebb méretű csoportjaik, fajaik csak mikroszkóppal vizsgálhatók, ugyanakkor a puhatestűek más csoportjai szabad szemmel is könnyen tanulmányozhatók.

A negyedidőszaki üledékekben, elsősorban az anaerob tavi üledékekben, tőzgekben, de folyóvízi, barlangi vagy régészeti lelőhelyen is gyakran található makroszkópikus növényi eredetű maradványok között szerepelnek a magvak, termések, fa és más növényi részek (pl.: levelek, rügyek, pikkelyek, tövisek és tüskék). A makroszkópikus ősnövényi maradványok többnyire az eredeti betemetődés, az egykori növekedés helyén találhatóak, ott halmozták fel és temetődtek be. A makrofossziliák gyűjtése során jelentősebb üledékmenyiséget kell begyűjteni, mint a mikrofossziliák esetében, mert a reprezentatív értékeléshez a nagyobb méret miatt nagyobb minta térfogat járul. Ugyanakkor a számlálás és a számlálási eredmények statisztikai értékelése nehezebb. Ez különösen igaz a jelentős méretbeli változatosságot mutató gerinces (kisemlős, emlős, madár, hüllő, kételtű) ma-

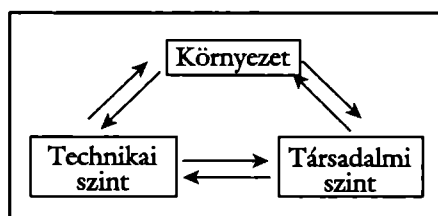
radványokra. A geomorfológiai vizsgálatokat követően a régészeti és a környezettörténeti lelőhelyeken, a fekvőzettől a kultúrrétegekig, a beágyazó kőzeteken, a különböző idő alatt felhalmozódó rétegekből mintákat kell venni. Mintavételnél el kell különítenünk a fúrással feltárható területeket és a felszíni feltárásból gyűjthető mintavételi helyeket. A terepbejárások során kiválasztott háttér lelőhelynek számító természetes feltárások, vagy mesterséges, téglagyári vagy régészeti ásatások során kialakított szelvények felszínét le kell tisztítani. Majd ezt követően a tiszta, bányanedves rétegeket a színük, a makroszkópos szerkezeti és üledékföldtani tulajdonságaik alapján el kell különíteni, és ahol erre lehetőség van, a nagyobb üledékes egységek (lössrétegek és fosszilis talajok, égett faszeneket tartalmazó szintek, tavi, folyóvízi rétegek) geomorfológiai helyzetét és egymáshoz való viszonyát geológiai szelvényrajzon rögzítenünk kell.

Különösen fontos a távkorrelációt biztosító egykori talajszintek, kronológiai vezető szintek, pl. egykori vulkáni hamuszintek (tefrahorizontok) rögzítése. A fúrások, természetes feltárások, régészeti szelvények összekapcsolása alapján akár több száz méter hosszú geológiai szelvényeket alakíthatunk ki. Amennyiben lehetséges érdemes a régészeti szelvényen belül is geológiai szelvény kialakítani, azaz a régészeti szelvényt túlmélyíteni a kultúrrétegen, így a régészeti objektumot beágyazó üledékes rétegnek és már üledékes rétegek viszonyát tisztázhatjuk. A mintavételi eljárásnál fontos tudnunk, hogy a régészeti múlttal foglalkozó, az egykori ember környezeti háttérét kutató szakember munkája a fosszilizálódott egykori szervezetekre és azokat beágyazó kőzetekre korlátozódik, míg a régész az ember által hátrahagyott tárgyakat vizsgálja, vagyis az anyagnak azokat a megjelenési formáit használhatják fel az időben történő tájékozódáshoz, az egykori természetes és társadalmi vagy kulturális környezet folyamatainak rekonstrukciójához, amelyek a beágyazódást követően múltunkból, az időben történő folyamatok során, a betemetődést és átalakulást (információcsökkenést) követően fennmaradtak (18. ábra). A természetes változások (pl.: éghajlatváltozásra bekövetkezett környezetátalakulás), valamint az emberi közösségek szociális vagy technikai fejlődése során fellépő, napjaink felé haladva egyre növekvő intenzitású emberi hatásokra (pl.: erdőirtás, szántók, legelők kialakítása, építkezések stb.) bekövetkezett környezetátalakulások között különböző szintű, erősségű hatásokkal és visszacsatolásokkal jellemezhető rendszer alakult ki (19. ábra). A régészeti geológiai, történeti ökológiai vizsgálatoknál a mintavétel kiemelkedő jelentőségű, mert az ősmaradványokat, a beágyazó kőzeteket a mintavétel során készítjük elő a természet-



18. ábra.

Az egykor lezajlott folyamatok rekonstrukciók lehetősége a történeti tudományokban (Sümegei-Kertész, 1998 nyomán).



19. ábra.

Az ember és környezet kapcsolata (Pounds, 1978 nyomán átszerkesztve).

tudományos vizsgálatokra. Így az üledékek, ősmaradványok által behatárolt kereteken, lehetőségeken ezek a vizsgálatok sem tudnak túllépni. A geoarcheológusnak, történeti ökológiával foglalkozó szakembernek, a régészekhez hasonlóan, el kell fogadnia az ősmaradványokat és a beágyazó üledéket ott, ahol megtalálta és a vizsgálatokat követően kell eldöntenie, hogy a vizsgált anyag honnan származik, milyen mértékű átalakuláson esett át és mit reprezentál. A geoarcheológus mintavételi szempontból korlátozott vizsgálatokkal rendelkeznek, mert vizsgálatának tárgya már elpusztult, betemetődött, beágyazódott, átalakult, kőzetté vált. Az elszállítódás, kőzetté válás és az áthalmozódás folyamatai a betemetődéstől kezdődően a mintavételig hatnak és ezek a pontos környezeti rekonstrukció lehetőségét lerontják.

3.4.2. Régészeti geológiai és környezettörténeti célú üledékföldtani és talajtani vizsgálatok

A környezettörténeti vizsgálatok esetében az üledékgyűjtőben felhalmozódott laza üledék kiemelkedő jelentőségű az egykori környezet rekonstruálása szempontjából. Általában ezekben az üledékgyűjtőkben az ásványi, szervesen eredetű üledék mellett jelentős mennyiségű biogén származású szerves anyag is felhalmozódik, így több, eltérő üledékes kőzettípusok, laza üledékes rétegek alakulnak ki. Ezeket a kőzeteket genetikájuk, a fizikai, szemcseösszetételi tulajdonságaik, a növényi maradványok alapján sorolhatjuk különböző rendszerekbe. Az egyik legismertebb, legteljesebb laza üledékek osztályozására alkalmas rendszert egy dán geológus *Troels-Smith* alakította ki 1955-ben. Rendszerének lényege, hogy a tavi, mocsári és lápi rendszerekben felhalmozódott üledékeket meghatározott számú komponensek keverékének tekintette. Az összetevőket genetikájuk alapján 6 kategóriába csoportosította (*Turf*, *Detritus*, *Limus*, *Agrilla*, *Grana* és *Substantia humosa*). Fizikai tulajdonságok esetében a laza üledékeknél megkülönböztetnek színindexet, rétegzettséget, az elasztikusság mértékét. Ez a módszer a talajmechanikából is ismeretes, ahol meghatározott vízmennyiséggel keverve a talajokat illetve a laza üledékeket, különböző formákra (kifli, gyűrű) gyúrás mutatja meg az elasztikusság mértékét, amely igen erőteljesen összefügg a szemcse összetétellel. Ez a rendszer bizonyos mértékig figyelembe veszi is az üledék struktúráját, a makroszkóposan megfigyelhető szerkezeti jegyeket, de napjainkban a laza üledékes rendszerek vékonycsiszolatos (mikromorfológiai) elemzése nyomán felhalmozódott ismeretanyag már jelentős mértékben meghaladja ezt a korábban kialakított rendszerben foglaltakat.

Az üledékek színének leírásához a hazai és a nemzetközi talajtani és laza üledéktani vizsgálatoknál használatos Munsell Soil Color Charts-ot használhatjuk fel. A szemcseösszetételi elemzéseknek kiemelkedő jelentősége van, mert a szemcseösszetételi vizsgálatok alapján az üledékes fáciesek, az egykori üledékképző környezetek elkülöníthetők.

A szemcseösszetétel meghatározására különböző pipettás, röntgensugaras, illetve lézeres mérési eljárásokat használhatunk fel, de a felsorolt eljárások összehasonlító elemzése rámutatott arra is, hogy a nagy pontosságú mérési módszerek felhasználása során kapott eredmények is csak ugyanazon módszerek és mérési feltételek mellett vethetők össze, és egymással összehasonlítva igen eltérő eredményeket mutatnak. Magyarországon a jelentősebb, régészeti geológiai szempontból is kiemelkedő mennyiségű szemcseösszetételi adatot a *Casagrande-féle* pipettás módszerrel végzett vizsgálatokkal kapták a kutatók.

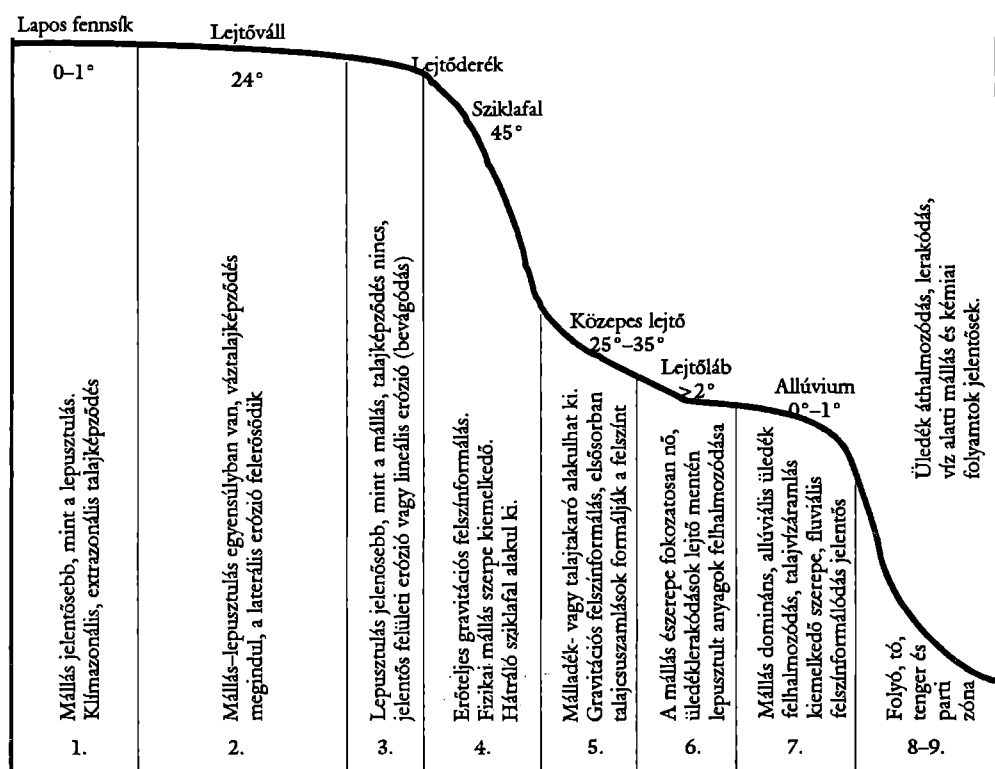
Minden környezettörténeti, vagy régészeti lelőhelyről származó üledékes és talajtani minta esetében fontos meghatároznunk annak karbonát, szerves és szervetlen anyag tartalmát. Ennek meghatározására a *Dean-féle* izzításos eljárást használhatjuk. A módszer lényege, hogy a mg pontossággal bemért tömegű mintákat porcelántégelyben előbb 105 °C fokon kiszáritjuk. A tömegcsökkenésből számítjuk ki a nedvesség- és száraz anyagtartalmat. A légszáraz anyagból álló mintákat ezt követően 550 °C fokon kiizzítjuk és a 105 °C fokon kiszáritott üledék tömegveszteségéből kiszámítjuk a szerves anyagtartalmat, a maradékból pedig a hamutartalmat. Az 550 °C fokon kiizzított üledéket ezt követően 900 °C fokra hevítjük, majd a mg pontosságú visszamérést követően a tömegcsökkenésből kiszámítjuk az összes karbonát tartalmat. A karbonát, szerves és szervetlen anyag tartalomról jelentős következtetéseket vonhatunk le az egykori üledékes környezet fejlődéséről. A karbonát, szerves és szervetlen anyag tartalom meghatározására később bemutatandó geokémiai módszereket, műszeres méréseket is végezhetünk.

A szemcseösszetételi adatokat, karbonát tartalmat és a szöveti statisztikai paramétereket a tankönyvben is bemutatott *Keith David Bennett*, az uppsalai egyetem professzora által szerkesztett, internetről is letölthető Psimpoll-, vagy más szelvényyszerkesztő programcsomag felhasználásával mutathatjuk be, szelvények szerint. Az üledékoszlop, a rétegsor megrajzolása során a fentebb bemutatott *Troels-Smith*-féle, a nemzetközi gyakorlatban elterjedt laza üledék kategóriákat és szimbólumrendszert használtuk fel. Ezeket a kategóriákat a régészeti lelőhelyek geológiai és a háttér lelőhelyek környezettörténeti vizsgálatának példákon történő bemutatásánál az üledékretegek jellemzésénél szelvényábrán közöljük a tankönyvben.

A régészeti geológiai vizsgálatok kiemelkedő jelentőségű területe az egykori talajok régészeti célú, ún. „*archeopedológiai*” vizsgálata. A talajok képződését az alapkőzet, a domborzat, az éghajlat, növényzet (élővilág, elbontó mikrobiális szervezetek), a talajképződés kezdetétől eltelt idő, az emberi tevékenység is befolyásolja. Ezek az egymással is összefüggést mutató tényezők, az alapkőzet és az idő kivételével rendkívül gyorsan változnak és változásuk nyomán a talajképződés és a talajok is megváltoznak. A talajképző kőzet fizikai tulajdonságai, kémiai és ásványtani összetétele jelentős mértékben befolyásolja a kőzeten kialakult talaj tulajdonságait. A domborzati tényezők alapvetően meghatározzák a felszíni és felszín alatti vízmozgásokat, a táj és a talaj rendszeren belüli anyag- és energiaáramlásokat, de módosíthatják az éghajlati tényezők hatását is (gondoljunk csak egy dombnak vagy hegynak az északi vagy déli oldalára). Az éghajlati tényezők közül első sorban a hőmérsékleti és a csapadékviszonyok határozzák meg, hogy milyen fizikai, kémiai folyamatok, milyen sebességgel játszódnak le a talajban. A biológiai tényezőkön első sorban a talajerő szempontjából kiemelkedő jelentőségű humusz szerves anyagát termelő, talajfelszínen megtelepedő növényzetet és a biomassza lebontásában szerepet játszó mikrobiális szervezeteket értjük.

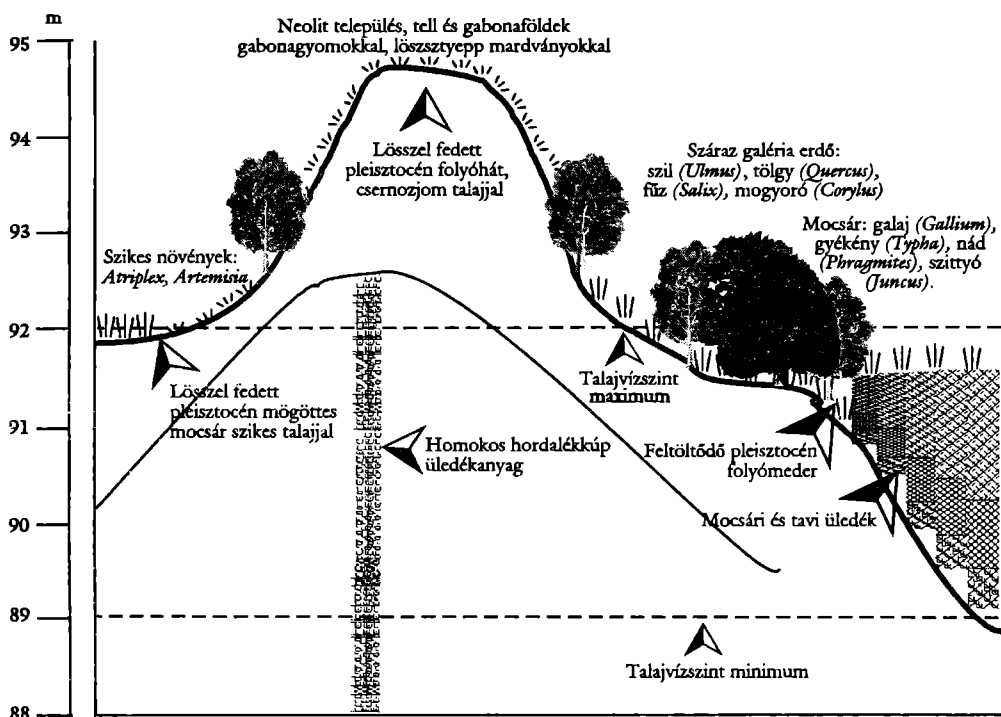
Mivel az éghajlati tényezők és a velük szoros összefüggést mutató vegetációs viszonyok Földünk felszínén övezeteket, zónákat alkotnak, a talajok egy jelentős része is ezeknek a zónáknak, első leírójuk alapján, a *Dokucsjev-féle* öveknek megfelelően alakulnak. Azokat a talajokat, amelyek ezekre az övezetekre jellemzőek, zonális talajoknak nevezzük (lomboserdő-barna erdei talaj, sztyeppövezet-feketeföld, tajgaerdő-podzoltalaj stb.). Ugyanakkor ismeretesen olyan talajok is, amelyek esetében az alapkőzet vagy a domborzat hatása olyan jelentős, hogy felépítésük, kémiai összetételük elkülönül a zonális ta-

lajokétól. Ezeket *extrazonális* és *intraazonális* talajoknak nevezzük. A talajok nem csak a eltérő energia- és csapadékbevételel jellemezhető szélességi öveknek megfelelően mód-
suló éghajlati zónák mentén, hanem a fokozatos hőmérsékleti és csapadékváltozást okoz-
tengerszint feletti magasságoknak megfelelően is változnak (orografikus talajváltozások).
A lejtők mentén jelentkező, egymással összefüggésben lévő geomorfológiai, talajtani é
üledékképződési változások olyan jellegzetesek, hogy az egykori környezetrekonstrukció
szempontjából is fontos, térben változó talaj- és felszínfejlődési modellt, a *catena* kon-
cepciót dolgozták ki a jellemzésükre. A catena koncepció abból indul ki, hogy az egye
éghajlati övezeten belül a magasság növekedésével, a lejtőszög változásával a változó ég-
hajlati, biológiai, domborzati feltételek között az aprózódás-mállás üteme, a talajképző-
dés, a talajtakaró vastagság a domborzati formáknak és az eltérő lepusztulás-felhalmozó-
dási egyensúlynak megfelelően változik, eltérő talajsorozatok, catenák alakulnak ki (20
ábra). Ezeket a catenákat kisebb, de változatos felszínű, eltérő domborzatú, mozaiko-
morfológiai viszonyokkal jellemezhető árterek talajainak rekonstrukciójához is felhasz-
nálhatjuk. Ilyen kisebb, de változatos morfológiai egységben, a geomorfológiai adottsá-
goktól is függő talajvíz magasság hatására kialakuló talajsorozatot sikerült kimutatni
Polgár-Csőszhalom környezetében (21. ábra), a geomorfológiai, üledéktani és első
sorban a későbbiekben tárgyalt mikromorfológiai vizsgálatok alapján.



20. ábra.

Catena koncepció, egy hipotetikus felszínfejlődési modell
(Dalrymple és munkatársai, 1978 nyomán átrajzolva).



21. ábra.

Polgár-Csőszhalmi neolitikus kori catena (Sümegi és munkatársai, 2002 nyomán).

A különböző üledékes rétegekben található, éghajlatváltozást bizonyító fosszilis talajszintek sorozatokat alkotnak. A fosszilis talajok különleges geológiai rétegnek foghatók fel, mert a fosszilizáció során megszűnt a talajlakó élőlények biológiai aktivitása, így az eredetileg élő réteg átalakult geológiai képződménnyé. A korábbi kutatás arra törekedett, hogy ezeket a fosszilis talajszinteket genetikailag tisztázza és a recens talajszinteknek megfelelő elnevezéssel és genetikai párhuzamosítással a fosszilis talajszinteknek őskéghajlati, ökoszisztémái jelzőértékét tisztázza, a ciklikus éghajlati és ökoszisztémái változásokat bizonyítsa. A fosszilis talajszinteket olyan mértékig tekintették kor és környezetjelzőnek, hogy a *globális környezeti eseménynaptár* egyik legfontosabb terasztrikus eszközét látták ebben a képződményben. Ennek oka az volt, hogy feltételezték, hogy az eltemetett talajszintek egy bizonyos ősi felszínt borítanak és figyelembe véve a felszín morfológiai, tengerszint feletti változásaiból következő talajfejlődési változásokat (*catena koncepció*) ezeket az ősi felszíneket rekonstruálhatjuk. A rekonstrukció alapján olyan horizontális vezető szinteket nyerhetünk, amelyek összevethetők a különböző üledékgyűjtő medencék üledékeiben megfigyelhető környezeti változásokkal, illetve szinkronizálhatók a különböző tájak, régiók, kontinensek fejlődésével.

Ez az alapkoncepció nem számolt azzal a problematikával, hogy a talajok genetikai besorolását napjainkban elsősorban geokémiai vizsgálatok eredményei alapján végzik, viszont a talajok kémiai paraméterei a fosszilizáció során, a talaj élő működését követően

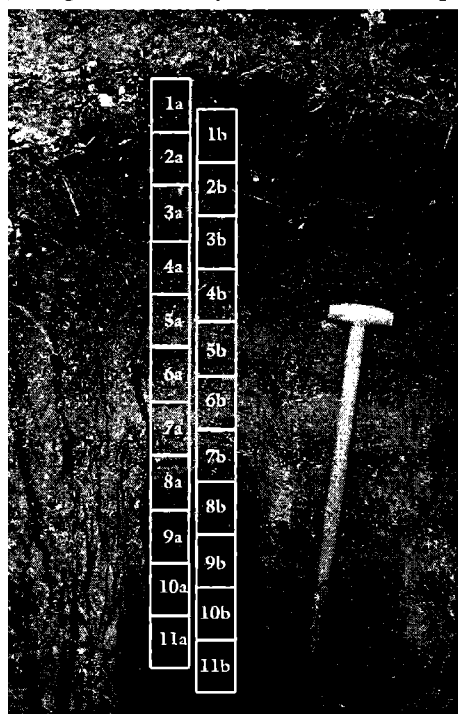
megváltoznak és a talajképződést követő (posztgenetikus) változások döntően a kémiai összetételt módosítják, sok esetben alkalmatlanná téve ezt a megközelítési módot. Úgy tűnik, hogy a klasszikus, makroszkópikus és geokémiai módszereket alkalmazó genetikai megközelítés nem elég hatékony a fosszilis talajok kutatásánál még olyan viszonylag homogén alapkőzet, mint a lösz esetében sem. Sokkal pontosabb és valóságához közelebb álló, ráadásul olcsóbb módszernek tekinthetjük a fosszilis talajok mikromorfológiai elemzését, amelynek nem az a célja, hogy genetikailag tisztázzuk a talaj típusát, hanem az, hogy a vékonycsiszolatok alapján a talaj kialakulásának és változásának mikroszerkezeti jegyeit megvizsgáljuk és ez alapján következtessünk a genetikai folyamatokra, a talaj termőerejére, a talaj változására.

Természetesen tudnunk kell, hogy a talajok fejlődése lokális kémiai, fizikai és biológiai hatásokra szinte lépésről lépésre mind horizontális, mind vertikális irányban megváltozik, ráadásul a fosszilis talajok esetében ezekre a laterális és vertikális változásokra ráértégződik a fosszilizáció során kialakult utólagos hatás is vagy az éghajlatváltozás során az a talajfejlődés környezeti adottságai megváltoznak és az eredeti talajréteg egy más típusú talajosodásnak a felszínévé válik (poligenetikus fosszilis talajok). Ezeknek a tényezőknek a hatására a talaj genetikai meghatározása igen problematikus lehet, majdnem lehetetlen feladatrá válhat, különösen akkor, ha nagyobb távolságú korrelációt szeretnénk megvalósítani és hiányoznak a fosszilis talajhorizontok rétegtani azonosítását biztosító szelvények. Ugyanakkor a mikromorfológiai, talaj fáciestani elemzések, megfelelő geológiai, őslénytani, pedológiai és mikroszkópi ismeretek birtokában lehetőséget nyújtanak arra, hogy a fosszilis talajban lejátszódott szingenetikus és posztgenetikus változásokat elkülönítsük, az egykori talaj aktivitást bizonyító szerkezeti bélyegeket megvizsgáljuk, és ezek alapján végezzük el őskörnyezeti elemzéseinket és rekonstrukcióinkat.

A régészeti célú talajtani vizsgálatoknál talajrekonstrukció szempontjából három lelőhely típust különíthetünk el. Rekonstruálhatjuk a talajokat az üledékgyűjtő medencék paleobotanikai és geokémiai vizsgálata nyomán, a régészeti lelőhelyeken, a talajokban található kultúrrétegek vizsgálatával, illetve a régészeti lelőhelyektől távolabb lévő, a régészeti lelőhellyel azonos korú talajszintek elemzésével. Különösen jól vizsgálható talajszintek alakulnak ki löszös rétegekkel fedett lejtőkön azt követően, hogy megbolygatták a fedő növényzetet, mert ekkor hosszan elnyúló, lejtő irányban kivastagodó, régészeti anyagot is tartalmazó talajhorizont alakul ki. Ilyen hosszan elnyúló bronzkori és középkori talajhorizontokat lehetett kimutatni a tokaji Kopasz-hegy északi bodrogkeresztúri oldalánál, illetve a Rákóczi-völgyben.

A régészeti vagy háttér lelőhelyen található talajszelvények feltárását klasszikus talajtani vizsgálatokkal, leírásokkal kell elkezdni, le kell írni az egyes talajszintek makroszkóposan látható szerkezeti jegyeit, majd a talajból, illetve a fekvő üledékes rétegből részlegesen átfedő mintatömb sorozatokat kell kiemelünk (22. ábra). Ezeket az orinétált talaj- és üledékmintákat műgyantával átitatva megszilárdítjuk és vékonycsiszolatot készítünk az üledékből. A vékonycsiszolatot a klasszikus petrográfiai eljárásoknak megfelelően polarizációs mikroszkóppal vizsgáljuk meg. A fedetlen vékonycsiszolatokon különböző festési eljárásokat (kalcit, dolomit elválasztása stb.) alkalmazhatunk az ásványi azonosításhoz. A mikroszkóppal felismert mikroszerkezeti jegyeket, ásványi vázrészeket, alapanyag arányt, pórusokat, vasborsókat, karbonátos kitöltéseket, azaz alaktani és szöveti jellegzetességeket figyelembe véve írjuk le a talajok különböző szintjeit. Mivel napjainkban *Szendrei Géza*,

a mikromorfológiai kutatások egyik hazai megalapítója több kiváló tankönyvet és jegyzetet megjelentetett ebben a témakörben (lásd az irodalomjegyzéket), ezért itt a mikromorfológiai vizsgálatok részletes leírása helyett ennek a vizsgálati megközelítésnek a régészeti geológiai és a környezettörténeti szempontból fontos eredményeit mutatjuk be.



22. ábra.

A talajrétegek feltárása, a mikromorfológiai vizsgálatokhoz való előkészítése, átlapoló mintavétel *Kubiena*-féle fémdobozokkal (Sümegei, 2002 nyomán).

Abban a talajszintben végzett talajtani alapkutatások szerint a túrőke, általában az ekék vagy ásóbotok) csúcsai az agyagbemosódás, üledékbetöltődés, karbonátos kéreg következtében jellegzetes nyomokat hagynak a talajban. A hazai régészeti célú mikromorfológiai kutatások legújabb és legjelentősebb eredménye, hogy a polgári neolit tell hátterében, az autópályás ásatás nyomán feltárt késő-neolit falu körül található neolitikus talajszintben eke (vagy ásóbot) által hátrahagyott rögök betöltődéséből, felületi kérek képződéséből származó nyomokat sikerült kimutatni a sorok írójának 1997-ben. Ugyancsak jelentős kutatási eredményeket sikerült felmutatni a kertek, feltételezett művelt területek mikromorfológiai vizsgálata során. A visegrádi Palotakertben a Mátyás korabeli renezánsz parknak talajszintjében a biogalériák, a gilisztajaratok sűrűsége alapján a talaj egykori termőképességére és a talajművelésre vonatkozó rekonstrukciót lehetett elkészíteni.

A mikromorfológiai vizsgálatok alapján a kultúrrétegeket, járószinteket, padlótapasztási szinteket ellapuló, lángnyelvszerűen elnyúló pórusok jellemzik. A járószintek elkülönítése különösen a telkekben fontos. A mikromorfológiai vizsgálatok alapján ellenőrizhetővé válik, hogy a feltárás során megfigyelt makroszkópius bélyegek, a finoman rétegzett szerkezet alapján elkülönített horizontok valóban járószintek-e, vagy utólagos (például átfagyás) hatására kifejlődött álszintet jelentenek. A mikromorfológiai elemzések alapján akár paleolit járószintek is elkülöníthetők. Magyarországon a tatai édesvízi mészkőben, egykori tetaráta medencében felhalmozódott löszös üledékben található, a kőszeközök alapján középső-paleolitikumban sorolható régészeti lelőhelyen végzett mikromorfológiai vizsgálatok nyomán két járószintet sikerült kimutatni a tankönyv szerzőjének, így több megtelepedési fázist bizonyítani a régészek egyszeri megtelepedési felvetésével szemben.

A járószintek, művelési szintek kimutatása és vizsgálata az archeopedológia egyik legperspektivikusabb kutatási területe. Példa erre, hogy a dél-angliai *South Street* neolitikus halomsírával fedett, így rögzített, tovább nem fejlődő, fosszilizált talajfelszínén túrőkével húzott barázdanyomokat sikerült felismerni.

Hasonlóan fontos a földművelésre utaló jeleknél az erdőirtások, a növénytakaró hiányában az esőcseppek nyomán kialakult rétegtömörödés kimutatása.

Az anyagnyerő gödrök, vízelvezető, kultikus, vagy védelmi szempontból épített árkok felhalmozódott üledékeknek mátrix anyagát turbulens lerakódás jellemzi, az árkok vízzel telítettségét a felhalmozódott üledék makroszkóposan látható szöveti struktúrája alapján is könnyen felismerhetjük. Ugyanakkor igen jelentős kérdéskörnek tűnik, hogy talajvíz az egyes lelőhelyek környékén milyen magasra emelkedett. A talajvíz magasságának megállapításában a mikromorfológiai vizsgálatok is jelentős segítséget nyújtanak, mert a talajvíztükör szintjében, a reduktív és oxidatív réteg határán, bakteriális aktivitás hatására goethit ásványból álló filmszerű rétegek, vasborsók alakulnak ki. A feltöltődött kutakban, árkokban, gödrökben vagy fúrásokkal feltárt, szabatos szintezéssel megállapított tengerszint feletti magasságban húzódó vasas kiválások, rétegek összehasonlításával az egykori lokális talajvízszint magasság megrajzolható. A mikromorfológiai kutatások ilyen irányú hasznosítása napjaink egyik legfontosabb kutatási iránya. A talajok mikromorfológiai kutatásának fejlődését jelentős mértékben elősegíti, ha a geokémiai vizsgálatokkal, a később bemutatásra kerülő fő- és nyomelemzésekkel, röntgendiffrakciós, derivatográfiás, mikroszondás vizsgálatokkal együtt végezzük kutatásainkat.

3.5. Geokémiai vizsgálati módszerek a régészeti geológiai célú kutatásokban

A kémiai anyagvizsgálati módszerek, a kémiai összetétel meghatározás igen elterjedt a régészeti geológiai, környezetrégészeti és az archimetriai kutatásokban. A kémiai analízis során megkülönböztetünk klasszikus analitikai, fotometriai, láng fotometriai, plazmával, emissziós színeképlelemzéssel abszorpciós színeképlelemzéssel, röntgenfluoreszcens, aktivációs analízissel, röntgendiffrakcióval, mágneses spektrometriával, kromatográfiával végzett vizsgálatokat. Valamennyi módszernek különböző előnyei és hátrányai vannak. Utóbbiak kombinált, többféle módszer együttes alkalmazásával csökkenthetők. A fotometriás mérések azon alapulnak, hogy fizikai, kémiai behatások nyomán fényjelenség (kibocsátás, elnyelés) lép fel és ennek intenzitását mérjük. Az emissziós színeképlelemzés során a vizsgált anyag által elektromos ív hőmérsékletén kibocsátott fény, míg az abszorpciós színeképlelemzésnél oldatba vitt anyagok által elnyelt fény hullámhosszait mérjük meg. A röntgenfluoreszcens elemzésnél a röntgencső, vagy radioaktív izotópok sugárzása nyomán gerjesztett anyag alapállapotba történő visszatérése nyomán leadott energia hullámhosszát, intenzitását mérik meg. Aktivációs analízisnél az elemi részecskékkel bombázott mintaanyag radioaktív bomlástermékeit mérik meg. Röntgendiffrakciós elemzések során az ásványokra jellemző kristályszerkezeten áthaladó röntgensugarak szóródását, elhajlásának mértékét elemzik. A mágneses rezonancia esetében a frekvenciaváltozások nyomán mutatjuk ki az egyes molekulákat. Kromatográfiás vizsgálatok esetében elsősorban szerves anyagokat határozhatunk meg az alkotó elemek oldhatósága és abszorpciós képessége révén. Az itt felsorolt módszerek közül mutatjuk be a legfontosabb régészeti geológiai vizsgálatok során már felhasználásra került geokémiai módszereket.

3.5.1. Fő- és nyomelemzés

A környezettörténeti szempont fontos üledékekből, a régészeti leleteket magába záró rétegekből, talajokból, löszös rétegekből, régészeti tárgyakból, kerámiákból, egykori agyaggyerő helyek, bányák falából származó mintákban előforduló makroelemek (*Si, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K*) és a kis mennyiségben előforduló mikroelemek (pl.: *Sr, Ba, Cu, Zn*) koncentrációjának meghatározása azért fontos, mert ezek az adatok jelentős információkat hordozhatnak az egykori üledékes környezetről, illetve a beágyazástól kezdődő kémiai változásokról. Az elemzések történhetnek szilárd mintából vagy a mintából készült oldatból az elemanalízisnél felhasznált analitikai módszertől függően. Az oldatból végzett elemzéseknél a mintát maradék nélkül fel kell oldani vagy az extrakciós módszernek megfelelően a minta különböző komponenseit szelektíven, több lépésben kell oldatba vinni.

A jelentős mennyiségű szilikátot tartalmazó üledékminták maradék nélküli oldatba vitele költséges és jelentős időt igénylő folyamat, amelyhez folsav, salétromsav, perklórsav ($\text{HF-HNO}_3\text{-HClO}_4$) elegyét használják. Ugyanakkor tudnunk kell, hogy a teljes feltárást követő fő- és nyomelem analízis által szolgáltatott adatok csak korlátozottan használhatók fel a környezettörténeti kutatásokban. A teljes feltárás mellett viszont ismeretesebb savas extrakciós feltárások is. Ezeknél az eljárásoknál a szerves anyagot 550°C -on izzítással eltávolítjuk, majd a hamuanyagot sósav, salétromsav (HCl és HNO_3) oldattal feltárják, vagy a 105°C -on kiszáritott mintát a salétromsav-perklórsav ($\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$) vagy salétromsav-hidrogénperoxid $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ 1:4 arányú keverékével melegítve roncsolják. Ezeknek a feltárásoknak a segítségével az üledékben található karbonátokhoz, szulfidokhoz, foszfátokhoz kötött, hidroxid és oxid formában lévő elemeket vizsik csak oldatba, a szilikátok elemtartalmát nem.

Az archeopedológiai elemzéseknél az üledékgyűjtő medencékbe bemosott üledékes anyag vizsgálatainál jól hasznosíthatjuk a mezőgazdasági, a növények számára is hozzáférhető mobilis elemek mérésére alkalmas, a talajtani vizsgálatok során kidolgozott, több feltérési lépést tartalmazó, ún. „extrakciós” fő- és nyomelemzési módszereket. Ennél a geo-kémiai elemzés első lépéseként az üledékmintákat 20 ml desztillált vízzel és peroxiddal keverve 2×10 percig rázattuk, majd a vizes extrakció elemzését végezzük el. A következő lépés ugyanarra a mintára vonatkozóan $\text{pH} = 5$ Na-acetát/ecetsav pufferes 1.5 órás extrakció. Mivel ez a puffer csupán a savasságával hat és hatása nem specifikus, elsősorban a karbonátos mintákat bontja, ezért tulajdonképpen a karbonátok összetételét kapjuk meg. A következő lépés ugyanazon mintákra vonatkozóan a DCB (ditionit-citrát-bikarbonát) extrakció, 3×5 percig 85°C fokon. A negyedik lépésként 100 ml Lakanen-Erviö oldatos (pH 4.65-re állított EDTA) extrakció azt mutatja meg, hogy melyik mintában mennyi savoldható elemtartalom maradt az elvégzett extrakciók után. Az utolsó lépésként használt teljes feltárás (30%-os H_2O_2 + 65%-os HNO_3 eleggyel blokkroncsolóban) esetében pedig az extrakciós lépések után fennmaradt ásványi állapotú aluminoszilikát struktúra elem-összetéti jellegzetességeit vizsgáljuk meg. Ennek a feltérési sorozatmódszernek az a lényege, hogy a kolloidálisan a szilikátok felszínéhez kötődő, továbbá a különböző ásványi állapotban lévő elemeket és a szilikátvázban lévő elsődleges, vagy másodlagos kationokat elkülönítve mérjük meg. Magyarországon a bátorligeti és kardoskúti, régészeti

szempontból is jelentős tavi üledékek elemzésénél használt fel extrakciós módszereket az elemösszetétel megállapítására *Dániel Péter* geokémikus.

A fő- és nyomelemzésre előkészített oldatokat, extrakciókat, illetve szilárd anyagokat atomabszorpciós, plazma atomemissziós és energiadisziperzív vagy protondisziperzív röntgen fluoreszcens vizsgálatokkal mérhetjük meg. Az atomabszorpciós spektrometriai (AAS) vizsgálat azon alapul, hogy az egyes elemek atomjai elnyelik az elektromágneses sugárzást. Ez akkor figyelhető meg, ha szabad atomok vannak jelen és a fény hullámhossza is megfelelő. adott vonalának hullámhosszán a többi atom elnyelésének elhanyagolható a valószínűsége, ezért különböző elemeket tartalmazó, összetett rendszerek is vizsgálhatók. A főelemek vizsgálata során a minta roncsolásakor kapott oldatból hígítási sort kell készíteni, mert a módszerrel az elemezhető koncentráció tartománya csak néhány nagyságrendet fog át és az egyes elemek eltérő koncentrációban vannak jelen az oldatban. Az inductívan csatolt plazma atomemissziós (ICP-AES) módszerrel szinte valamennyi elem meghatározható az üledékes mintákból. Az oldott mintákat a mérés során magas hőmérsékletű argon plazmába fecskendezik be, és plazmasugárral bontják atomjaikra. Napjainkban az elektrotermikus párologtatás módszerének kidolgozása nyomán már nem szükséges oldatokat készíteni, a szilárd minták is közvetlenül elemezhetők. Ezzel a módszerrel több elem egyidejű mérése is lehetséges és a módszernek kiemelkedő jelentősége az érzékenysége, a legtöbb elem esetében $\mu\text{g/kg}$ nagyságrendű. A módszer jelentős előnye, hogy összehasonlítva más geokémiai mérésekkel, nem tartozik a legdrágább módszerek közé és viszonylag gyorsan jelentős mennyiségű minta mérhető ezzel a módszerrel.

Az energiadisziperzív röntgen fluoreszcens spektrometria (EDXRF) az egyik leggyakrabban alkalmazott geokémiai módszer a szilárd mintákból történő fő- és nyomelem meghatározásához. A mintát nagy energiájú gamma és röntgensugarakkal gerjesztik. A gerjesztett állapot nem stabil, ezért az atom elektronszerkezete úgy rendeződik át, hogy a lehető legkisebb energiaállapotba kerüljön. Az átrendeződés közben energia szabadul fel, amelyet az atom kvantumszerű elektromágneses sugárzás formájában bocsát ki. Ez az elektromágneses sugárzás a kibocsátó anyagra jellemző karakterisztikus röntgensugárzás. Ez szolgáltatja a minta minőségi és mennyiségi analíziséhez szükséges információkat, mert sikerült összefüggést felállítani, amely a karakterisztikus röntgensugárzás hullámhossza és a sugárzást kibocsátó elem rendszáma között teremt kapcsolatot, tehát a módszer minőségi analitikai kémiai célokra is alkalmas. A módszer érzékenysége mg/kg nagyságrendű, de a gerjesztő forrástól és a meghatározandó anyagtól függően. A mikroelemeknél az alacsony koncentráció következtében szükség lehet a hamvasztásos dúsításra.

A protonindukált röntgenemissziós analízis (PIXE) az EDXRF-hez hasonló röntgenanalitikai eljárás, így az előző fejezetben leírt általános megfontolások ennél a módszerrel is érvényesek. A PIXE protonbombázáson alapuló módszer, melynek során nagy energiájú protonok hatására a felület atomjai ionizálódnak, majd ezt követően karakterisztikus röntgensugárzás kibocsátása közben visszanyerik alapállapotukat. A kibocsátott sugárzás energiáját analizálva megkapjuk a PIXE spektrumot. A bombázó protonok jelentős energiája miatt a behatolási mélység lényegesen nagyobb, mint a röntgenfluoreszcenciás módszer esetében, így alkalmas kismélységű koncentrációprofil elkészítésére is. A módszer nagy előnye, hogy rendkívül érzékeny, már grammnyi mintából ppm nagyságrendű meghatározást tesz lehetővé. Az analizálandó minta előkészítése rendkívül egyszerű, mivel azt nem kell feltárni, közvetlenül por formájában (szemcsenagyság: $\sim 0,2 \text{ mm}$) pasztillákba

sajtolva analizálható. Az ionsugár analízisen alapuló PIXE elemzések mellett ismeretesen részecske indukált gammasugár emissziós (PIGME) vizsgáltak is a régészeti geológiában. A módszer az atommagok gerjesztését és a gammasugárzás mérésén alapul, amely akkor keletkezik, amikor a gerjesztett atommagok visszatérnek a gerjesztetlen alapállapotukba. Általában a protonindukált röntgen emissziós eljárással együtt alkalmazzák. A régészeti ásatások során előkerült fémtárgyak, köztük ékszerek analitikus vizsgálatánál, ásatás során feltárt csontok és beágyazó üledékek elemzésénél, obszidián eszközök geokémiai vizsgálatánál alkalmazták ezt az analitikus eljárást. Magyarországon *Költő László*, a Somogy Megyei Múzeumok Igazgatósága munkatársa sikerrel használta fel a különböző geokémiai módszereket a régészeti ásatások során előkerült fémtárgyak elemzéséhez, az ötvözetek összetételének megállapításához.

A fő- és nyomelemzés mellett az üledékekben található ásványok elemzésére a termikus analízist is felhasználhatjuk. A módszer alapja, hogy a vegyületeknek a hőmérséklet-emelés hatására végbemenő tömegváltozását a termogravimetria segítségével követhetjük. A tömegváltozást egy termomérlegen vizsgálhatjuk, amely egy programozhatóan fűthető kemencéből és egy érzékeny mérlegből áll. Az anyag tömegét a hőmérséklet függvényében ábrázolva kapjuk meg a termogravimetriás (TG) görbét. A görbe lefutásából következtetni lehet az anyagban a hőmérsékletemelés hatására lejátszódó kémiai és fizikai folyamatokra, és ennek nyomán az anyag megközelítő összetételére is. A TG-görbe deriváltja (DTG) gyakran könnyebben kezelhető, mivel a derivált görbe alakjából az egyes hőmérséklet értékek pontosabban megállapíthatók. A modern termomérlegek beépített automatikus deriváló berendezéssel vannak ellátva. A hőkezelés hatására a mintában tömegváltozással nem járó átalakulások is végbemehetnek. Ezekben az esetekben a differenciál termikus analízist (DTA) kell alkalmaznunk. Hazánkban a legelterjedtebben használt termoanalitikai berendezés, a derivatográf, amely ugyanazon mintában regisztrálja TG-, DTG- és a DTA-görbéket. A fent ismertetett módszerrel a lelőhelyeken feltárt anyagok mindegyike vizsgálható, a legfontosabb alkalmazásai a csontok, kerámiák, üledékek, kőzetek analízise. A termoanalitikai módszerek a régészeti és öskörnyezeti kutatásokban igen jól alkalmazhatóak, mivel olcsón, gyorsan, kis mennyiségű mintából kielégítő pontosságú, korrekt módon összehasonlítható eredményeket, jó megközelítést biztosítanak. A derivatográfias elemzések eredményei nagyban hozzájárulhatnak a régészeti ásatás során vizsgált csontleletek összetételének közelítő megismeréséhez, továbbá kiválóan alkalmazható a kerámiaedények égetési hőmérsékletének meghatározásához. A termikus analízis egyik nagy előnye abban rejlik, hogy a meghatározandó minta előkészítése igen egyszerű. Magyarországon a régészeti célú derivatográfias vizsgálatokat, összekapcsolva protonindukált röntgenemissziós analízissel, *Márk László* szegedi régész-vegyész szakos hallgató alkalmazta csontok régészeti geológiai célú vizsgálatánál.

Röviddel a röntgensugárzás felfedezése után felismerték, hogy a röntgensugarak a kristályokon visszaverődést, eltérülést (diffrakciót) szenvednek, és a sugárzás hullámhossza nagyságrendileg összemérhető a felépítő anyagtól is függő kristálysíkok közötti távolsággal. A röntgensugarak diffrakciós elemzésével így megvizsgálhatjuk a kristályos anyagok kémiai összetételét. A modern eljárásoknál a mintát síklemezen terítik szét és a röntgen diffrakciós (XRD) képet elektronikusan rögzítik. A kapott interferenciakép információkat szolgáltat a kristályok szerkezetére és így anyagi összetételére. Az XRD vizsgálat az XRF eljárással ellentétben, amely a minta elemi összetételének leírására szolgál, a ve-

gyületek kristályformáinak azonosítását is elvégzi. A módszer segítségével nemcsak szilárd minták vizsgálhatók, hanem amorf és folyadék állapotú anyagok elemzésére is alkalmas. Régészeti felhasználását tekintve főleg kőcszközök, festékanyagok, drágakövek elemzésére használatos. Kiemelkedő jelentősége van a röntgendiffrakciós eljárásoknak a talajok, köztük a fosszilis talajok, különböző, régészeti anyagot is beágyazó üledékek, ércek, kerámiák alapanyagát biztosító agyagos üledékek ásványtani összetételének meghatározásában. Régészeti kutatásokhoz is kapcsolódó jelentős környezettörténeti kutatásoknál, a bátorligeti üledékgyűjtő medence kutatásánál végzett kiemelkedő jelentőségű röntgendiffrakciós elemzéseket Kovács-Pálffy Péter, a Magyar Állami Földtani Intézet munkatársa.

A pásztázó elektronmikroszkópokhoz kapcsolt mikroszkopos analízis a röntgenfluoreszcenciás vizsgálatokhoz hasonló alapelveken nyugszik, de itt az elektronok gerjesztését úgy érik el, hogy a vizsgálandó, vákuumba helyezett, csiszolt felszínű, esetleg szén-, vagy aranyfüsttel borított mintát elektronsugárzással bombázzák. Mivel az elektronsugarat ezredmilliméternyi helyre is fókuszálhatják, ezért kisméretű ásványok, ásványi kiválások, szennyeződések összetétele is megmérhető ezzel a módszerrel. Különböző tárgyak, kerámiák archeometriai elemzésénél már rutinszerűen használják ezt a vizsgálati módszert a nemzetközi kutatásban. A hazai régészeti célú környezettörténeti kutatásoknál Beszedes Imre és Cserhádi Csaba, a debreceni Kísérleti Fizikai Tanszék munkatársai végeztek kiemelkedő jelentőségű mikroszkopos és pásztázó elektronmikroszkopos (SEM) vizsgálatokat.

3.5.2. Archimetriai vizsgálatok

A régészet, a geológia és az őslénytan speciális együttműködési területe az *archimetria*, amely szűkebb értelemben véve a régészeti tárgyak anyagvizsgálatával, forrásterületének meghatározásával foglalkozik. Ide tartozik a különböző ércek, fémek, kőcszközök, egykori fából, növényi eredetű anyagokból, csontokból, kagylókból készült eszközök, kerámiák, téglák, üvegedények vizsgálata, eredetük meghatározása. Tágabb értelemben véve az eszközök, építmények, szállító eszközök, utak, bányák elkészítésének, az ipar- és agrár-régészeti, az egykori építészeti és termelési módoknak rekonstrukcióját, az ún. „*kísérleti régészetet*” is az archimetria szakterületéhez sorolják. Természetesen a tágabb értelemben vett archimetria jelentősen túlmutat a régészet és a geológia kapcsolatán, és figyelembe veszi a néprajzi, a művészettörténeti, a technológiai, a mezőgazdasági tudományok kutatásainak eredményeit is. Így, ahogy korábban már leírtuk, az archimetriai elemzéseket nem sorolhatjuk a régészeti geológiához. Vagyis a régészeti tárgyak geológiai, geokémiai vizsgálata, a technológiai folyamatok rekonstrukciója nem azonos a régészeti geológiai vizsgálatokkal. Ugyanis bármilyen módszert (statisztikai, kémiai, fizikai, geológiai, őslénytani) használ fel a szakember, amikor az ember által készített tárgyakat, objektumokat (utak, hidak, bányák, épületek, szállító eszközök stb.) vizsgálja, végső soron a társadalmi lény fejlettségét és viselkedésének minőségét rekonstruálja. Ennek ellenére a teljességre törekvés érdekében tekintsük át vázlatosan, a gazdag szakirodalomból vett néhány példán keresztül az archimetriának azon részét, amelyhez elsősorban a geológiai, geokémiai és őslénytani módszereket hasznosítják.

A kőeszközök anyagának, a kőeszköz nyersanyagok vizsgálata és forrásterületének azonosítása az archimetriai elemzésnek egyik legfontosabb területe. A kőeszközök esetében a nyersanyag kémiai változást nem szenved, így klasszikus kőzettani megközelítésekkel, makroszkopikus és kőzetmikroszkópiás kőzet- és ásványhatározással azonosítható a kőeszköz alapanyaga. Az eszközök készítéséhez elsősorban kemény, kagylós törésű, repedésmentes, finom szemcseméretű, mikro- és kriptokristályos kőzetet vagy ásványt használtak fel. A kőzetek között eredetük szerint elkülönítünk magmás obszidiánt, hidro- és limnokvarcitokat, tengeri üledékes kőzeteket (radiolarit), metamorf eredetű kvarcitokat. Magyarországon *T. Bíró Katalin*, a Magyar Nemzeti Múzeum munkatársa és *Székán György*, az ELTE oktatója végez nemzetközi szinten is kiemelkedő kutatásokat a kőeszközök nyersanyagának meghatározása és a forrásterületek rekonstrukciója területén.

Az archeopedológiai, régészeti geológiai célú mikromorfológiai vizsgálatok mellett már a XIX. századtól kezdődően sikerrel alkalmazzák a kőeszközök nyersanyag forrásának feltérképezéséhez a vékonycsiszolatok mikroszkópi vizsgálatát. A vizsgálandó kőtárgyakból, cserepekből vett mintáknál 5–30 mikron vastagságú vékonycsiszolatot készítenek, amely már áteresztik a fényt, így alkalmas a kőzetek ásványi összetételének, szerkezeti jegyeinek vizsgálatára. A vizsgálatokhoz a geológiai kutatásoknál alkalmazott polarizációs mikroszkópot alkalmazzák. A polarizációs kőzetmikroszkóppal történő ásvány- és kőzethatározásokat az teszi lehetővé, hogy az ásványok egy része, mint fényáteresztő anizotróp kristály, szerkezeti felépítésük nyomán elhajlítják az áthaladó fénysugarakat (*interferencia* jelensége). Az interferenciaszín az ásványra jellemző bélyeg, így más szerkezeti bélyegekkel együtt az ásványok meghatározhatók és ezek nyomán a kőzet típusa is megadható. Index ásványok jelenléte, csak egyes területre jellemző ásványi összetétel alapján a kőből készült eszköz, építőanyag eredeti lelőhelye, ún. „*forrásterülete*” is rekonstruálható. Ugyanakkor tudnunk kell, hogy a kőzetek jelentős része több helyen is előfordulhat (különösen egy olyan sokszínű, heterogén geológiai felépítésű területen, mint a Kárpát-medence), illetve, hogy az egyes területeken, azonos körülmények közt kifejlődött kőzetek nem különíthetők el egymástól korrekt módon. Ilyenek például a hidro- és limnokvarcitok, kovakőzetek és a radiolaritok egy jelentős része. Ezek esetében csak valószínűsíteni lehet a származási helyet.

A kőeszközök, kőből készült tárgyak, építmények az 1–2 cm nagyságú kőpengéktől (mikrolitoktól) a jelentős kiterjedésű a piramisokig, megalitokig terjednek. A kőből készült eszközök a korai emberfajták kialakulásával egy időben, mintegy 2,0–2,5 millió éve jelentek meg és még a bronzkor során is az egyik legfontosabb szerszám-alapanyagot alkották, sőt az ausztrál bennszülöttek, az aboriginek, a különböző indián kultúrák, a szibériai vadász népek (szibirjakok), az eszkimók még az újkor kezdetén is elterjedten használták. A kőeszközök jelenléte bizonyos területeken még a fejlett technikai eszközökkel rendelkező társadalmakban is fennmaradtak egészen a XIX. századig (malomkövek, tűzcsiholó kövek, kovás puskák). A világ néhány kisebb területén, köztük a Nikobar és Adaman szigeteken élő, mezolitik szinten lévő vadászó közösségek még ma is kőeszközöket használnak vadászfegyverek, szigonyok készítéséhez, míg más törzseknél már csak presztizs tárgyak, kultikus tárgyak (kőkések, kőbalták) készülnek kövekből.

A legkorábbi eszközöket valószínűleg még a folyómedrek kavicsanyagából, felszíni kőzetkibúvásokból gyűjtötték, majd a középső-paleolitikum folyamán kialakították az első kőbányákat. Igen jelentős a miskolci Avas-tető Tűzköves szakaszán *Ringer Árpád* vezeté-

sével feltárt középső-paleolit telephely és bányaudvar, ahol a kovapad hevítésével, repesztésével bányásztak ki kovás kőzeteket. Az eddigi adatok alapján a paleolitikumot követően a holocén során, a neolitikumban is olyan jelentős igény jelentkezett a jó minőségű kő nyersanyag iránt, hogy jelentős kiterjedésű és helyenként mélyművelésű bányákat, bányajáratokat, tárnákat képeztek ki a kovás anyagokat tartalmazó kőzetekben. Az angliai *Grime Graves* világhírű neolitikumi kovatárnáiból például több tonna követ fejtettek ki 4–5 ezer évvel ezelőtt. Magyarországon is sikerült neolitikus kőfejtőket kimutatni, többek között a sümegi mogyorós-dombi, a tatái és a szentgáli radiolaritos kőzetrétegekben. A mecseki radiolaritot, a madarasi felső-paleolit lelőhely vizsgálata alapján, már a felső-paleolitikum során fejtették, de a kőzet elterjedése nyomán bányászatának csúcspontja a késő-neolitikum során alakult ki. Az alapos feltáró munka, a régészeti és geológiai kutatások összekapcsolásával szinte valamennyi fejtett, gyűjtögetett kőzetnek, ásványnak megrajzolható az „elterjedési” területe, a felhasználó kultúrákkal kialakított viszonya, a kereskedelmi útvonalak. A kárpát-medencei régészeti lelőhelyek petrográfiai elemzése, például bajorországi, volhiniai kovák, krakkói tűzkövek kimutatása azt bizonyítja, hogy a neolitikum során jelentős távolsági kereskedelem alakult ki ezen a területen is. A radiolarit mellett igen jelentős obszidián források találhatók még a Kárpát-medence területén, a Tokaj-Eperjesi-hegységben. A leletek alapján valószínűsíthető, hogy ez a nyersanyagforrás a paleolitikumtól kezdődően a neolitikumig több kultúrának meghatározta a mozgási irányát, majd a letelepedési stratégiáját a Kárpát-medencében. Az élesen, kagylósan törő, jó minőségű obszidián lelőhelyek ebben a korban olyan kiemelkedő jelentőségűek voltak, hogy a forrásterülettől több száz vagy több ezer kilométerre is elszállították azokat. A kárpáti obszidiánt például a Visztula menti, al-dunai, bécsi-medencei, moldvai régészeti lelőhelyeken is kimutatták. Az Északi- és a Dunántúli-középhegységben és annak előterében található paleolit, mezolit, neolit lelőhelyekről előkerült kőeszközök alapján a radiolarit és az obszidián mellett a különböző limno- és hidrokvarcitokat, kvarcváltozatokat, kalcidon nyersanyagot használtak fel kőeszközök elkészítésére.

Természetesen nem csak vadászatra, halászárra, állatmaradványok feldolgozására használatos tárgyak készültek kőből, hanem sarlópengék, őrlőkövek és malomkövek is. A gyűjtögetett és termesztett növényeknek a feldolgozására szolgáló kőeszközök nyersanyaga rendkívül heterogén volt, mészkövekből, homokkövekből, különböző magmás és metamorf kőzetekből készültek. Mivel az őrleményben a gyengébb kötőanyag, vagy rossz kopásállóság következtében a fogakat koptató kőzetmorzsalék könnyen megjelenhetett, a nagy szilárdságú, kopásálló kőzetek jelentős értéket képviseltek. Így nem véletlen, hogy a középkori Magyarországon fejtett, jelentős kvarctartalmú, kopásálló, vulkáni utóműködés nyomán kialakult gejziritből faragott, egyetlen részből álló sárospataki malomköveket még Franciaországba is exportálták. Bár arra gondolnánk, hogy a kőeszközök alapján csak a különböző technológiák, kulturális változások, származási lelőhelyek azonosíthatók, a kőeszközök felszínén található szőrök, fákról vagy magokról származó rostok, szövetek, vérnymok alapján az elejtett állatok, a kivágott fák, gyűjtögetett magvak is rekonstruálhatók. Sőt ezeknek az anyagoknak a felhasználásával már sikeres radiokarbon és aminosav vizsgálatokat végeztek az eszközhasználat pontos korának megállapításához. Pászta-
zó elektronmikroszkópiás vizsgálatokkal bizonyítani lehetett, hogy szilánkeszközöket hevítéssel is kialakíthatták, nem csak ütögetéssel. A hevítés során a mikrorepedések száma megnő, és az ásványok közötti víz távozik a kőanyagból, így a nyersanyagból könnyebb

eszközt készíteni. A melegítés nyomán a kőeszközök színe megváltozik, a hasítási felület élesebbé, de törékenyebbé válik. A hevítési technika mintegy 50 ezer évvel ezelőtti alakult ki és valamennyi kontinensen elterjedt.

Az építőanyagoknak felhasznált kővek elemzése az archimetriai vizsgálatok szerves részét alkotja. Ebben az esetben nem csak a származási helyek és kereskedelmi kapcsolatok meg-rajzolására, hanem a korrekt és korhű épületrestaurálás előkészítése szempontjából is kiemelkedő jelentőségűek az egykori épületekből származó kőzettani meghatározások. Petrográfiai vizsgálatokkal bizonyították például, hogy az egyiptomi, gizai piramisoknál található Krisztus előtt 7000–5000 év között kialakított szfinx szobrot a *Mokattam* mészkőformáció három elkülönülő, eltérő fizikai és kémiai paraméterekkel jellemezhető, ezért eltérő módon pusztuló kőzetéből készítették. A szfinx legsós rétegei („*lábai*”) a gizai platót felépítő kemény zátonymészkőből készültek. A szfinx testét finoman laminált, eltérő mennyiségű meszet, homok, agyag és kőzetliszt frakciót tartalmazó, gyorsan pusztuló márgás mészkőrétegből készítették. Ebben a rétegben jelentős mennyiségű, gyorsan oldódó gipsz, anhidrit, sőt kőso található, ezért a ritka, de intenzív esők jelentős eróziós pusztítást végeznek ebben a szintben. Jelentős problémát okoz, hogy a sivatag felőli oldalán emelt egykori szélérozió és homokverés ellen védő téglafal összeomlott, így ez a rész erősen pusztul. A harmadik, feji részt ismét kemény mészkőből faragták ki, ezért még viszonylag épp napjainkban is. A második rész pusztulása következtében, még a jelentős és folyamatos restaurációs munka ellenére is, a szakemberek a gizai szfinx fennmaradásának lehetőségét évtizedekben számolják.

Bár a kőeszközök készítésének technikája már nem tartozik a régészeti geológia tárgykörébe, de egyik vetülete, a kultúrafüggő technikai megoldások kiemelkedő jelentőségűek a rétegtani kutatásokban. A jellegzetes formájú, illetve anyagi felépítésű régészeti tárgyak, köztük kőeszközök időbeli megjelenése az alapja a régészeti alapú keltezésnek, a régészeti rétegtannak, az archeosztratiográfiának.

Kezdetben a kőeszközök jelentős része úgy készült, hogy egy kavicsról vagy magkőről addig pattintották le a felesleges részt, míg a kő el nem érte a kívánt formát. Ezzel a technikával készített, első felismerhető szerszámokat, kavicsokból alakított hasító (*chopper*) és hasogató eszközöket Kelet-Afrikában, majd később Dél-Afrikáig elnyúló területen használták, ahol a szocializáció kezdeti szintjén álló *Australopithecus*, *Homo habilis*, majd korai *Homo erectus* csoportok éltek egymás mellett. Mivel ezeknél az eszköztípusoknál a kiindulási anyag meghatározza a kész eszköz alakját, így a kidolgozott technika nem változtatja meg a nyersanyagdarab alapvető formáját. A korai-paleolitikumra jellemző legkorábbi, ún. *Olduvai*-iparhoz sorolható eszközök mintegy 2,5 millió évtől jelentek meg Kelet-Afrikában és ez a technika mintegy 1,4 millió évig maradt fenn. Bár a magkő technika dominált az Olduvai-iparban, több lelőhelyen megjelent a gyártási hulladékok, a szilánkok használata is, tehát egymással párhuzamosan két technikai hagyomány fejlődött ki.

1,4 millió év és 130 ezer év között alakult ki az alsó-paleolitikum, amelyre a kétoldali (ún. „*bifaciális*”) megmunkálású kőeszközök, az ún. „*szakócák*” a jellemzők. Ennek az eszközkészítési technikának kiemelkedő jelentősége, hogy a kész eszközön már nem látszik a nyersanyag darab formája. Az alsó-paleolitikumot két, a Somme-folyó menti franciaországi városról (St. Acheul, Abbeville) elnevezett szakóca-kultúra, az *Abbevillien* és az *Auchelén* jellemzi. Az előcemberhez (*Homo erectus*) köthető új kőfeldolgozási technikát a sokszínű eszközkészlet kialakulása jellemzi. A magyarországi negyedidőszaki rétegtan-

ban a *Budai-ipar* régészeti horizont sorolható az alsó-paleolitikumba. A régészeti felfogás szerint mintegy 150 ezer évvel ezelőtt alakult ki, az ősemberhez (*Homo sapiens neanderthaliensis*) köthető középső-paleolitikum, amely 35 ezer évig tartott. Technikailag a szilánkokból előállított eszközök jellemzik. Az alsó-paleolitikumhoz képest tovább nőtt az eszköztípusok száma. Ennek oka az volt, hogy specializált, egy-egy feladatra orientált eszköztípusok jelentek meg ebben a korban. Ezzel párhuzamosan ugrásszerűen megemelkedett az egységnyi nyersanyagból készített eszközök száma és a hasznosított nyersanyag mennyisége. A középső paleolitikumot több kultúrának a kialakulása jellemzi. A Francia-középhegységben a Vézere-folyó mentén található a *La Moustier* sziklaeresznél feltárt neandervölgyi ősemberek által kialakított eszközök nyomán nevezték el ezt az archeosztratigráfiai szintet *Moustérien* kultúrának. A Moustérien kultúra mellett ismeretesek más középső-paleolit kőiparok (*Taubachien, Micoquien*). A középső kőkorbán az emberiség első jelentős népességnövekedése és expanziója következett be. Az Óvilágban az emberiség létszáma a korábbinak a tízszeresére emelkedett és elérhette a félmilliót. Magyarországon a Bükk Taubachien, a Tata típusú iparokat, Bükk tipikus Moustérien, *Bábo nyien*, Subalyuk típusú *Charentien*, DK-európai *Charentien, Jankovichien* horizontokat sorolják a középső paleolitikumhoz.

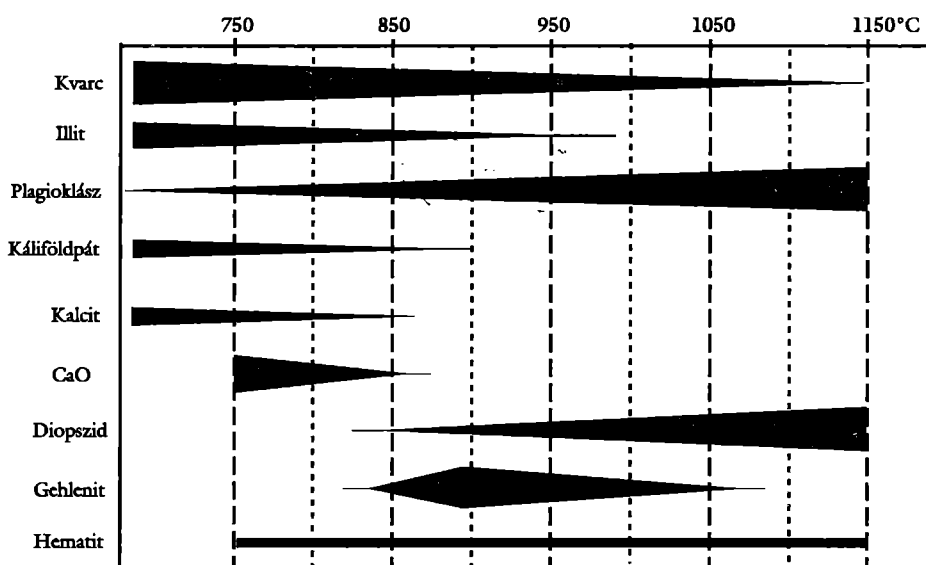
Európában a felső-paleolitikum 35 ezer évvel ezelőtt kezdődött el és mintegy 10 ezer évig tartott. A felső-paleolitikum a pengeeszközök készítésének időszaka. A pengéket magkőből állítottak elő. A penge olyan eszköz, ahol a hosszúság minimálisan kétszerese a legnagyobb szélességnek. Ebben a korban a vadászfegyverek, eszközök látványos fejlődése indult meg, megjelent a hajítódárda, íj, nyíl és a kőeszközök mellett jelentős számban készítettek csonteszközöket is. A felső-paleolitikum során több kulturális és technikai komplexumot (*Aurignacien, Chatelperonnien, Gravettien, Solutrien, Magdalénien*) sikerült elhatárolni, amelyek eltérő ipari folyamatokat alakítottak ki. Ezek a kultúrák térben elkülönülve, időben részlegesen átfedve alakultak ki, de még így is alkalmassak egy-egy kronológiai horizont, néhány ezer éves szintek lehatárolásához. A felső-paleolit gazdaságot a földkéreg növekvő hasznosítása jellemezte, 13 ásványt (kalcidon, kvarc, hialit, szerpentin, obszidián, pirit, talk, jáspis, borostyán, jade, kalcit, ametiszt, fluorit) hasznosítottak és emellett különböző festékföldeket, érceket és ásványokat, mint a nefrit, szillimanit, illetve különböző üledékes kőzeteket és ásványokat (mint például az agyag, diatomaföld, földpátok) is felhasználtak.

A felső-paleolitikum végén, az epipaleolitikum során még tovább éltek a felső-paleolit kőeszköz készítési hagyományok, majd a pleisztocén végén a globális hőmérsékletváltozás megváltoztatta a különböző közösségek környezetét. Ennek nyomán teljes életmód- és kultúraváltás alakult ki. Így a holocén kezdetén a mezolitikus (középső kőkori) kultúra alakult ki. A mezolitikum során az íj és a nyíl terjedése teljes mértékben átalakította az addigi kőmegmunkálási technikát. Erre a kultúra-horizontra a kis méretű, vékony, geometrikus (háromszög, trapéz) formájú kovapengék, az ún. „mikrolitok” voltak a jellemzők. A kőeszközök mellett kiemelkedő jelentőségűvé váltak a fa- és csonteszközök. Magyarországon a *Tardomasien* iparokat sorolják ebbe a kronológiai horizontba. A mezolitikumot követő újkőkorbán (neolitikum) több technológiai újítást is kialakítottak a kővek feldolgozása terén. Ezek közé tartozik a kőeszközök csiszolása és fúrása is. A jelentős számú és sokféle kőeszköz ellenére a neolitikumban a kulturális besorolások, kronológiai lehatárolások elsősorban a kerámiák morfológiai jegyeinek az elemzésén, a kerámiatipológián alapulnak.

Bár a kerámiát általában a neolitikumban kialakult technikai innovációnak tekintik, a Japán-szigeteken már a középső-kőkori vadászó, halászó, gyűjtögető csoportok készítettek kerámia edényeket Krisztus előtti 10.000 év körül. Sőt a 26 ezer éves felső-paleolit telephelyen (*Dolní Vestonice*, Csehország) már mintegy 600°C-on kiégetett medve, oroszlán és Vénusz formájú agyághurkát tártak fel. Hasonló, felső-paleolit korú kerámiákat találtak még Japánban, Oroszországban és a Pireneusokban is. A Közel-Keletről kiinduló neolitizáció során, Krisztus előtti 8400 évvel ezelőtt már formáltak égetett edényeket. Az agyagedényeket kezdetben kézzel formázták hosszú agyaghurkák spirális fonatából. A korongozást általában szkíta és kelta innovációnak tekintik Európában, de már a Krisztus előtti 3400-ban Mezopotámiában készültek korongozott kerámiák, és az ókori Egyiptomban a Krisztus előtti III. évezredben már korongozó fazekasokról készítettek szobrokat.

A kerámiákkal kapcsolatban a legfontosabb régészeti geológiai kérdések az ásványi összetételükre, alapanyag keverékének megállapítására, valamint a kiégetési hőmérsékletükre vonatkoznak. A kerámiák legfontosabb anyagát a 0,002 mm-nél kisebb szemcsékből álló agyag alkotja, amelynek kiemelkedő jelentőségű ásványai, a mállás során képződött agyagásványok. Az agyagásványok minősége függ az alapkőzet minőségétől, ásványi összetételétől, a hőmérséklettől, csapadéktól és növényzeti borítás minőségétől és a pH viszonyoktól. Az agyagásványok fő összetevői a szilícium, alumínium és a hidroxid anion, [hidro-alumínium-szilikátok- $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot (\text{OH})$]. Legfontosabb agyagásványok, a *kaolinit* [$\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$], a *halloysit* [$\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$], a *montmorillonit* vagy más néven *szmektit* [$(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Na})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$] és az *illit* [$\text{K}_4\text{Al}_4(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$]. A kerámiákhoz felhasznált agyagok általában nem tiszta formában, hanem különböző ásványok (kvarc, földpát, csillámok, karbonátok) keverékeként kerültek felhasználásra, így a kerámiákat eltérő kémiai összetétel jellemzi. A hevítés során a növekvő hőmérséklet hatására az üledékkeverékben az ásványok átalakulnak, ezért az eltérő hőmérsékleten kiégetett kerámiákban különböző ásványi fázisok alakultak ki (23. ábra). Az ásványi összetétel változásait a fentebb leírt geokémiai módszerekkel nyomon követhetjük, ezzel a kerámiák kémiai összetételét és kiégetési hőmérsékletét rekonstruálhatjuk. A kerámiák kiégetési hőmérsékletét egyszerűbb módon is meghatározhatjuk. Ennek alapja az, hogy égetés során zsugorodás lép fel, így a kerámiából mintát kell kiemelni, ezt újra hevíteni és a hevítés során a kerámia az eredeti kiégetési hőfok eléréséig tágulni fog, majd ezen a hőmérsékleti ponton átlépve újra zsugorodni fog. Ezt a dilatációs változást diagramon megrajzolhatjuk és a dilatációs görbe törése nyomán rekonstruáljuk az egykori kiégetéshez használt hőmérsékletet.

A kerámiákból készült csiszolatok is felhasználhatók az olvadási hőmérséklet megállapításához, mert a kerámiák alapanyagát felépítő agyagmassza ásványait eltérő olvadási hőmérséklet jellemzi, így az egyes ásványok, megléte és hiánya alapján következtethetünk a kiégetési hőmérsékletre, de ez a módszer alkalmas az ásványi összetételük meghatározására is. Ez fontos kérdéskör lehet az import kerámiák, a távolabbi területről behozott áruk megállapításánál. Ezekben az esetekben a kerámiákhoz felhasznált agyag mellett elsősorban a soványító anyagként felhasznált, jelentős szilícium tartalmú ásványok és kőzetek (kvarchomok, csillámpala, homokkő), sőt néha ősmaradványok (kovavázú egyséjtűck, gabonapelyva) maradványait, kerámiákba található zárványait is felhasználhatjuk a származási terület azonosításához. A kerámiák vizsgálatát nehezíti, hogy több, különböző kőzetforrásból származó anyag keverékéből is készülhetnek.



23. ábra.

Ásványi fázisok kialakulása a kerámiákban a hőmérséklet változásának hatására (Herz-Garrison, 1998 nyomán átrajzolva).

A kerámiák összetételének vizsgálatáról, de más régészeti geológiai kutatási területeken (talajok, laza üledékek elemzésénél) is sikerrel alkalmazhatjuk a nehézasvány meghatározásokat. A módszer lényege az, hogy kémiai reagensekkel feloldjuk a kerámia, vagy a talaj alapanyagát, majd különböző fajsúlyú oldatokba helyezve a megmaradt anyagokat, ásványokat centrifugával leválaszthatjuk a nehézasványi összetevőket. A szeparált ásványokat mikroszkóppal azonosítjuk. Így a csak bizonyos régiókra jellemző nehézasványok jelenléte alapján következtethetünk a kerámiák alapanyagának eredetére. A talajtani vizsgálatoknál a mállási folyamatok rekonstrukciójához, a laza üledékek (pl.: folyóvízi homokrétegek) esetében a lehordási terület megrajzolásához használhatjuk fel ezt a vizsgálati módszert.

A kerámiák mellett Egyiptomban már a predinasztikus korban, a Krisztus előtti IV. évezredben készítettek üveggyöngyöket és függőket, majd Mezopotámiában a Krisztus előtti III. évezredben valódi üveget állítottak elő. Az üvegtárgyak esetében hasonló kérdések merülnek fel, mint a kerámiák esetében: milyen anyagból készültek és milyen hőfokon készítették? Az üvegolvasztás egyik legjelentősebb problémája, hogy a kvarcüveg olvadáspontja 1700°C-ot is meghaladja, viszont ez az olvadáspont adalékanyagokkal csökkenthető. Ilyen adalékanyag a mész $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, a szóda (Na_2CO_3) és a hamuszír (K_2CO_3). A szóda az olvadáspontot 850°C-ra csökkenti, míg a mész hozzáadásával az üveg jó minőségűvé válik. Az üvegtárgyak forrásterületét elsősorban a mikroelem kimutatásra is alkalmas, roncsolásmentes röntgenfluoreszcens kémiai módszerekkel határozzák meg. Az archimétriai elemzések alapján a római üvegek mangánban, az égeikumi üvegtárgyak antimonban, az egyiptomiak magnéziumban gazdagok, így a kémiai elemzésekkel jól elválaszthatók. Az üvegek elemzésének jelentős problémája, hogy a fémekhez

hasonlóan az üveg újra beolvasztható és új üvegtárgyak alakíthatók ki belőlük, így az eltérő kémiai összetételű üvegek keveredhetnek, ezért pontos származási helyük meghatározásának lehetősége csökken.

Az archimétria egyik legfontosabb kutatási területe az emberek által egykor hasznosított ércék és fémek vizsgálata. A fémek esetében az archimétriái vizsgálatok során a kiindulási ércék, az ércék lelőhelye és az olvasztási hőmérséklet, valamint az ötvözetek összetételének meghatározása a cél. Ezek a vizsgálatok az egykori bányaterületek, technológiák és kereskedelmi útvonalak rekonstrukciója mellett a fémtárgyak restaurálása és korrózióvédelme miatt is fontosak. Az ércék és fémek archimétriái vizsgálatát általában a legfontosabb fémek alapján tárgyalják, ezért ezt követjük tankönyvünkben is. A geokémiai vizsgálatok mellett kiemelkedő jelentőségű az ércék és a fémek vizsgálatánál a mikroszkópos *metallográfiai* vizsgálat. Mivel a fémek és ércék fényvisszaverő tulajdonságúak, a köztettani vizsgálatoknál, kerámiáknál és mikromorfológiai vizsgálatoknál felhasznált, a fényáteresztő metszetek elemzésén alapuló kutatások ebben az esetben nem használhatók. A metallográfiai vizsgálatoknál az ércékből és fémekből csiszolt felszínű (polírozott) metszeteket készítenek, ezeket savval megmaratják, hogy szerkezete feltáruljon, és fényt bocsátanak a metszet felszínére. A visszavert fényben kirajzolódnak az ércék, a fémek legfontosabb szerkezeti tulajdonságai. A metallurgiai vizsgálatokkal elkülöníthető a hidegen, kalapálással megmunkált, kilágyított fémek, az öntvények, az edzett anyagok és a különböző ötvözetek, vagyis a fémek kezelésének története.

A legkorábban hasznosított, egyik legfontosabb fém, a réz. Legjelentősebb ércei a réz-oxidok (*kuprit* – Cu_2O), rézkarbonátok (*malachit* – CuCO_3 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, *azurit* – 2CuCO_3 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$), rézarzenitek (*enargit* – Cu_3AsS_4 , *domejkit* – Cu_3As) és rézszulfidok (*kalkopirit* – CuFeS_2 , *kalkolit* – Cu_2S , *kovellin* – CuS , *bornit* – Cu_5FeS_4) és a ma már rendkívül ritka termésréz. A legkorábban hasznosított rézászványok a festékként már a mezolitikumban hasznosított azurit és malachit, valamint a hidegen, kalapálással formázott termésréz. A termésréz felhasználása már holocén kezdetén, a neolitikum kialakulása során elkezdődött. A réztárgyak már a korai élelmiszertermelő közösségek telepein megjelentek, sőt a réz lágyítása, olvasztása is a neolitikum egyik találmánya. A rézművesség kialakulása térben és időben differenciáltan zajlott. Az első, egymástól független rézműves centrumok Kis-Ázsiában, Kis-Kaukázusban, Iráni-medencében, Balkánon, Ibériai-félszigeten alakultak ki. Az Amerikai kontinensen is több önálló, eltérő korú hidegkalapáláson alapuló rézfeldolgozó centrum jött létre. Itt a legidősebb, a Krisztus előtti IV. évezredre tehető, régi rézkultúrához sorolható rézfeldolgozó centrumok a kanadai Keweenaw rézérces zónájában találhatók. A termésréz hidegkalapálásos feldolgozásához hasonló a termésarany és természézüst megmunkálása is és a leletek alapján ezeknek az elemeknek a feldolgozása egy időben alakult ki. A legidősebb, Krisztus előtti 7250–6750 közé tehető rézműves centrumot a törökországi Cayönü-ben tárták fel. A metallurgiai vizsgálatok alapján a fémrezet a településtől északra 20 km-re az Ergani-hegységben feltárt termésréz lelőhelyekről bányászták ki.

A hidegkalapálást követően alakult ki a réz lágyítása (rézkalapálás + melegítés). Majd kidolgozták a réz kiolvasztását a rézoxidokból és a rézkarbonátokból (csak réztartalmú ércék feldolgozása – *monometallikus rézművesség*), majd kifejlesztették réz olvasztását és öntését a Krisztus előtti VI. és IV. évezred között. Az Újvilágban, a perui rézműves centrumok alapján, a réz- és nemesfémek olvasztását, öntését az európai középkornak meg-

felelő időintervallumban alakították ki. Ugyanakkor Dél-Amerikában a platínát már a Krisztus előtti II. évezredben olvastották, ugyanez Európában csak a XIX. században sikerült. A rézöntést az öntőformák segítségével is tanulmányozhatjuk, a különböző öntőformákon alapuló technikák mind az Új-, mind az Óvilágban kialakultak. Az ókori Egyiptomban a falfestményeken fennmaradtak a rézöntés egyes fázisait rögzítő képek is. Hasonlóan fontos a réz- és bronzkor vizsgálata szempontjából a kiolvasztott rézérc maradékanyagának, a salaknak vizsgálata. A különböző fémolvasztás során felhalmozódott salakanyagok elkülönítése, a forrásércek kimutatása nem egyszerű feladat, de mint később egy ciprusi példán keresztül is bemutatjuk az ércek és a salakok fémtartalmának összehasonlító elemzésével igen fontos, környezettörténeti és gazdasági adatokat nyerhetünk.

A negyedik évezredben a különböző fémeket tartalmazó ércekből kinyert rézolvastással (*polimetallikus fémművesség*) párhuzamosan kialakították bronzeszközöket. Kezdetben a réz és az arzén tartalmú enargit, illetve a réz és az ón tartalmú *stannin* ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$) felhasználásával ásványkeverék nélküli „természetes” eredetű bronzeszközöket is készíthettek. Ezt követően alakulhatott ki a réz és az arzén vagy a réz és az ón tartalmú ásványok ötvöztetésével a tudatos bronzkészítés. Az ókori bronzkészletek geokémiai elemzése alapján az ónbronz alkotta az előállított bronzmennyiség háromnegyedét. A bronzöntés és bronzfeldolgozás az ókori Kínában érte el egyik csúcspontját. Mind a rézeszközök (presztízstárgyak, ékszerek), mind a kemény bronzeszközök (fegyverek, termelési eszközök) megjelenése igen fontos társadalmi mozgásokat indított el és alapvetően megváltoztatta az egykori embereknek a környezettel korábban kialakított viszonyát. A bronz mellett kiemelkedő jelentőségű volt az ezüst, arany és réz ötvöztete, a különböző presztízstárgyak, illetve birodalmak által kibocsátott pénzérmék esetében, ahol a napjainkban végzett geokémiai vizsgálatok nyomán kiderült, hogy egykori állami szintű beavatkozásokra, a nemesfém pénzérmék hígítása, hamisítására is sor került (korai inflációk).

Az őskorban és az ókorban Ciprus szigetén található rézérc készletek kiemelkedő jelentőségűek voltak. A 1970-es években ciprusi és angol kutatók együttműködése nyomán az egész szigetet átfogó régészeti, archimétriai, régészeti geológiai, környezettörténeti munkát kezdtek el. A munka célja az volt, hogy a ciprusi réz bányászatának, kohósításának, kereskedelmének társadalmi, gazdasági és természeti hátterét részletesen megvizsgálják. Első lépésben a sziget kiemelkedő mennyiségű, jelentős fémtartalmú, napjaink világpiacon is számottevő rézérceit elemezték meg, vizsgálták az érces testek felszíni és felszínhez közeli kiterjedését, majd űrfelvételek, légi fotók, terepbejárások alapján azonosították az őskori bányákat, meddőhányókat, kohászati központokat, salakhalmokat és megrajzolták azok kiterjedését, tömegét. A salakanyagban maradt réztartalom és az érces tömegek réztartalmának összehasonlító vizsgálatával, a salakanyag mennyiségének figyelembe véve rekonstruálták a kinyert összes réz mennyiségét.

Az összefoglaló kutatásokhoz kapcsolódó paleobotanikai vizsgálatok alapján ismert volt, hogy a rézérc olvasztásához a mediterrán fenyőből (*Pinus haploxylon*) előállított faszenet használtak fel. Az egységnyi (1 mázsa) faszénből előállítható energia nyomán következtetni lehetett arra, hogy mennyi rézérc olvasztására, mekkora réztömeg kinyerésére lehetett felhasználni a fenyőkből nyert faszenet. Az összes salak és a számított, kinyert réztömeg figyelembe véve kiszámítható volt, hogy mekkora mennyiségű faszénre volt szükség az összes kitermelt rézérc kohósításánál. A *Pinus haploxylon* recens kutatásai alapján ismeretessé vált, hogy 1 mázsa faszén kinyeréséhez mintegy 1,5 mázsa tömegű élő fát

kellott felhasználni. Figyelembe véve a ciprusi éghajlati és talajtani körülményeket a *Pinus haploxylon* 60–70 éves korában éri el a vágásérett kort, ekkor nyerhető ki a legjelentősebb faszénmennyiség az élő fatömegből. Amikor figyelembe vették a kinyert réztömeget, salaktömeget, az olvasztáshoz szükséges faszén mennyiségét, a faszénhez szükséges fenyőfa mennyiségét, akkor kiszámíthatóvá vált, hogyha a 9000 km² kiterjedésű Ciprus teljes területét mediterrán fenyő borította, akkor minimum 16 ciklusban le kellett vágni az összes fát ahhoz Krisztus előtti V. és II. évezred között, hogy a kitermelt rézércből kinyerjék a fémrezt. Mivel Ciprus teljes területe nem alkalmas a *Pinus haploxylon* termesztésére, figyelembe véve a morfológiai, az egykori talajtani és éghajlati adottságokat, tehát az egykori környezeti viszonyokat, megállapíthatóvá vált, hogy legalább 25–30 erdőirtási ciklussal kell számolnunk a ciprusi réz- és bronzkor során. Ezek az adatok egyrészt azt bizonyítják, hogy a ciprusi természetes környezet már a rézkor során teljes mértékben átalakult, másrészt látható, hogy az archimetricai, környezettörténeti vizsgálatok összekapcsolásával milyen fontos régészeti geológiai modelleket alkothatunk.

Ha ezekhez az adatokhoz hozzákapcsoljuk a rézérc kitermeléséhez, olvasztásához, a fakitermeléshez, a faszén előállításához, a szállításokhoz szükséges emberi munkaidőt és időt, rekonstruálhatjuk, hogy a ciprusi őskori „rézvertikumban” minimum mennyi ember dolgozhatott. Ezen a ponton, az emberi közösségek bekapcsolása révén válik a korábbi régészeti geológiai modell régészeti modellé. Még ezen a szinten is tovább léphetünk, ha figyelembe vesszük, hogy ennyi ember ellátásához mennyi kalóriára, mennyi élelmiszerre volt szükség és ezt az élelmiszert a kor technikai és környezeti adottságait figyelembe véve mekkora paraszti és halászó, vagy vegyes (bányász és paraszti) közösségek tudták előállítani. Az őskori rézvertikumba dolgozó emberek ellátását, a fogyasztott élelmiszer összetételét a települések feltárása során, leletek nyomán rekonstruálhatjuk. A régészeti feltárások során kirajzolódó települési szerkezetből, a települések feltárásából, a szállító eszközök, az utak és a kikötők bekapcsolásával a ciprusi rézvertikum szerveződését, a réz kitermelése, olvasztása, szállítása és értékesítése nyomán kialakult társadalmi szerveződést, annak kereskedelmi kapcsolatrendszerét, a rézért kapott cseereák szerepét is megrajzolhatjuk. Sőt a ciprusi réz elterjedésének archimetricai bizonyítása alapján rekonstruálható, hogy a ciprusi rézvertikum milyen regionális szerepet játszott más területek rézellátásában és ezen keresztül gazdasági és társadalmi életében. Ez a Ciprus szigetén kidolgozott régészeti modell a legújabb archimetricai és régészeti geológiai, környezettörténeti vizsgálati adatokra épít, jól mutatja az újrégészet logikáját és megközelítési módjait. A Cipruson megkezdett, az egész szigetre kiterjedő régészeti modell kidolgozását a Ciprus államot kettéosztó török-görög háború szakította meg.

A réz mellett a másik jelentős kultúrtörténeti fém, a vas. A legjelentősebb vastartalmú ásványok a *magnetit* (Fe₃O₄), a *hematit* (Fe₂O₃), a *limonit* (Fe₂O₃·3H₂O), *goethit* (α-FeOOH), *sziderit* (FeCO₃). Vasat a Kolumbusz előtti Újvilágban nem állítottak elő, csak Ázsiában, Európában és Afrikában. Az emberi történelemben az eddigi legidősebb vas-tárgy Mezopotámiából került elő, Krisztus előtti 5000-ben, sőt a természetes fémállapotú meteorvasat sokféleképpen (pecséthenger, dísz tárgy) hasznosították, sőt már a bronzkorban is megjelentek a vas-, és az acéltárgyak. Az egyiptomi piramisok esetében például több bronz tárgy mellett apró, vasból készült vésők szorultak az összeillesztett kövek közé, illetve *Tutanhamon* sírjából aranymarkolatú vastőr került elő (Kr.e. XIV. század). Az ókori Kínában *Yu* császár a Krisztus előtti III. évezredben már vasat szedett be adóként

a leigázott népektől és ekkor készítették az eddig ismert legelső vaskohót (*Szanszin*) is. Ugyanekkor a kínai hadsereg vezetése már ismerte és használta a mágneses irányítót. Az ókori indiai védikus tekercsek szintén említést tesznek a vasról a Kr. e. III. évezredben. A korai, távol-keleti vaskohászati centrumokkal szemben mégis a Kaukázus, Kiskaukázus térsége volt a kiemelkedő jelentőségű, mert a kis-ázsiai hettita vaskohászat átvétele és terjedése jelentős kultúrtörténeti folyamatokat indítottak meg az ókori világban. A korai hettita vaskohászat bizonyítéka, hogy a térségből megközelítőleg Krisztus előtti 1300-ban, jelentős mennyiségű vas- és acéltárgy került – nászajándékként – Egyiptomba.

Úgy tűnik, hogy az Óvilágban több, egymástól független vaskohászati és vasfeldolgozó centrum (Kaukázus, Távol-Kelet, Eurázsiai-sztyeppterület, Afrika) alakult ki. Ennek többféle oka is lehetett, ezek közül az egyik az volt, hogy a korai technikákkal is feldolgozható vasérc természetes előfordulásai szélesebb körben terjedtek el. Ugyanakkor a vasércből kinyerni a vasat már komplikáltabb folyamat, mert a vas olvadáspontja 1540°C , de a vasat a tiszta vasoxidokból (például magnetitből, hematitből) már 800°C -on is előállíthatjuk. Ekkor azonban a vas minőségét rontó meddő ásványokat salak formájában el kell távolítani. Ezt úgy érték el, hogy a hőmérsékletet mintegy 1100°C -ra hevítették, így a salakot alkotó ásványok megolvadtak és lecsapolhatóvá váltak, míg a vas szilárd, cipó alakú szivacsos (*buca*) formában maradt hátra. Ezt a vascipót alakították és edzették kovácsolással. Európában és Közél-Keleten ez a kovácsoltvas eljárás terjedt el kezdetben. Az ókori Kínában a kovácsoltvassal szemben a komplikáltabb kemencét igénylő öntöttvas kialakítás vált uralkodóvá a Krisztus előtti VI. évszázadtól kezdődően. Igazi acélgyártás Európában a római korban alakult ki, de Afrikában levegő befúvásos, faszén-nel égetett kemencében már az európai acélgyártás kialakulása előtt önálló acélgyártási technikát alakítottak ki. A vaseszközök kiemelkedő jelentősége következtében a vasgyártás, az olvasztókemence, vasfeldolgozás folyamatosan fejlődött az elmúlt 3000–3500 évben és számtalan változata alakult ki. Ezeknek a múltbeli folyamatoknak a vizsgálata az iparrégészeti kutatások egyik legfontosabb területe.

Magyarországon *Gömöri János*, a soproni múzeum munkatársa foglalkozik napjainkban a kelta, a római kori, a népvándorlás- és honfoglaláskori, a középkori vaskohászattal, technikai, iparrégészeti és kísérleti régészeti szempontból is. Munkája nyomán több kemencetípus kialakítását sikerült rekonstruálni, helyreállítani, és egyes közösségekhez kötni. Vasolvasztási kísérletei nyomán a korai vastermelés bányászati, szállítási és fémmegmunkálási problémáira is kitért és részletesen foglalkozott az archimetriai szempontból is kiemelkedő jelentőségű vasérc előfordulásokkal.

A különböző érceket (például *manganit* – MnO_2 , hematit, azurit, malachit, *cinnabarit* – HgS) nem csak a fémek kinyerésére, hanem festékként is hasznosították már a paleolitikumtól kezdődően. Természetesen az érces eredetű festékek mellett sokféle üledékes ásványt és kőzetet, illetve növényi és állati eredetű anyagokat használtak fel a festékek előállításához. Ugyanakkor a növényi és állati eredetű a festék fixálását szolgáló szerves eredetű kötőanyagok mellett ásványi kötőanyagokat (például *gipsz* – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, *barit* – BaSO_4) is felhasználtak. Az ásványi eredetű festékek kémiai elemzésével a különböző összetevők és a forrásterületeket rekonstruálhatjuk, hasonlóan az ércek vizsgálatánál. A szerves eredetű anyagok vizsgálatánál a különböző kromatográfias méréseket és szerves geokémiai megközelítéseket hasznosítják.

3.5.3. Izotópgeokémiai kutatások

Kiemelkedő jelentősége van a régészeti geológiai kutatásokban az izotópos vizsgálatoknak is. Mint ismeretes majdnem minden természetes kémiai elemnek (92 db) mutattak ki izotópjait (270 db). Izotópnak nevezzük ugyanazon elem eltérő tömegű atomjait. Az atomok súlyát a magjában található protonok és neutronok száma határozza meg. Az elemek kémiai azonosságát a protonok száma határozza meg, míg a neutronok száma változhat és a neutronsám változása nyomán alakulnak ki az izotópok. A kémiai elemek nagyobbik részénél az izotópok egymáshoz viszonyított aránya, az izotóparány állandó, de az elemek egy másik csoportjánál (szén, kén, nitrogén, oxigén) a kémiai, biokémiai folyamatok hatására a természetes izotóp-összetétel folyamatosan változik. Egyes izotópok stabilak, míg mások elemi részecskék spontán kibocsátása közben más atomokká bomlanak. Mindenféle izotópos összetétel tömegspektrometriás módszerrel mérhető, elsősorban az izotóparányok mérése alapján. Mivel minden tömegspektrometriás mérést izotóp-állandókkal szabványosítanak, így a laboratóriumok közötti összehasonlítás lehetővé válik.

Az izotópanalitikai vizsgálatok legismertebb csoportját a radiokarbon kormeghatározások alkotják. Ennek oka az, hogy a XX. század második felében a modern régészet kialakulása szükségessé tette a leletek abszolút korának egyre pontosabb meghatározását. Az abszolút dátumok megadására két lehetőség kínálkozik. Az első a feljegyzések, feliratok nyomán tisztázott korú egyiptomi királylista alapján történik, az ott megadott évszámok és a kereszt dátálás segítségével. Kereszt dátálásnak nevezzük, ha egy ismert korú, zárt kultúrretegéből előkerült import- vagy exportárukn keresztül egy másik terület kronológiai besorolását is elvégezhetjük. Hasonló logikával használják fel a pénzérmeket az európai középkor régészeti feltárásánál, de tudnunk kell, hogy a lelet keltezése (keletkezésének ideje) és a réteg kormeghatározása, ahonnan előkerült két különböző probléma. A pénzérme vagy tárgy elkészítésének ideje a réteg minimális korát adja meg, mert jóval később is belekerülhetett abba rétegbe, ahonnan előkerült. Az egyiptomi királylisták kereszt dátálása azonban térben igen korlátozottan, gyakran pontatlanul és csak az első fáraók utáni korokban alkalmazható. Ennek köszönhetően napjainkban a természettudományos alapokon kidolgozott mérési módszerek kerülnek előtérbe, és folyamatosan növekszik az igény a fizikai, kémiai és biológiai kormeghatározási technikák alkalmazása iránt. A modern kormeghatározási lehetőségek közül (TL, OSL, aminosav-racemizáció stb.) a legjobban kidolgozott és használható eljárás a radiokarbon kormeghatározási módszer.

A radiokarbon kormeghatározás azon alapul, hogy a kozmikus sugárzás a Föld légkörének felső légterében jelentős mennyiségben hoz létre szabad neutronokat. Ezeknek a neutronoknak a hatására a szén 14-es tömegszámú izotópja a légkörben főként nitrogénből magreakció végtermékeként keletkezik. A keletkezett ^{14}C β -bomlással 5730 ± 40 év felezési idővel ^{14}N -ra bomlik. Mivel a kozmikus sugárzás intenzitása hosszú időn keresztül közel állandó, és ehhez képest a 5730 év felezési idő rövidnek tekinthető, a Földön a kozmikus eredetű ^{14}C radioaktív egyensúlyban van. A radioaktív szén a légkörben gyorsan széndioxidá válik oxidálódik, és egyenletesen eloszlik. A radiokarbon a fotoszintézis során beépül a fotoszintetizáló növényekbe, majd a fogyasztó szervezetek (az embert is beleértve) révén az egész táplálkozási láncba, így az élővilág biológiai szénében is jelen van. Az anyagcsere folyamatok során a radiokarbon folyamatosan beépül és távozik az élőlé-

nyekből. Az élőlények szénére jellemző biológiai felezési idő – amely alatt az élőlényt alkotó szerves vegyületek fele kicserélődik – néhány év, ami rövid idő a radiokarbon-felezési időhöz képest. Így a szárazföldi élőlények biológiai szénének fajlagos radioaktivitása folyamatosan követi az atmoszférikus szén fajlagos radiokarbon aktivitását. Az élőlények pusztulásával a ^{14}C aktív felvételének, beépítésének lehetősége megszűnik, ezért a biológiai szén ^{14}C koncentrációja a felezési időnek megfelelően exponenciálisan csökken, az izotóp óra „ketyegni” kezd.

Ismerve az anyagcsere folyamat alatt az élő anyag széntartalmának fajlagos radioaktivitását (A_0 – ún. „kezdeti aktivitás”), majd az anyagcsere folyamat megszűnte után az adott időpillanatban megmérve a fajlagos aktivitást (A – *jelenlegi aktivitás*), a bomlási állandó ($\bar{t} = 5730 \pm 40$ év) ismeretében kiszámítható az életfolyamatok, az élőlény elpusztulásának ideje, azaz a minta kora (t) a következő képlet alapján $A = A_0 \cdot e^{-\bar{t}t}$. Ez a radiokarbon kormeghatározás alapelve. Viszont a radiokarbon vizsgálatra szánt, régészeti, vagy környezettörténeti lelőhelyről származó minták sok egyéb módon szennyeződhetnek, például egy gondatlan kutató kezéből származó cigaretta hamujával, hajdarabokkal, de a szennyeződés rendszerint természetes és nem mesterséges eredetű. A mintáknál idősebb szén gyakori probléma mészkő vagy más, szenet tartalmazó alapközetten. Ha ilyen vízgűjtőről szén jut egy tóba, a bikarbonátban gazdag vízből a szén a vízinövények felveszik, majd pusztulásukkal az üledékbe kerül. A ^{14}C szint „felhígulásával” az üledéken mért korok idősebbnek tűnnek, mint amilyenek voltak a valóságban. Ezt a jelenséget *keményvíz-hatásnak* nevezzük.

A fiatalabb szénrel való szennyeződésnek számtalan forrása lehet, például a mélyebben fekvő üledékretegekbe behatoló növényi gyökerek, a Mollusca héjak átkristályosodása, a héjak felszínén kicsapódott másodlagos kalcit, a lelőhelyeken előforduló állatok járatainak és üregeinek fiatalabb rétegekkel történő keverő, bioturbációs hatása. A fiatalabb szénrel való szennyeződésből fakadó hibák átgondolt terepmunkával, speciális mintavételezéssel és minta előkészítéssel többnyire kiküszöbölhetők. A fiatalabb szén mindig sokkal nagyobb probléma a pleisztocén, mint a holocén kormeghatározásokban. A szennyeződéseknek leginkább kitétt mintaféleségek a csont, a Mollusca héj és a talaj. A minta tárolása során meg kell akadályozni, hogy a tárolásra használt mintatartóból szén keveredjen a minta anyagához. A mintavételhez ezért célszerű fém vagy műanyag eszközök használata. A mintát fém, műanyag edényben vagy műanyag zacskóban kell elhelyezni, Konzerválószer a radiokarbon vizsgálatra szánt mintánál tilos alkalmazni. Szennyeződést okoz a minta felületén az írás, a felület lakkal történő védelme, Nem szabad a mintát papírzacskóba helyezni, vagy papírvattába csomagolni. A tőzeg- vagy talajmintát nem szükséges kiszárítani, hanem célszerűbb lezárni és azonnal a mérés helyszínére, a laboratóriumba szállítani, vagy ha ez nem lehetséges hűtőben mintegy 4 C fokon tárolni.

Az idegen szén jelenléte a minta látszólagos korát eredményezi. A tényleges kor és a látszólagos kor közötti különbség függ a szennyezettség mértékétől, és a szennyező anyag radiokarbon koncentrációjától. Ha szennyező anyag fosszilis szenet tartalmaz, a látszólagos kor nagyobb, mint a tényleges kor. 1% fosszilis szénszennyeződés 80 éves növekedést okoz a radiokarbon korban. Ugyanakkor a modern szén hozzákeveredése is hibákat okoz, de a hiba nagyság függ a vizsgált minta korától. 1% modern szén hozzákeveredése 100, 2000, 7000 évvel fiatalítja meg az 1000, 10.000, 40.000 éves mintát.

Típus	széntartalom (%)	mintamennyiség béta számlálós technika	minimális mennyiség (AMS)
faszén, tőzeg	50–90 %	3–6 g	1–50 mg
szövet, vászon	10–50 %	6–50 g	2–25 mg
üledék, talaj	0,2–5 %	50–1500 g	20 mg–1g
csont, fog	1–5 %	60–300 g	20–300 mg
cseppkő, korall	10 %	10–30 g	25 mg
Mollusca héj	10–15 %	10–30 g	25 mg
talaj-, rétegvíz	0,01	50–500 l	50–200 ml

2. táblázat:

A radiokarbon kormeghatározásra alkalmas minták széntartalma és a méréshez szükséges minták mennyisége.

Minden olyan anyag kora meghatározható, amely szenet tartalmaz. Így mérhetők a fa, faszén, bőr, haj, csont, textilszövet, puhatestűek héjai, cseppkő, talajvízben, vízben oldott organikus és anorganikus karbonát minták 150 és 40.000 évek között, illetve izotópdúsítással 70.000 évig. A minta mennyiségét annak széntartalma, a szerves anyag állapota, a szennyezők mennyisége és a dátumozás módszere határozza meg. A hagyományos béta számlálós technika mellett ismeretes egy meglehetősen új és hatékony módszere a radiokarbon vizsgálatnak, a gyorsító tömegspektrometria (AMS = Accelerator Mass Spectrometry) vagy a legmodernebb, tandemgyorsító tömegspektrometria (TAMS), amelyek segítségével közvetlenül meghatározhatók a ^{14}C atomok száma a mintában és nincsen szükség a bomlástermékek mérésére, mint a hagyományos eljárásoknál. Ezeknek a módszereknek az előnye, hogy igen kis anyagminták (<1 g) kormeghatározásánál, pl.: egy-egy mag, termés, Mollusca vagy Foraminifera héj, emberi maradványok kis darabja, néhány fonál egy textíliából, vagy akár egy virágporszem esetében is alkalmazható (2. táblázat). A radiokarbon vizsgálatoknál komoly problémát jelent, hogy a holocén során magában a légkörben is változott a ^{14}C koncentráció, pl.: 6000 évvel ezelőtt lényegesen magasabb volt, mint napjainkban. Sikertült mégis megoldani a radiokarbon évek kalibrálását naptári évekre, független módszerek alkalmazásával. A módszer lényege, hogy a mérsékeltövi fák éves ritmusban alakítják ki évgyűrűiket. Az évgyűrű vizsgálatok, a később bemutatásra kerülő ún. „*dendrokronológiai*” elemzések során a megszámlolt évgyűrűkből 10–10 db-ot összevonva egy-egy mintába radiokarbon vizsgálatokat végeztek. Az eredmények azt mutatják, hogy az atmoszféra múltbeli ^{14}C koncentrációja lassú, 9000 éves periódusban változott és erre a változásra még több, rövidebb idejű fluktuáció is rá-rakódott. A leszámolt évgyűrűk radiokarbon mérései, a módszer kalibrációi azt mutatták, hogy radiokarbon évek és a tényleges naptári évek között igen jelentős eltérés mutatkozik. Az évgyűrű vizsgálatoknál többféle mérsékeltövi fát használtak fel. Kezdetben az arizonai sárga fenyő (*Pinus ponderosa*) faanyagából készített Douglass dendrokronológiát, majd a világ egyik legidősebb, kb. 6000 éves élettartalmú, a kaliforniai, sörtéstobozú (*Pinus longaevea*) fenyőt használták fel a dendrokronológiai kalibrációra. A *Pinus longaevea* elpusztult és élő példányainak keresztdátumozásával a korrekt radiokarbon kalibrációt 8200 évig folyamatosan vissza lehetett vinni az időben. Európában a „*belfasti tölgyprogram*” keretében

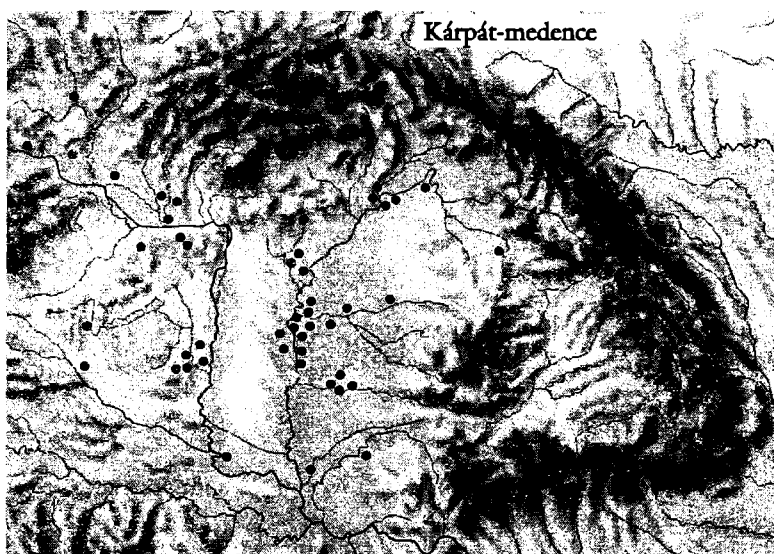
ben a kocsányos és kocsánytalan tölgyek (*Quercus robur* és *Q. petraea*) évgyűrűinek segítségével, bár nem folyamatos átfedéssel, sikerült meghaladni a 9000 évet a radiokarbon korrekciók esetében. A legutóbbi időkben pedig a napi, évi ritmusban növekedő korallpadok segítségével már a 20.000 évet is meghaladta a radiokarbon évek naptári évekbe történő átszámíthatósága.

A radiokarbon vizsgálatok mellett ismereteseek a régészeti geológiai célú szén és oxigénizotópos elemzések is. Ezeket a vizsgálatokat elsősorban az egykori éghajlat és a tengervíz hőmérsékletének megállapítására használták fel. Az első ilyen megközelítést C. Emiliani a chicagói egyetem munkatársa dolgozta ki, amikor a fosszilis, mészvázú tengeri egysejtű (*Foraminifera*) héjakon oxigénizotópos elemzést végzett. Az oxigénizotóp eltéréseket használták fel az egykori tengervíz hőmérsékletének kiszámításához, így Emiliani a tengervíz felszíni hőmérsékletét °C fokokban adta meg és a $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ arányának megfelelően a hőmérséklet jelentősebb eltérései alapján hidegebb és melegebb őszéghajlati szakaszokat állapítottak meg, amelyeket számokkal jelölt (*Emiliani féle oxigénizotóp sztratigráfiai szintek*). Az Emiliani féle oxigénizotóp elemzési adatok értelmezését végül Imbrie és Shackleton angol kutatók oldották meg egymástól függetlenül, mert a méréseik nyomán tisztázták, hogy a Foraminiferák héjában tapasztalt oxigén izotóp eltolódások a belföldi jégta-
karó tömegében történt változásokat tükrözik vissza és így csak áttételle-
sen kapcsolódnak a tengervíz felszíni hőmérsékletének változásaihoz. Megállapításaik alapján az oxigénizotóp sztratigráfiai szintek a globális jég mennyiségét, előretörését és visszahúzó-
dását jelzik.

A tengeri kagylók, csigák oxigénizotóp összetétele jelentős mértékben függ környezetük, a tengervíz hőmérsékletétől. Ezt a tulajdonságukat használta fel Colin Renfrew és Nicolas Shackleton a neolitikum során DK-Európában elterjedt *Spondylus* kagylókból készített ékszerek (24. ábra) származási helyének a meggrajzolásához, mert a Fekete-tenger sokkal hidegebb vizében ezeknek a kagylóknak más oxigénizotóp összetétele alakult ki, mint a Földközi-tengerben. A vizsgálatok végül is azt bizonyították, hogy a Földközi-tengerből, pontosabban az Égei-tengerből származnak a neolitikumi *Spondylus* kagyló importok. A szén és oxigénizotóp arányok alapján márványok származási helyeit, ólomizotóp elemzésekkel, az ólomszennyeződés következtében, réz, bronz, ezüsttárgyak, ólomtartalmú fehér festékek alapanyagainak, érclelőhelyeinek eredetét tárták már fel. Kiemelkedő régészeti jelentőséggel bír a ciprusi és a krétai érclelőhelyek elválasztása bronzkori rézöntvények izotópos vizsgálata alapján, mert sem a megmunkálás, sem az olvasztás során nem változik meg az ólom izotóp összetétele. Ennek a módszernek jelentős hibája, hogy a tárgyak többféle ércbányából származó fémhulladékból is készülhetnek, illetve az is, hogy a különböző ércbányákban azonos ólomizotóp összetétel is kialakulhat.

Az élettani kísérletek során megállapították, hogy a növények eltérő szénizotóp összetételűek, mert eltérő módon kötik meg fotoszintézisük során a levegő CO_2 tartalmát. A három szénmolekula formát kialakító ún. „C3-as” növények kevesebb C-13 izotópot használnak fel, mint a négy szénmolekulát kialakító, C4 növények. A mérsékeltövi növényzet döntően C3-as, a trópusi növényzet elsősorban C4-es stratégiájú elemekből áll. A tengeri, a szárazföldi növényektől eltérő módon fotoszintetizáló vegetáció pedig a legjelentősebb C-13/C-12 izotóparánnyal jellemezhető. Amikor az állatok és az emberek elfogyasztják ezeket a növényeket ezek az eltérő izotóparányok bekerülnek a táplálékláncba és a táplálékpíramis minden szintjén izotóp eltéréseket okoznak. A csontok elemzése

nyomán így megállapíthatjuk, hogy az egyes emberi csoportoknak C3-as, C4-es, vagy tengeri növények, illetve ezeket fogyasztó állatok jelentkeztek az étrendjükben. Ezeket a módszereket elsősorban a tengerparthoz közelebb eső területeken és az amerikai kontinensen lehetett hasznosítani, elsősorban azért, mert itt figyelhető meg a C3-as növényekről a C4-es kukoricára történő áttérés az egyes népcsoportoknál és ez a változás jellegzetes izotóp összetételbeli változást alakított ki a csontokon. Az archeobotanikai leletekkel közös feldolgozásban így a mezőgazdaságban megfigyelhető változások jól rekonstruálhatók. A csontok kollagén anyagának nitrogénizotópos összetételét is felhasználták az egykori étrendek meghatározásához, mert a húsféléket, vért, tejet fogyasztó állati és emberi csoportok csontjainak N-15 izotópja jelentősebb, mint a csak növényeken élő csoportoké. Ezeknek a módszereknek a segítségével korai humán csoportok táplálkozási szokásait, az ősemberek egykori étrendjét állapították meg, de sikerrel alkalmazták nomadizáló és letelepedett mezőgazdasági termeléssel foglalkozó csoportok étrendjének elkülönítésére is.



24. ábra.

Égei-tengerből származó neolitikumi *Spondylus*-kagylók és kagylóékszerek elterjedése a Kárpát-medencében (Kalicz, 1988 munkája nyomán).

3.6. Kronológiai vizsgálati módszerek

3.6.1. Termolumineszcens és optikai lumineszcens kormeghatározás

A lumineszcencia lényege, hogy az előzőleg besugárzott kristályos anyag (ásvány) a gerjesztési energiát elnyelve annak egy részét hosszú időn keresztül tárolja, majd melegítés, vagy meghatározott hullámhosszú fény hatására azt lumineszcens fotonok alakjában kibocsátja (emittálja). Az ionos vagy kovalens kristályok szerkezetében lévő rácshibák ugyanis lehetővé teszik, hogy az elektronok a vegyérték és a vezetési sáv között tartózkodjanak és energiaközlés nyomán ezek az elektronok kiszabadulnak eredeti helyükről és elhagyják a vegyértéksávot. Az elektronok egy része a vegyérték és vezetési sáv között csapdázódik és onnan egy jelentős energiaközléssel járó folyamat (égetés, napfény) kiszabadítja a csapdázódott elektronokat. Geológiailag ez azt jelenti, hogy a felszínen lévő napsugárzásnak kitett ásványoknál a betemetődést követően megindul a termolumineszcens jel felhalmozódása, így a futóhomokmozgás, vagy löszképződés során betemetődött üledékekből kinyert ásványokban termolumineszcens jelek őrződnek meg abból az időből, amikor betemetődnek. Hasonló jelenség alakul ki a kerámiák kiégetésekor is, mert a felhasznált üledékes anyagban található ásványi anyagokban a korábbi termolumineszcens jelek „lenullázódnak” a hőenergia hatására. A kiégetett, hullékgödörbe került, majd betemetődött kerámiákban található ásványokban így a kiégetést és betemetődést követően megindulhat a lumineszcens jel felhalmozódása a löszös és futóhomok rétegekhez hasonlóan. Az üledékből vagy kerámiából kinyert vizsgálandó ásványok melegítésekor vagy megfelelő hullámhosszú fénystimulálás hatására tehát a befogott elektronok kiszabadulnak és lumineszcens fényt bocsátanak ki. A stabilan befogott elektronok hőhatásra történő kibocsátása, a termolumineszcencia (TL). Amennyiben az elektronokat meghatározott hullámhosszú fény energiával mozdítjuk ki, akkor optikailag stimulált lumineszcenciáról beszélünk (OSL). Ez utóbbi esetben a fény hullámhosszától függően több alfaja is ismert, a legismertebb az infravörös fénnel stimulált lumineszcencia (IRSL). Az optikai lumineszcens meghatározást tekintik a pontosabbnak, mert a fény hatására a csapdázódott elektronok valóban teljes mértékben felszabadulnak, míg a termolumineszcencia esetén mindig fennmarad egy maradék szint (paleodózis), amely jelentős bizonytalanságot okoz.

Ha egy eltemetett üledékmintából, kerámiából szeparált kvarc- és agyagcsempéket vagy földpát szemcséket hirtelen felhevítünk 500 °C fokra, akkor a minta gyenge, de mérhető fényt bocsát ki. Ugyanezt a mintát még egyszer felhevítve csak a hőszugárzásból származó fény kibocsátást figyelhetjük meg. A lumineszcencia nagysága nemcsak a minta korától, hanem a minta radioaktív, háttér szennyezettségétől, a vizsgált anyag termolumineszcencia, vagy optikailag stimulált lumineszcencia iránti érzékenységtől is függ. A szennyezők koncentrációját kémiai elemzéssel, illetve radioaktív mérésekkel határozzák meg. A TL iránti érzékenység meghatározásához a mintát mesterséges radioaktív besugárzásnak tesszük ki, majd megmérjük az ismert sugárdózis által keltett TL-t. A különböző TL módszerek a minta előkészítésének különbségéből fakadnak. A minta előkészítése pedig attól függ, hogy a minta anyagának melyik részét kívánjuk megmérni. A minta szeparálásánál figye-

lembe kell venni, hogy az ásványok és a kristályos zárványok az elsődleges fényhordozók, míg az agyagfrakció tartalmazza a legjelentősebb radioaktivitást.

$$\text{TL kor} = \frac{\text{Természetes TL}}{(\text{TL/egységnyi dózis}) \cdot (\text{dózis/év})}$$

3. táblázat:

TL kor kiszámításához használt egyenlet.

A TL minta hibahatárát $\pm 5\%$, illetve $\pm 10\%$ között adják meg. Az említett értékek valamivel gyengébb megközelítést adnak, mint a radiokarbon adatok, bár bizonyos időszakokra nézve, figyelembe véve a ^{14}C rövid idejű ingadozását, a két módszer megközelítőleg azonos pontosságú. A TL kormérésben igen jelentős segítséget nyújt a legújabb technikai fejlesztés, a TL dózismérő, amelyet a vizsgálat helyén a földbe süllyesztenek és ennek segítségével a talaj gamma dózis intenzitását nagy pontossággal megmérhetik. A termolumineszcencia és az optikai lumineszcencia jelentős előnye, hogy azok az ősember lelőhelyek is vizsgálhatók ezzel a módszerrel, amelyek idősebbek, mint a radiokarbon mérés határa (tehát 50–70 ezer évnél idősebbek), vagy olyan területeken is alkalmazhatók, amelyeknél a szerves anyag hiánya következtében a radiokarbon mérés nem lehetséges. Így alkalmazhatók azoknál a kőeszközöknél is, amelyeket használat közben hevítettek (tűzhely körül lerakott kövek, megégetett kőpengék. A Közel-Keleten ezzel a módszerrel állapították meg, hogy a neandervölgyi emberek és a modern emberek több ezer évig egymás mellett éltek. A TL módszereket felhasználhatjuk kalciumkarbonát üledékek, mint cseppkövek, édesvízi mészkövek kormeghatározására is. Ebben az esetben a karbonátos oldatból kikristályosodó kalcit, a kialakuló cseppkő, vagy travertino korát kaphatjuk meg. Optikai lumineszcencia módszerrel észak-ausztráliai sziklaüregben feltárt emberi lelőhelyek korát állapították meg, a szél által az emberi megtelepedés során behordódott homokanyag kvarcsczemcséiből.

A TL vagy OSL módszer eredményeit jelentős mértékben befolyásolhatja, hogy a vizsgált kerámia, vagy löszös, homokos üledékek milyen kifejlődésűek, milyen közel találhatók a jelentősebb radioaktivitást mutató fekéjképződményekhez. Általában a vizsgált rétegek közepéről vett, a felszíntől (napsugárzástól) és a fektől (háttérsugárzástól) egyaránt távolabb található minták adnak reális korokat, összehasonlítva a felszín közelében, illetve a jelentősebb radioaktivitást mutató feké közelében lévő mintákhoz képest.

Magyarországon *Félszerfalvi János* fizikus végzett korábban TL vizsgálatokat löszös képződményekből szeparált kvarcsczemcséken, napjainkban *Újházy Kolos* és *Novóthny Ágnes* az ELTE Természetföldrajzi Tanszék munkatársai végeznek környezettörténeti szempontból kiemelkedő jelentőségű TL, IRSL vizsgálatokat. Régészeti lelőhelyekről előkerült kerámiákon *Erdélyi Balázs*, a tapolcai múzeum munkatársa végzett TL alapú kronológiai elemzéseket.

3.6.2. Elektronspin rezonancia (ESR) módszer

Az elektronspin rezonanciás (ESR) kormeghatározás kevésbé érzékeny, mint a TL, de alkalmazható a hevítés közben elbomló anyagok keltezésére is. A teljes sugárdózis érdekében a mintát (elsősorban hidroxipatit ásványi anyagot tartalmazó fogzománcot)

porrá őrlik, majd erős mágneses térben nagyfrekvenciájú elektromágneses sugárzásnak, mikrohullámoknak teszik ki. A térerősség változtatható, a mintában csapdázott elektronok különböző frekvencián rezonálnak és mikrohullámokat nyelnek el. A legnagyobb rezonancia egy meghatározott mikrohullám rezgésszám és mágneses térerősség esetén áll elő. Az ebből következő mikrohullám elnyelés nagysága mérhető. Az eredmény egyenes arányban áll a csapdázott elektronok nagyságával, a teljes dózissal. A hidroxipatit eredetileg nem tartalmaz radioaktív izotópokat, de betemetődését követően a fogzománc és a dentin vízzel keveredik és ennek a folyamatnak az eredményeként vízben oldott uránt vesz fel. A minta minél hosszabb ideig keveredik a vízben oldódott uránnal, a sugárdózis annál jelentősebb lesz. A minta uránfelvétele így alapvetően meghatározza a vizsgálat eredményét, ezért nem véletlen, hogy az uránfelvétel modellezése ennek a módszernek az alkalmazása során alapvető fontosságú. Két modellt használnak a kor kiszámításánál. Az első esetben az ún. „*korai felvétel*” modelljét használják, amelyben feltételezik, hogy a mintának használt fogzománc esetében a minta urántartalma gyorsan azonos szintre kerül környezete urántartalmával, így az uránfelvétel fokozatosan csökken. A másik hipotézis alapján az uránfelvétel egységes ütemben, lineárisan növekszik. A korrekt korbecsítés során mind a két adatot közölnünk kell. Az éves sugárdózis méréséhez meg kell határozni a belső uránkoncentrációt és a belőle származott thórium-230 izotópok koncentrációjának szintjét (uránsorozat mérés). A mérés és a kapott korok értékelésének legsarkalatosabb problémája a csontok uránfelvételének modellezése. Az ESR módszert általában más módszerek független kontrolljaként használják fel. Sikerrel alkalmazták TL és U-sor módszerekkel együtt emberi maradványokkal együtt előkerülő emlősfogak korának meghatározására a közel-keleti barlangi lelőhelyek feldolgozásakor.

3.6.3. Urán-sorozat módszer

Új, széles körben használt radiometrikus kormeghatározási eljárás az urán-sorozat módszer. A ^{230}U és a ^{235}U egy bomlási soron végig haladva stabil ólom-izotópokká válnak nagyon különböző felezési idejű, köztes bomlási termékeken, leszármazott vagy más néven leány-atomokon keresztül. Az urán és a bomlási sor néhány köztes tagja vízben oldódó, mások (pl.: thórium-230, más néven ionium, és protaktínium-231, ^{231}Pa) azonban nem. A módszer alapja az, hogy az urán anyaizotópok a vízben oldódnak, a leszármazott leányatomok viszont nem. Az utóbbiak ezért vizes közegben kicsapódnak és felhalmozódnak a tavi vagy tengerfenéki meszes üledékekben. Ezeknek az üledékeknek a kora meghatározható az alapján, hogy milyen mértékben bomlottak el az említett leány-atomok. Amikor az uránnal szennyezett mészkőhegységeket alkotó kalciumkarbonát feloldódik a karsztvizekben, majd édesvízi mészkőként (ún. „*travertino*”) lerakódik a barlangok, vagy a források szájánál a radioaktív óra működni kezd, mivel a kicsapódás pillanatában a travertino csak vízben oldódó ^{230}U és a ^{235}U tartalmaz. Az idő múlásával a leány izotópok aránya fokozatosan megnő, az urán-izotópok aránya csökken. Így az ^{230}U , a ^{235}U , illetve a ^{230}Th és ^{231}Pa aránya alapján meghatározhatjuk az édesvízi mészkő korát. Hasonló elven mérhető meg azoknak a karbonát-tartalmú ősmaradványoknak a kora, amelyek életük során urániumot vettek fel a tenger- vagy édesvízből. Ez kiszámítható abból, hogy az urán bomlástermékei milyen mértékben halmozódtak fel a vizsgált héjak vá-

zában. A módszer mérési tartománya 1000 és 350.000 év között van, de AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*) technikával kiterjeszthető ez az intervallum.

Az urán-sorozat módszer az anyagok széles skáláján alkalmazható, többek között barlangi cseppkövek, korallak, Mollusca héjak, meszes tavi üledékek, édesvízi mészkövek, csontok, fogak kormeghatározására. Azon túl, hogy egy független radiometrikus kormeghatározási módszert kínál, alkalmas lehet még a radiokarbon időskála kalibrálására, a dendrokronológia által befogható időtartomány határán is túl. Barlangi lelőhelyeknél, a kultúrréteget bekérgező cseppköveken, édesvízi mészkőrétegen sikerrel alkalmazták a közcépső-pleisztocén 200–500 ezer éves régészeti lelőhelyek kormeghatározására, sőt a barlangi üledékbe zárt fogak uránfelvétele alapján közel-keleti barlangi *Hominida* leletek korának megállapítására is felhasználták.

3.6.4. Rövid élettartamú izotóp elemzések

A legfiatalabb, történelmi idők kormeghatározására alkalmas radiometrikus módszerek rövid életű izotópokon alapulnak, amilyen a ^{210}Pb (mérési tartomány: néhány évszázad) és a ^{137}Cs (mérési tartomány: néhány évtized). Az előbbi módszer az ólom 210 izotópot veszi alapul, amelynek felczési ideje több mint 20 év, így megfelelő kiegészítője a ^{14}C kormeghatározásnak. Mindkét radiometrikus módszert sikerrel alkalmazták tavi üledékek és tőzegrétegek kormeghatározásánál.

A ^{210}Pb egy bomlási lánc részeként képződik, amelynek első lépése, hogy a rádium-226 az alapkőzetből jut a talajba, majd az állóvizekbe, a vízgyűjtő króziója során. A tavakba került rádium-226 helyben (ún. „*in situ*”) bomlással ^{210}Pb izotópot képez. Ez azonban nem az egyetlen ólom-210 forrás, mert a rádium-226 egy része a légkörbe diffundál, majd ^{210}Pb izotóppá alakul. Ez a nem egyensúlyi ólom a csapadékkal vagy por formájában száraz ülepedéssel visszakerül a Föld felszínére, megnövelve a helyben keletkezett ^{210}Pb mennyiségét. A kor meghatározásához ez a felesleges ólom-210 szükséges. A koradatok hasonló elemzési eljárás során készülnek, mint a radiokarbon elemzés. A ^{210}Pb természetes radioaktív bomlása a vizsgált rétegsorban a mélységgel csökkenő izotópmennyiséget eredményez. A kor becslésére többféle elemzési eljárás is kínálkozik, de a gyakorlatban egy tó hidrogeológiai viszonyai és a vízgyűjtőn kialakult talajerózió sebessége a felesleges vagy nem egyensúlyi ólom-210 utánpótlásban igen jelentős eltéréseket okoznak, így ez a mérési módszer meglehetősen bizonytalan eredményeket ad.

A természetes eredetű izotópok mellett léteznek mesterséges izotópok is, amelyek felhasználhatók kronológiai tesztelésre és vizsgálatra. Ezek egyike a ^{137}Cs (cézium) izotóp. A Cs-137 az atomkísérleteket követően 1954-ben kezdett kihullni a légkörből, és igen erőteljesen kötődött a talaj- és üledékrészecskékhez, majd a 30–40 éve felhalmozódott tavi üledékekbe koncentrált. A Cs-137 koncentrációjának változása Észak-Amerika keleti és Európa nyugati felén lévő tavakban, a legfelső üledékrétegben párhuzamosnak bizonyult az izotóp szárazföldi csökkenésének mértékével. Ennek alapján alkalmasnak bizonyult az utóbbi néhány évtized talajeróziójának, az üledék felhalmozódás sebességének meghatározására és a Pb-210 módszer tesztelésére. A Pb-210 és Cs-137 módszer együttes alkalmazása megbízható időskála kialakítását teszi lehetővé a napjainkban tartó emberi tevékenység környezetre gyakorolt hatásainak vizsgálatához. Különös tekintettel az atom

és hidrogénbomba robbantások, az atomerőművek (pl.: Csernobil) balesetei során felszabadult izotópok mozgására, a mezőgazdasági tevékenység hatására kialakult talajerózióra, az ipari anyagok atmo-, hidro- és geoszférában történő mozgására.

Magyarországon ezt a módszert *Cserny Tibor*, a Magyar Állami Földtani Intézet munkatársa sikerrel használta fel a tavak legfiatalabb rétegeinek lehatárolásához, a napjainkban tartó üledékfeltöltődési sebesség meghatározásához.

3.6.5. Kálium/argon kormeghatározás

A módszer a radiokarbon méréshez hasonlóan a radioaktív bomlás alapelveire épül. A vizsgálat lényege, hogy a vulkanikus kőzetekben jelentős mennyiségű kálium tartalmú ásvány (biotit, ortoklász stb.) található. A káliumtartalmú ásványokban a kálium-40-es radioaktív izotóp (^{40}K) nagyon lassú, de állandó bomlási folyamattal argon-40-es gázzá (^{40}Ar) alakul. A K-40 izotóp felezési ideje 1.3 millió év, így a $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ arányának mérése becslést adhat a vulkáni kőzet kialakulásának korára. A módszernek van egy továbbfejlesztett, pontosabb változata, az ún. „argon/argon” módszer. A kálium stabil, 39-es izotópja a minta neutronokkal történő bombázása esetén $^{39}\text{argon}$ (argon izotóppá) alakul. A lézerréteggel történő bombázást követően megméri mind a két argon izotóp mennyiségét. Mivel a $^{40}\text{K}/^{39}\text{K}$ aránya a kőzetben állandó a minta korát, a $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ arány alapján megállapíthatjuk. A radioaktív kor kiindulási alapja a vulkáni kőzetek megszilárdulásának, az ásványok keletkezésének pillanata, amikor a kőzetből az összes korábbi argon kiszabadul. Másodlagos, káliumtartalmú forró vizes (hidrotermális) hatások ronthatják a mérés eredményét. További probléma, hogy a magmás kőzetekre korlátozódik a vizsgálat, ezeknek a térbeli és időbeli előfordulása azonban igen korlátozott az elmúlt 2,5 millió évben, a negyedidőszaki képződményekben megtalálható emberi leletek tanulmányozásában. A kálium-argon módszert elsősorban Kelet-Afrikában, a jelentős magmatizmussal jellemezhető árokrendszer környékén található lelőhelyeken, köztük a Homonidák evolúciója szempontjából kiemelkedő jelentőségű tanzániai Olduvai-hasadékbán található lelőhelyeken alkalmazták sikerrel. Az olduvai *Australopithecus*, *Homo habilis*, *Homo erectus* maradványokat tartalmazó lelőhelyeken végzett kálium-argon vizsgálatok jelentős segítséget nyújtottak a korai emberfajták kialakulásának kronológiai tisztázásában. Magyarországon *Balogh Kadosa* és *Pécskay Zoltán*, a debreceni ATOMKI munkatársai használják a kálium-argon vizsgálatokat, elsősorban a kárpát-medencei vulkáni képződmények korának megállapítására.

3.6.6. Hasadási nyom

A hasadási nyom keletkezés a legújabb, a radioaktív óra működésén alapuló eljárás. A módszer ebben az esetben az ^{238}U spontán hasadásán alapul. Az urán-238-as természetes úton stabil ólomizotóppá bomlik és ugyancsak spontán módon feleződhet. A spontán hasadási folyamat közben a hasadási felek nagy sebességgel távolodnak egymástól, és csak azután lassulnak le, hogy a környező anyagban ronszolódási nyomokat hagytak a haladási pályájukon. Az urán-238 izotópot tartalmazó anyagokban, természetes (vulkáni üveg, obszidián) és mesterséges üvegekben ezt a ronsolt, áthaladási felületet hasadási nyomnak

nevezték el. Ezeket a nyomokat az üveges anyagok csiszolt felületén megszámlolhatjuk és a jobb láthatóság és mérhetőség kedvéért savval megmarathatjuk. A mintában lévő urán-238-as mennyiségét úgy határozzák meg, hogy megszámlolják a hasadási nyomok egy újabb, ekkor már az U-235 atomok mesterséges hasadásával létrehozott készletét. Az $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ arány ismert, így a második számlálás közvetett módon megadja a mintában jelenlévő ^{238}U izotóp mennyiségét. Mivel az urán-238-as bomlási (hasadási) rátája ismeretes, a spontán létrejött hasadási nyomok számát a mintában maradt U-238 mennyiségével összevetve kaphatunk egy kort, azt az időpontot, amely az U-238 hasadása megindult. Ez az időpont a természetes vulkáni üveg (obszidián, tektitek) kialakulásának idejét adja meg. Hasadási nyomra alapozott régészeti geológiai kormeghatározást általában a kálium-argon korok kontrolljára használták fel ez ideig. Ilyen méréseket végeztek az Olduvai-hasadék korai *Hominida* leleteinek üledékrétegében található természetes üvegeken, kőeszközökön is. Ugyanezekben a lelőhelyeken mágneses polaritási vizsgálatokat is végeztek. Kálium-argon módszerrel 1,79 millió \pm 30 ezer éves kort, argon-argon módszerrel 1,8 millió éves kort, hasadási nyom vizsgálatok alapján 2,3 millió év \pm 280 ezer éves kort, míg mágneses korhatározással a Matuyama fordított mágnesesszetségű szakaszt megszakító, 1,87–1,67 millió évek között kialakult eseményt sikerült kimutatni a *Homo habilis*, *H. erectus* és *Australopithecus* leleteket tartalmazó rétegsor legidősebb szintjében. Az egymástól független módszerekkel nyert adatok alapján 2,3–1,6 millió év közé sorolható a lelőhely fekérege és a korai emberi csoportok közé tartozó *Homo habilis* biztos jelenléte.

3.6.7. Hidratációs módszer

Az obszidián eszközök, kovaeszközök felszínén gyakran alakulnak ki törések. A töréscs felszíneken a vulkáni üveg, a kova vizet vesz fel és így kőzetcsiszolatban jól elkülönülő hidratációs szegély képződik. A hidratációs szegély képződésének ideje függ egyrészt a törési felszín kialakulásának idejétől (ezt tekinthetjük a hidratációs szegély képződése szempontjából 0 időpontnak), az eltelt időtől, másrészt az egykori hőmérséklettől és a kovaanyag, obszidián kémiai összetételétől. Ha a réteg egyenletes vastagságú, azaz lineárisan nő, akkor az eltelt idővel korrelál a kialakult hidratációs kéreg. Mérésnél jelentős problémát okoz, hogy ha a vizsgált obszidián eszköz sokáig a felszínen volt, akkor a hidratációs kéreg kialakulása felgyorsult, így eltérő korokat mutatnak a gyorsan betemetődött és a sokáig a felszínen lévő obszidián eszközök. A kémiai összetételbeli különbségek következtében egy-egy körzetre jellemző, eltérő kémiai összetételű obszidiánokon sorozatvizsgálatokat végeznek a pontosabb hidratációs kéreg kifejlődés meghatározása érdekében. A hidratációs módszert kronológiailag kalibrálni lehet valamelyik pontosabb kormeghatározási módszerrel (lumineszcenciás kor, radiokarbon kor) és így válik használhatóvá ismeretlen korú obszidiánt tartalmazó régészeti lelőhely korának megközelítésénél. A módszert obszidiánra dolgozták ki és elsősorban obszidiánban gazdag (pl.: közép-amerikai) lelőhelyek esetében használható sikerrel, de hasonló logikai elv alkalmazásával hasznosítható jelentős SiO_2 tartalmú kovaeszközök feldolgozásánál is. Magyarországon a kovaeszközökön, gyártási hulladékon kialakult hidratációs kéreg (patina) mérései alapján várható a kora neolitik, illetve mezolitik lelőhelyek kormeghatározás összehasonlítása és a kronológia pontosítása.

3.6.8. Dendrokronológia

Dendros görögül fát jelent, a dendrokronológia pedig mérsékeltövi fák évgyűrűi alapján történt kormeghatározását. A módszer alapjait A. E. Douglass amerikai csillagász dolgozta ki Arizonában 1910 és 1940 között. A dendrokronológia a mérsékeltövi fák évgyűrűinek vizsgálatán alapuló módszer. A mérsékelt éghajlati övben (valamint az összes olyan területen, ahol évszakok váltogatják egymást) növény fák testében jól elkülöníthető a kambium (a fatest szerkezetének külső, osztódó, néhány sejtsor vastag része) termelte évi fanövedék, az *évgyűrű*.

A munka a mintavétellel (Douglass-fúró, vagy egy teljes fa keresztmetszet levágásával) kezdődik, amit az évgyűrűvastagságok lemérése, mikroszkópi vizsgálata és a számítógépes feldolgozás, majd az értékelés, összehasonlítás követ. Ennek legfontosabb eredménye a kormeghatározás, a datálás. A fakéreg (ún. „*kambium*”) nemcsak a védi a fa testét és a kéreg alatt elhelyezkedő szaporító sejteket, hanem a vízszállításban is döntő szerepe van, benne áramlik a fa koronája felé a felszívott víz és a vízben oldott sók. A szíjács alkotja a fa törzsének élő részét, ezen keresztül áramlik – a levelekben szintetizált – vízben oldott tápanyag a fa minden sejtjéhez, illetve ebben raktározza el a fa ősszel a tartalék tápanyagot, a keményítőt. A geszt nem vesz már részt a fa életműködésében, szilárdítja, tartja a fát, az itt felhalmozott anyagok révén. A kormeghatározás szemszögéből mindez azért fontos, mert a szíjács vastagsága faj- és terület, tehát környezet specifikusan állandó. A szaporító sejtek minden évben új évgyűrűt hoznak létre, de közben a szíjács legbelső évgyűrűje gesztelkedik, pórusai feltöltődnek a geszt anyagával. Így miközben a fa vastagodik a szíjács, évgyűrűszámát folyamatosan megtartva, fokozatosan a külső részek felé vándorol. Ha ismerjük a szíjács vastagságát, akkor a kéreg hiánya esetén is viszonylag pontosan (egy-két éves hibahatárral) megmondható a fa kivágásának, vagy legkorábbi szóba jöhető kivágásának időpontja.

A dendrokronológia legegyszerűbb formája, ha megszámloljuk az évgyűrűket, a kéreg alatti első gyűrűtől (ez a legutóbbi éves növekedés eredménye) a fatörzs közepéig és megállapítjuk, hogy hány éves volt a fa a kivágás pillanatában. Hangsúlyozni kell, hogy ez a fának az „*életkora*” csupán, és nem abszolút, tehát évszámokhoz köthető kor. Vannak széles évgyűrűket termelő fák (pl. *Populus* – nyár), valamint keskeny évgyűrűket létrehozó fajok (pl. tölgyek). A mintavételezéshez nem szükséges favágói gyakorlat, a fára nézve ártalmatlan, Douglass-féle fáfúró (évgyűrűfúró) segítségével mintegy ceruza vastagságú, teljes értékű minta nyerhető. Az egymást követő évgyűrűk vastagsága eltérő és nem ismétlődik periodikusan, mert az évgyűrű vastagsága nemcsak a fajok, a termőhely, a faállomány zártsága szerint változik, hanem az évi növekedést befolyásolja a külső tényezők (földrengés, csapadék, hőmérséklet, fakártevők stb.) hatása is, amely minden évben más és más. Ezeket egészítik ki a Földön kívüli tényezők, elsősorban a napfolttevékenység, amelyekre az egyes fajok eltérő módon, eltérő „érzékenységgel” reagálnak. A jegenyefenyő (*Abies alba*) növekedését például ez a tényező döntően befolyásolhatja, míg a tölgyfákra (*Quercus*) alig hat. Ezeknek a tényezőknek a hatására az évgyűrűk vastagságának változása nem periodikus. Ez a dendrokronológia második fontos alapelve, az ún. „*történeti elv*”. Ezt a történeti elvet használhatjuk fel a dendrokronológia értékesebb módszeréhez, az évenkénti differenciált növekedésből fakadó évgyűrű elemzéséhez. Napjaink

faanyagán tett megfigyelések és adatok alapján a kedvező környezeti viszonyok között széles gyűrű képződik, a kedvezőtlenebb feltételek kialakulásakor pedig keskenyebb. Eből a szempontból legfontosabb tényező a éghajlat, de nem minden esetben az éghajlat azonos eleme váltja ki az évgyűrűk azonos növekedését. A száraz területeken a csapadék a kritikus éghajlati tényező, a csapadékos területeken pedig a hőmérséklet, így az Alpokban a keskenyebb évgyűrűk hidegebb éghajlatnak, a hűvösebb nyaraknak a következménye, az arizonai keskenyebb évgyűrűk pedig a szárazabb vegetációs periódusok hatására alakulnak ki. Ez a megállapítás rendkívül fontos a kárpát-medencei faszenek dendrológiai elemzésénél, mert itt a különböző éghajlati (kontinentális, óceáni, szubmediterrán, kárpáti) hatások tükröződnek az egykori évgyűrűk méretében és felépítésében. Vagyis míg a magyarországi erdőössztyepp területeken a szárazabb és csapadékosabb éghajlati váltások tükröződnek vissza az évgyűrű változásokban, addig az óceáni és szubkárpáti klíma hatás álló, bővebb csapadék-bevételű területeken az enyhébb és a hűvösebb éghajlati változások okozta évgyűrű változások jelennek meg.

A jellegzetes évgyűrűk vagy évgyűrűcsoportok (ún. „*marker gyűrűk*”) azonosításával különböző korú fák anyagai kronológiailag összehasonlíthatók, korrelálhatók, mert az évgyűrűk vastagságának változása két vagy több, egy időben növő fa esetében hasonló, ha a fák azonos fafajúak és egymás közelében, azonos környezeti feltételek között nőnek, mert így az említett környezeti hatások közel azonos mértékben érték a vizsgált fákat. A kijelentés fordítottja is igaz, ha az évgyűrűk vastagságának változása két különböző egyednél nagymértékben hasonló, akkor a fák egykorúak. Ez a dendrokronológia második fontos alapelve, az ún. „*szinkron elv*”. Ha egy idős és egy fiatal famaradványunk van (például egy frissen kivágott fa szelete és egy darab egy öreg ház gerendájából), akkor lehet olyan szakaszunk a két fa évgyűrűmintázatában, ahol a vastagságok változása azonos, mivel az öreg fa *még* élt, a fiatal *már* élt, valahol egymás közelében. A két évgyűrű-vastagságsor egyesítésével a közös periódus időben mind előre, mind hátra meghosszabbítható. Ez a harmadik dendrológiai alapelv, az *átlapolás elve*. Ezzel az „átlapoló” technikával olyan évgyűrű-vastagságsort, kronológiai adatsort és görbét állíthatunk össze, amely egy adott fafajra és területre érvényes és messze visszanyúl a múltba. Így hosszú idősorok rakhatók össze például az alábbi séma szerint: ma élő fák, épületbe beépített fák – eltemetődött épületfák – tőzegben, folyómederben vagy régészeti lelőhelyen eltemetődött fák. Ezt az eljárást *keresztátalálásnak* nevezzük. Ezzel az eljárással több száz, vagy szerencsés esetekben több ezer évet átfogó idősorok alakíthatók ki, az elemzés ugyanakkor éves, féléves felbontásban is végezhető. Ha egy olyan famaradványt találunk, amelynek kivágási időpontja számunkra ismeretlen, akkor ki kell keresni kronológia-adatsorunknak azt a szakaszát, amelyet azonosíthatunk a maradványunk évgyűrűvastagság adataival. És ha az ismeretlen korú famaradványunk minden egyes évét meg tudjuk feleltetni a kronológiai adatsor egy-egy keltezett évével, akkor maradványunk is pontosan meghatározhatóvá korúvá válik.

A dendrokronológiai kormeghatározási eljárás előnye a többi természettudományos keltezéssel (pl. ^{14}C) szemben abban rejlik, hogy olcsó, és szerencsés esetben, akár éves pontosságú eredményeket tud szolgáltatni. Ugyanakkor ennek az eljárásnak korlátai is ismereteseek. Csak mérsékeltövi területeken használható. Azonos fafajú maradványokra van szükség és ezek esetében is területenkénti vizsgálat kell. Ennek nagysága igen változó lehet. Az emberi építményekben található famaradványoknál fontos tudni, hogy az évgyűrűre alapozott dátumozás a kivágás korát adja meg, úgy, azért külső évgyűrűket

(szíjács) vizsgálják meg, ha ez hiányzik a kronológiai vizsgálatra nincs lehetőség. Ugyanakkor nagyon fontos kérdésnek tekinthető, hogy a faelemet a kivágást követően mikor építették be az épületekbe. A dendrokronológia egyik legjelentősebb értéke, hogy lehetővé teszi a radiokarbon időskála kalibrálását, a radiokarbon évek átszámítását naptári évekre (ld. radiokarbon módszertani fejezet). A sörtéstobozú fenyő (*Pinus longaeva*) alapján végzett kalibráció különösen az amerikai régészeti munkák során fontos, mivel a teljes régészeti kronológia revízióját tette szükségessé. A régészek ma is kalibrált radiokarbon adatokat (ún. CAL BC – *CALibrated Before Christ*, Krisztus születése előtt, vagyis időszámításunk előtt, vagy CAL AD – *CALibrated After Day*, Krisztus születése után, vagyis időszámításunk szerint) közölnek, de az öskörnyezettel foglalkozó paleoökológus és más, kronológiával dolgozó szakemberek a kalibrálatlan BP (*Before Present* – mai naptól számítva, kiindulási alapév 1950, az első hidrogénbomba robbantás éve) kort részesítik előnyben. Ennek két oka van. Egyrészt a kalibrációra csak a radiokarbon módszer alkalmazási tartományának egy részénél van lehetőség, másrészt bizonyos radiokarbon koroknak egynél több kalibrált, naptári év felel meg. Például 5000 BP radiokarbon év kalibráltan bárhova eshet 4130–3800 BC (Before Christ = Krisztus előtti) év közötti tartományba.

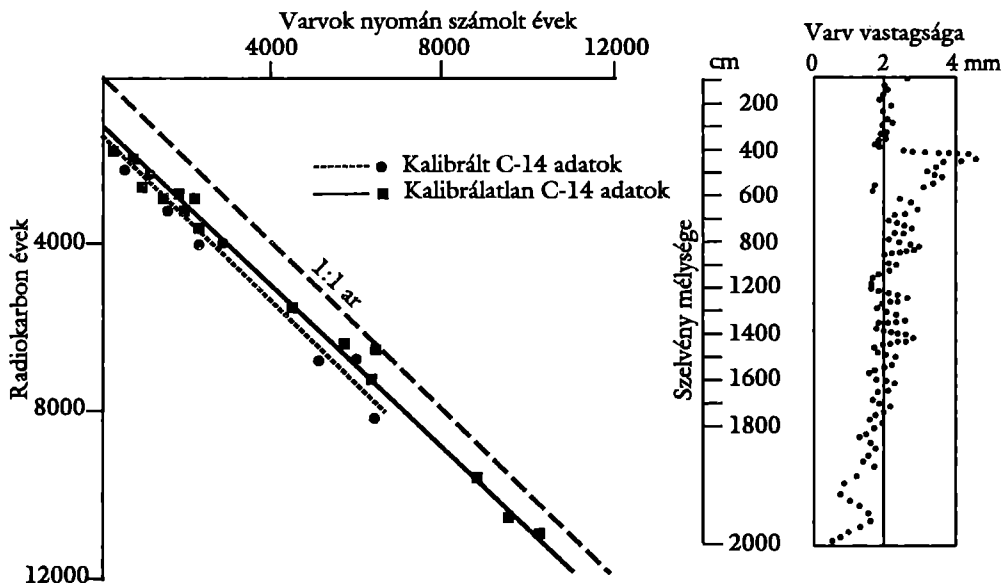
Napjainkban az Amerikai Egyesült Államoknak délnyugati részén Krisztus előtti 6700 évig, míg Európában az ír tölgyfaprogramban folyamatos átfedéssel Krisztus előtti 5300 évig, részleges átfedéssel pedig mintegy 9200 évig sikerült dendrokronológiai skálát létrehozni. Kiemelkedő jelentőségű a németországi Krisztus előtti 8000 évig visszanyúló évgyűrű naptár, mert lehetőséget biztosít a nyugat-európai és a közép-európai skálák összehasonlítására. A dendrokronológia jelentősége rendkívüli a régészetben, mert az évgyűrűs keltezéssel még bronzkori településeken is sikerült évtizedes pontossággal, sőt évekre lebontva megadni a település fejlődésének egyes szakaszait. Dendrokronológiával az angliai neolitikus, fából készült pallóútnak a korát, Németországban neolitikus kutak korát sikerült meghatározni. A dendrokronológiát a kalibráció és régészeti felhasználás mellett nagyon sokféle környezettörténeti összefüggésben alkalmazták még, többek között holocén tavak vízszint változásainak, a talaj- és folyóvízi erózió sebességének megállapítására, illetve a gleccserek frontjának ingadozásaira.

Magyarországon *Grynaeus András* végz nemzetközi szempontból is kiemelkedő jelentőségű dendrokronológia, dendroklimatológiai kutatásokat. Kutatásai nyomán sikerült magyarországi recens tölgyfa kronozónákat, kronorégiókat megállapítani. A kronorégiók kialakítása mellett a római korig visszanyúló lebegő (pontos korhoz még nem köthető), de több részén pontosan keltezett kronológiai sort dolgozott ki. A nyugat-dunántúli Ménfőcsanak avar lelőhelyein feltárt kutak faanyagának összehasonlító elemzése nyomán sikerült a kutak azonos korát dendrokronológiai vizsgálatokkal bizonyítani. Hasonló megoldásokkal Muhi középkori mezőváros kútjainak történetét rajzolta meg. Munkája nyomán várhatóan az elmúlt két, három ezer évet átfogó dendrokronológiai rendszert sikerül a Kárpát-medence központi részén létrehozni.

3.6.9. Varv-kronológia

A folyóvízi, tavi, tengeri üledékekben megfigyelhető rétegzettséget *ritmit*nek nevezzük, ha pedig a rétegződés mm-es kifejlődésű *lamináció*ról beszélünk. A lamináció speciális esete, ha a laminák éves, vagy évszakos ciklusoknak megfelelően fejlődtek ki, ekkor *varvokról* beszélünk. A tavi üledékek éves rétegzettsége, a biogén produkció a vízkémiai viszonyok és az ásványi anyagok bemosódásának évszakos, ritmikus változása nyomán alakulhat ki. A klasszikus varv kialakulása úgy történik, hogy a jégtakaró peremén található tavakban, vagy sekély tengerekben a tavaszi, nyári gyors jégolvadás során jelentős mennyiségű durva, mállatlan üledékek halmozódnak fel (világos színű homok és kavicsfrakció). Ezt követően, a téli félév során a finomabb szemcsék, elsősorban a lebegő, szuszpendált és sötétebb színű agyagfrakció rakódik le. A világosabb színű durvább törmelék és a sötétebb színű finomabb szemcsékből álló sávok váltakozása alkotja az éves ritmust.

A varv képződményeknek elemzési és értékelési nehézségei legjobban a dendrológiai problémákkal vethetők össze. A lokális tényezők, a mállás, az erózió sebessége, intenzitása, bioproduktivitás szintje (élőlények szaporodása és életműködése) igen jelentős mértékben befolyásolhatják az egyes varv laminák kifejlődését. A sekély tavi rétegeket a viharos szelek könnyen áthalmazhatják. Ezeket a kronológiai sorozatokat és a távkorrelációkat egyaránt befolyásoló hibákat részletes szemcseösszetétel elemzéssel, illetve a laminákba zárt fossziliák vizsgálatával kiküszöbölhetjük. A varvokból származó radiokarbon adatok általában idősebb kort adnak meg, mint amit a varvok számítása alapján kapunk (25. ábra). Ennek oka a tavak vízébe beoldódott és a varvokban kivált, jelentős mennyiségű,



25. ábra.

Varvok kalibrációja, varvok vastagsága (Rapp-Hill, 1998 nyomán átrajzolva).

a mezozoós kőzetek lepusztulásából származó, szénizotópokat nem tartalmazó, inaktív karbonátban, az ún. „*rezervoár-hatásban*” keresendő. A varvok és a radiokarbon adatok kronológiai eltérése megközelítőleg 1950 év – a kalibrált naptári évekhez képest. A kronológiai elemzés mellett a varvokat éghajlati viszonyok tanulmányozására is felhasználják a varvok szélességének kifejlődése nyomán (25. ábra). A varvok kronológiai és paleoklimatológiai adatait sikerrel hasonlították össze a varvokból származó pollenkép alapján rekonstruált őséghajlati változásokkal és a pollenszemcsékből nyert AMS adatokkal.

A varv-típusú üledékeknek fontos szerepe volt a skandináv jégtakaró visszahúzódásának vizsgálatában, a jég olvadásának és mozgásának kronológiai modellezésében, de felhasználták vegetációfejlődési, tájhasználati, tőfejlődési, valamint éghajlati változások rekonstrukciójára is. Régészeti felhasználása problematikus, bár az észak-európai területeken található kultúrák szempontjából nagy jelentőségű, hogy a varvok alapján az elmúlt 13.000 év történetét éves pontossággal sikerült rögzíteni. Ugyanakkor a varvok alapján rekonstruált jégtakaró visszahúzódás üteméből, a varvokból kapott polleneredmények nyomán megrajzolt vegetációváltozásokból és a vadászott rénszarvasok csont maradványainak elterjedéséből sikeresen modellezték a rénszarvas vadászok északra húzódásának történetét a pleisztocén végén, a holocén kezdetén.

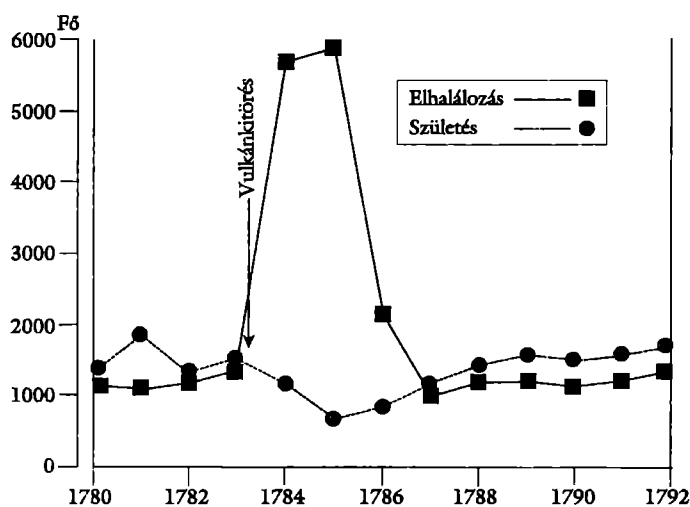
3.6.10. Tefrakronológia

A tefrakronológia nem kötődik speciálisan az emberi leletekhez, régészeti anyagokat beágyazó negyedidőszaki képződmények vizsgálatához, mivel a vulkáni hamuszinteket különböző földtani korú képződmények esetében használják litosztratigráfiai vezetésszintként. Egy vulkán kitörést követően a légkörbe jutó hamu nagy területeken szóródik szét, majd belekerül a kontinentális és tengeri üledékekbe vagy a gleccserjégbe. A tefra rétegeket ásványi összetételük, ritkaföldfém tartalmuk alapján azonosítják, illetve ezen az alapon különböztetik meg egymástól. A vulkáni hamu általában jelentős mennyiségű kálium tartalmú ásvánnyal rendelkezik, ezért abszolút koruk meghatározható K/Ar módszerrel, a közbezáró anyag (tőzcg) radiokarbon elemzéssel, vagy varvok leszámolásával.

A vulkáni kitörések az időben jól nyomon követhető eseményeket alkotnak (esemény- vagy más néven *event* sztratigráfia) és ezért a tefrarétegek viszonylag jól kijelölhető idősíkokat jelentenek az üledékrétegekben. A tefrarétegek a kronosztratigráfiai korreláció esetében jelentős segítséget nyújtanak az egyes vizsgálati helyek között és megkönnyítik a az események relatív sorrendjének a felállítását. A negyedidőszaki képződmények esetében a módszer kipróbáltan hasznosítható vegetációtörténeti események, lösz- és talajképződési ciklusok lehatárolásához, a tengeri és szárazföldi üledékek párhuzamosításához. Különösen fontosak a vulkáni hamurétegek a globális események párhuzamosításánál, a negyedidőszaki, világméretű események rétegtani távkorrelációjánál, mert a tefranyomok kimutathatók a különböző üledékes (tavi, tengeri, fluviális, eolikus) rétegekből, a jégtakaróból, ezért ezek a tefraszintek alkalmasak a világméretű események rétegtani megközelítésére.

Mivel a vulkáni kitörések egy része jelentős hatással volt a különböző kultúrák életére (Théra bronzkori kitörése és a minószi Kréta, Vezúv kitörése K. e. 79-ben és a környező római települések), ezért igen jelentős kutatások kapcsolódnak a tefraszintek és a régészeti

kultúrák kapcsolatának feltáráshoz. A vulkáni kitöréseknek nem csak közvetlen hatása (robbanás, a robbanás keltette szökőárak a tengerpartokon, betemetődés) rendkívüli, hanem a lebegő por következtében a kultúrák növénytermesztésére és állattenyésztésére is erőteljes hatással voltak. A fák például a jelentősebb vulkánkitörés nyomán a légkörbe kerülő por besugárzást, napfénytartalmat csökkentő hatására néhány évig keskenyebb évgyűrűket fejlesztenek ki, így egy erősebb kitörést a vulkáni tufaszóráson túli területeken is rekonstruálni lehet. Ugyanakkor a lehullott por kémiai összetétele negatívan hathat a termesztett növényekre, legelőkre és rétekre. Ez történt az izlandi Laki-hasadékban található vulkánok 1783–1784-es sorozatos kitöréseit követően is, mert az egyébként nem jelentős és emberáldozatokat nem követelő vulkáni kitöréshez kapcsolódó tufaszórás nyomán az izlandi legelők füve állati fogyasztásra alkalmatlanná vált. A sziget tehénállománjának fele, a loállománny háromnegyede elpusztult, éhínség alakult ki, az akkori izlandi lakosság negyede éhen halt, a korábbi évekhez képest a halálázási ráta ugrásszerűen megemelkedett (26. ábra), és a szigetről emberek ezreit kellett kitelepíteni. A XVIII. századi izlandi vulkánkitörés tefraszintjét Grönlandtól Dániáig mindenütt kimutatták a lápi tőzegrétegekben. Így nem véletlen, hogy az izlandi eredetű vulkáni hamu (tefra) rétegeket sikerrel alkalmazzák észak-atlanti területek kora holocén cseménycinek, többek között a mezolit



26. ábra.

A Laki-hasadék vulkánkitörésének hatása Izland lakosságára a XVIII. században (Halldanarson, 1984 nyomán ábrázolva).

közösségek korának szinkronizálásába az izlandi, skóciai, írországi lápokon tőzegrétegekben talált vulkáni hamu elemzése alapján. A Krisztus előtti 4000 évben történt izlandi vulkánkitörés például olyan jellegzetes pollenösszetétel változást okozott a skóciai területen, hogy a terület környezettörténetével foglalkozó szakemberek „fenyő visszaesési horizontnak” nevezik. Ugyancsak jelentős, vulkáni tufaszóráshoz kapcsolódó marker horizontokatt lehetett kimutatni, a Rajna-völgyében, a németországi Eifel-hegység térségében, ahol mintegy 400 ezer, 200 ezer, és 11 ezer, valamint 9 ezer évvel ezelőtt történt jelentősebb tufaszórással kísért vulkáni tevékenység, így az idősebb tufaszinteket a németországi, közép-európai löszrétegek tanulmányozásánál, a fiatalabb tufaszinteket a területen megtelepedett Magdaléni-kultúra, a mezolit csoportok kronológiai elemzésénél hasznosították. A tefrakronológiát főleg a Csendes-óceán térségben, a Földünk egyik legjelentősebb vulkáni tufaszórásait produkáló Pacifikus-hegységrendszerhez kapcsolódva hasz-

nálják fel. Különösen a közép- és dél-amerikai kultúrák környezetének, kronológiai vizsgálatánál alkalmazták sikerrel, de a pápuaföldi kora-neolitikus kertkultúrák vizsgálatánál is használtak tefrahorizontot.

Magyarországon *Kriván Pál* geológus ismert fel tefra, pontosabban tufit horizontokat löszökben. Ezeket a középső pleisztocén, 200–400 ezer év közé tehető tufit szinteket napjainkban *Gábris Gyula*, *Horváth Erzsébet*, az ELTE geográfusai, valamint *Hum László* a Szegedi Tudományegyetem munkatársa vizsgálja. A szegedi Földtani Tanszék legújabb kutatásai nyomán ismertté váltak a Balaton parti löszterületeken és a Titeli-löszplatón (Vajdaság, Szerbia) is tefra horizontok.

3.6.11. Aminosav kronológia (racemizáció)

A módszer lényege, hogy a gerinces élőlényekben a csontanyag mintegy 23%-át fehérjék, a fehérjéket pedig aminosavak alkotják. Az aminosavaknak két, eltérő forgatásos szimmetriát mutató változatuk, ún. „izomerjük” ismeretes. Az aminosavaknak a polarizált fényt balra forgató változatát L-aminosavnak (*laevo-enantiomer*), a jobbra forgató változatát D-aminosavnak (*dextro-enantiomer*) nevezzük. Az eddigi vizsgálatok azt bizonyítják, hogy az élő szervezetek fehérjei csak L-aminosavakból állnak, majd a halál bekövetkezése után egy adott ütemben D-aminosavvá alakulnak, fényforgatási tulajdonságaik ennek következtében megváltoznak, *racemizálódnak*. A racemizáció üteme a hőmérséklettől, a beágyazódás típusától, a beágyazó üledék kifejlődésétől, vastagságától is függ, vagyis lokális üledékföldtani tényezők is befolyásolják. Több lelőhelyen lehetőség nyílt a radiokarbon vizsgálatra alkalmas csontmennyiség gyűjtésére, egyúttal a csontanyag fehérje anyagának L/D aminosav tartalmának az elemzésére, így a helyi racemizációs ráta megállapítására is. Ezeket a kalibrációkat a racemizációs ütem ismeretében felhasználhatjuk a korábbi, időben a radiokarbon elemzéseken túlnyúló rétegek vizsgálatához, újraértékeléséhez. A különböző aminosav módosulatok különböző sebességgel alakulnak át, eltérő időtartomány mérésére alkalmasak. Az 50–100 ezer évig alkalmazható radiokarbon kronológiai vizsgálatokkal szemben az aminosav kronológia, a D-allo-izoleucin és más lassabban átalakuló aminosavak révén alkalmas 100–500 ezer év közötti csemények nyomkövetésére is, 0,5 g fehérje tartalmú anyag is elegendő a vizsgálatához. Különösen jól alkalmazható azonos üledéktípusban eltemetett csontok kormeghatározására, például egy bronzkori temető kronológiai feltérképezésére. Az emberi fogak elemzésénél a D-glutaminsav és a D-aszparaginsav felhasználásával az egyéncs korát lehetett meghatározni. A cisztin, cisztein, tirozin, metionin aminosavtartalom változásai nyomán gyapjúszőnycgeknek, gyapjúból készült több ezer éves textíliáknak is sikerült a korát megállapítani. A módszer pontossága 6–10 ezer év között 600–200 év, míg 100 ezer év felett is $\pm 1-2$ ezer évben adható meg.

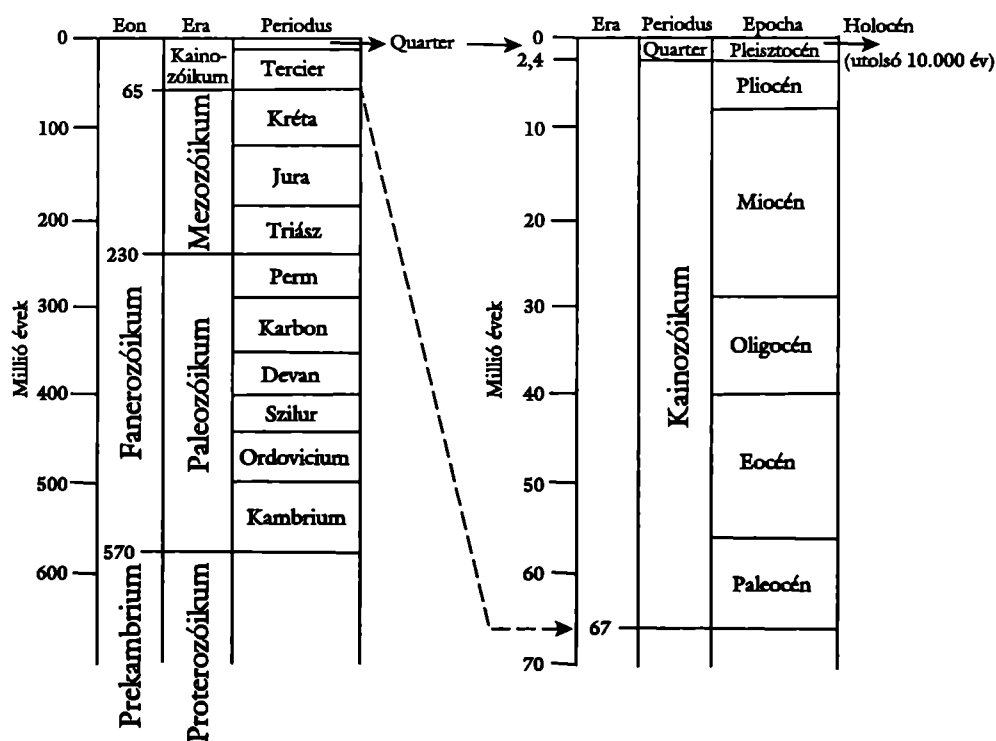
Az aminosav sztratigráfiai vizsgálatokat sikerrel alkalmazták több őskörnyezeti lelőhelyen, elsősorban Mollusca héjak vizsgálatára alapozva, többek között a dél-kelet angliai területeken, északi tengeri fúrásokban, hollandiai és kelet-angliai folyóvízi képződményeken, ahol a *Corbicula fluminalis* édesvízi kagyló aminosav tartalmát használták fel a különböző korú képződmények elkülönítésére, az interglaciális üledékek relatív korának tisztázására. Hasonló módszerrel végeztek vizsgálatokat a alföldi negyedidőszaki folyóvízi ré-

regsorok esetében is, a rétegben található édesvízi Mollusca fajok felhasználásával. Úgy tűnik, hogy ez a módszer alkalmas a különböző részmedencékben található folyóvízi rétegek távkorrelációjára, az egyes malakológiai szintek rétegtani párhuzamosítására is. Tengeri csigák (*Patella vulgaris*, *Macoma* sp.) héjának aminosav elemzésével bizonyították az Ír-tenger öbleiről, hogy eltérő interglaciális korban, és tengerborítás során alakultak ki.

Ugyancsak jelentős segítséget nyújt ez a vizsgálati módszer a kevert őslénytani anyagok kronológiai elemzésénél, a radiokarbon elemzések ellenőrzésénél, az egykori hőmérsékleti viszonyok rekonstruálásánál, a fosszilis talajok, talajszintek vizsgálatánál és meghatározásánál. A Földközi-tengerben több helyen osztriga (*Ostrea*) héjakat használtak fel az egyes tengerparti hullámverési övek, a színlők korának megállapításához. A kaliforniai embercsont anyag esetében pedig az addigi kronológiai elemzések ellenőrzéseként használták fel az aminosav kronológiai adatokat. A módszer legjelentősebb problémája, hogy a betemetődést követően fehérje szennyezések érhetik a vizsgálandó anyagot, illetve a diagenetikus hatások során az aminosav racemizáció eltérő sebességgel játszódik le, nem lesz lineáris az összefüggés az L- és a D- módosulatok között, így téves kort kaphatunk. Magyarországon Csapó János, a Kaposvári Egyetem professzora és kutatócsoportja foglalkozik aminosavak kronológiai vizsgálatával. Munkája nyomán igen jelentős kronológiai vizsgálati lehetőséghez jutott a hazai régészet és környezettörténet is.

4. Az emberre válás időkeretei (a negyedidőszak kronológiai felosztása)

Az emberi faj megjelenése és fejlődése a legfiatalabb geológiai korhoz, a negyedidőszakhoz köthető. A rétegtani adatok alapján a negyedidőszak 2,58 millió évtől számítható. A negyedidőszak a harmadidőszakkal együtt a Kainozóikum éráját alkotja (27. ábra). A negyedidőszak két korra, a pleisztocénra és a holocénra osztható, bár a legújabb vélemények alapján a holocén nem más, mint a pleisztocén kor egyik hosszabb időtartalmú felmelegedési szakasza, ún. „interglaciális”. A pleisztocén kor (jégkor) 2.58 millió évtől 10.200 évig tartott, a holocén (jelenkor) 10.200 évtől máig tart. A pleisztocént négy nagyobb egységre tagolják, 2,5–1,8 millió év között korai, vagy legalsó pleisztocén,

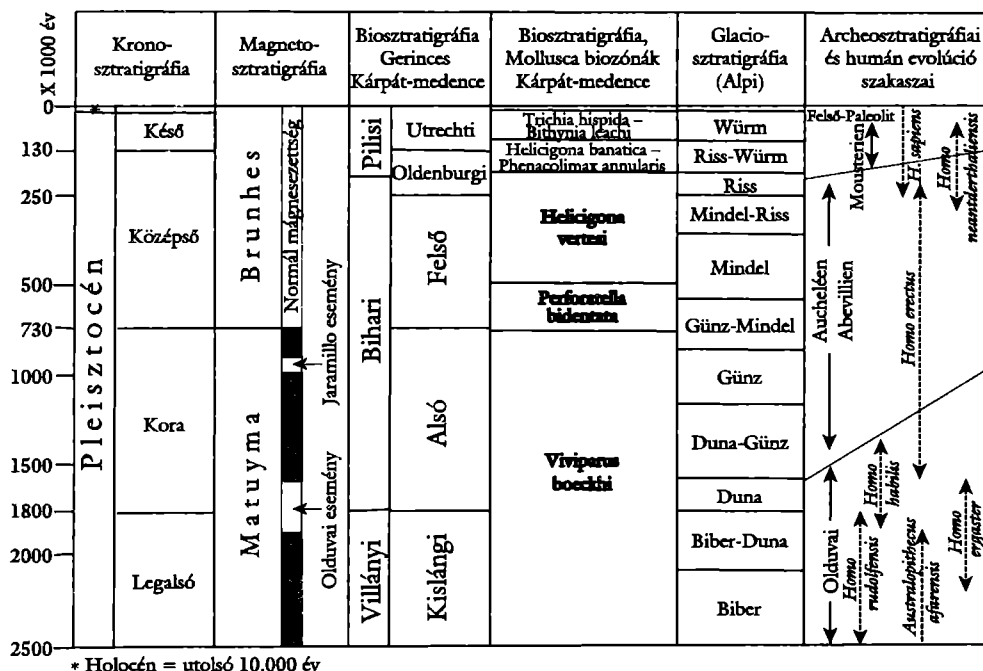


27. ábra.

A negyedidőszak helyzete a geológiai időskálán (Lowe-Walker, 1984 nyomán).

1,8–0,73 millió év között kora-pleisztocén, 730 és 130 ezer év között középső-pleisztocén, 130 ezer és 10.200 év között késő-pleisztocén szakaszokat különítenek el.

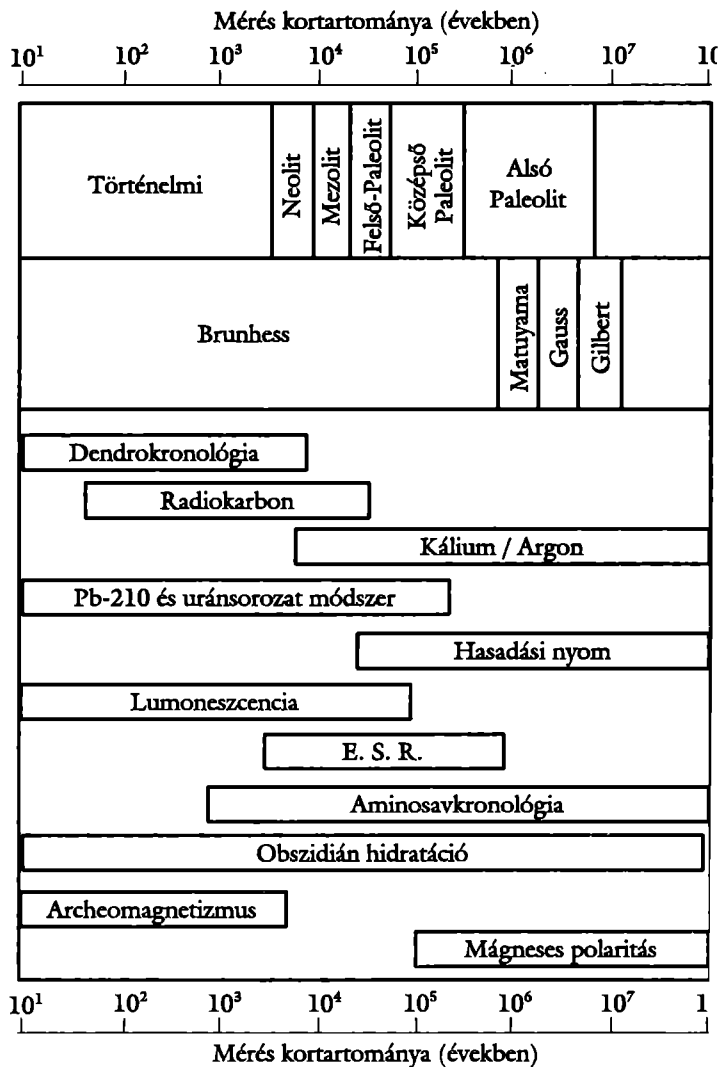
A kronosztratigráfiai egységek mellett magnetosztratigráfiai, biosztratigráfiai, archeosztratigráfiai egységeket is elkülönítettek, amelyeket korreláltak, párhuzamosítottak egymással (28. ábra). A különböző régészeti és környezettörténeti lelőhelyeken, eltérő időintervallumban felhasználható módszerek alapján globális, regionális és lokális szinten sikerült a negyedidőszakra vonatkozó geológiai, paleontológiai és archeológiai időskálát egységekre, szakaszokra bontani. A korrelációk az azonos mintákból származó gerinces



28. ábra.

A negyedidőszak felosztása a különböző módszerek alapján (Sümei, 2001 nyomán).

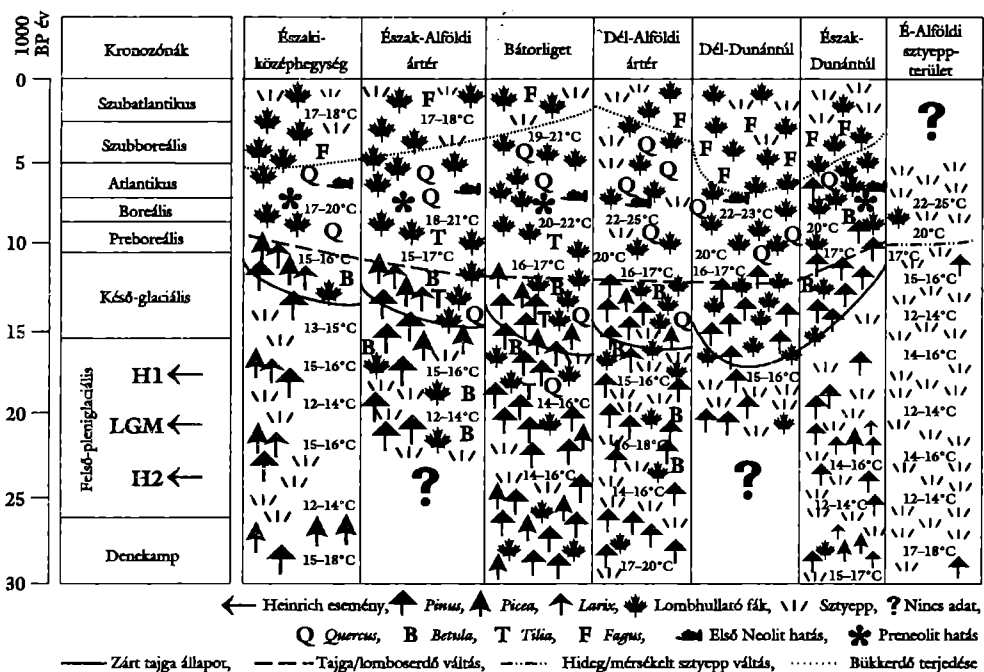
és puhatestű fauna-együtteseken, pollen adatokon, régészeti leleteken, kronológiai párhuzamokon alapulnak (29. ábra). Az őslénytani adatoknál a legjelentősebb problémakört a fauna- és flóraelmek időtranszgresszív terjedése okozza. Időtranszgresszív jelenségnek tekinthetjük egy gleccser mozgását, egy betegség kialakulását és terjedését. Ez azt jelenti, hogy az egyes régiókban, a tér különböző pontján eltérő korú megjelenése lehet az egyes fajoknak és az egyes kultúráknak. A humán evolúció adatainál, az egyes emberfajták, csontmaradványok kronológiai besorolásánál komoly rétegtani problémát jelent, hogy az egyes humán csoportok egymással párhuzamosan, időben átfedően is fennmaradhattak



29. ábra.

Régészeti anyagok keltezési lehetőségei és a kronológiai módszerek felhasználása az egyes időintervallumok feltárására (Rapp-Hill, 1998 nyomán).

Jól jellemzi ezt a helyzetet a magyarországi pollenadatok nyomán megalkotott utolsó 30 ezer évre vonatkozó rekonstrukciós ábra, ahol jól látható, hogy a karbon adatok alapján mért korokban eltérő növényzet alakult ki az egyes területeken, hát minden területnek kirajzolódik a saját vegetáció fejlődése (30. ábra). A közelítéssel lehet feldolgozni a gerinces és malakológiai adatokat is. A régészeti anyagok, az egyes tárgytypusok, kultúrák megjelenése és terjedése szintén időtranszgru-

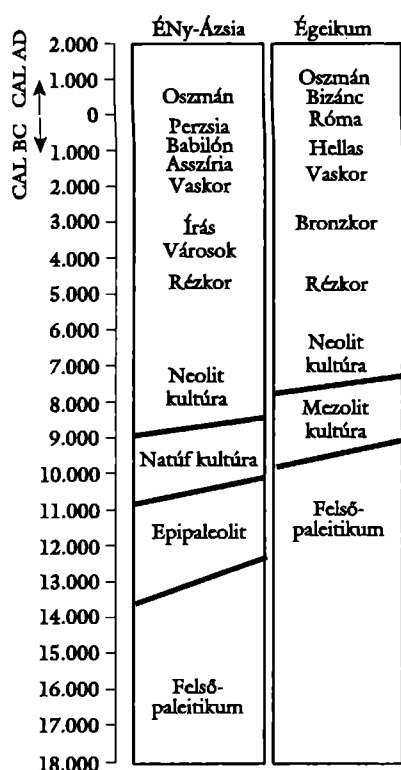


30. ábra.

Negyedidőszaki hőmérsékletváltozás és vegetáció fejlődés a Kárpát-medence egyes területein (Sümegi és munkatársai, 2002 nyomán).

a tárgyak kialakítási centruma, az egyes technikák kifejlesztése, a kultúrák kialakulási góca körül a térben távolodva eltérő időben jelennek meg az archeológiai változást, a kultúrák, technikák terjedését jelző régészeti objektumok, tárgyak (31. ábra).

A negyedidőszak egyik legjellemzőbb vonása, hogy a Földpálya elemek változásai nyoman eltérő időintervallumú, de szinte szabályos, ciklikus éghajlati változások alakultak ki. A jelentősebb időtartalmú felmelegedéseket interglaciálisoknak, a lehüléseket glaciálisoknak nevezzük. A glaciálisok éghajlata nem volt egységes, rövidebb időintervallumú felmelegedések (interstadiálisok) és lehülések (stadiálisok) váltogatták egymást és a legújabb őséghajlati kutatások eredményei azt mutatják, hogy a stadiálisok és az interstadiálisok során is 1–2 ezer éves éghajlati változások alakultak ki. A korai pleisztocénben lejátszódott éghajlati változásokról kevesebb információval rendelkezünk, de a tengeri üledékek vizsgálata alapján 1,8 millió és 730 ezer év között legalább 10 felmelegedési és lehülés ciklust sikerült kimutatni, míg a középső és a felső pleisztocén során újabb 9 glaciális–interglaciális ciklust lehetett a tengeri üledékek elemzése nyomán rekonstruálni. A szárazföldi képződmények morfológiai, geológiai és őslénytani vizsgálata alapján ez ideig az egész negyedidőszak során négy biztosan elkülöníthető glaciális–interglaciális ciklust lehetett kimutatni. Ezeket az alpi nevezéktan nyomán *günz*, *mindel*, *riss*, *würm* glaciálisoknak nevezzük. Két bizonytalanabb, nehezebben azonosítható, korai ciklust (*dunai és biber*) is sikerült felismerni.



Az elmúlt 20 ezer év régészeti periódái
(Sűrűsítés)

A negyedidőszaki tengeri üledékek ténő, ún. „*klímasztratigráfiai*” korrelációk képződmények vizsgálatai nyomán a földéstörténetét ismerjük legjobban. ban, elmúlt 30 ezer éven belül ezer évek földését, az emberi kultúrák változását elmúlt 2–3 ezer éven belüli évszázadok

A negyedidőszaki képződmények üledékföldtani, akár őslénytani módszereknek a Földünk felszínére, az üledékek hatását mutatjuk ki. Az elmúlt időszak információk a rendelkezésünkre állnak. Ezt korábban kvalitatív úton használták. Azonban mihelyt a funkciójára használjuk fel, eredményeink

keztetett éghajlattal, mert ez körkörös érvelést eredményezne. Mikor az egyes fosszilis szervezetek, fosszilis közösségek vagy a környezetnek múltbeli éghajlatra adott válaszreakcióit vizsgáljuk, alapvető fontosságú, hogy az éghajlati paramétereket az őslénytani adatoktól független módszerrel, például matematikai, légkörfizikai modellel határozzuk meg. Jelenleg folynak a kísérletek a globális éghajlati rendszer számítógépes modelljeinek kifejlesztésére, melyek felhasználhatók a múlt- vagy jövőbeli éghajlat meghatározására a jelenlegitől eltérő feltételek mellett. Hasonlóan kiemelkedő jelentőségű, hogy geológiai, őslénytani adatok alapján levont rétegtani következtetéseinket, a lito- és biosztratigráfiai egységeket független kronológiai módszerrel keltezzük, mert mint azt már bemutattuk, a különböző területen eltérő időben alakulhatnak ki ugyanazok az üledéktani és őslénytani változások, így a független kronológiai korreláció nélkül eltérő időben kifejlődött eseményeket, környezeteket (ún. „*fáciéseket*”) kapcsolhatunk össze egymással – tévesen.

Az eddigi adatok azt bizonyítják, hogy a humán evolúcióra, az emberi közösségek fejlődésére is erőteljesen hatottak az éghajlati változások. Az egyik legerőteljesebb hatást a holocén kezdetén bekövetkezett globális felmelegedés okozta éghajlati és környezeti változások során lehetett kimutatni. Valószínűleg már a pleisztocén korai szakaszában is jelentős éghajlati változások kialakulásával kell számolnunk. Sokan feltételezik, hogy a táplálék-specifikusnak tartott *Australopithecus*-félék viasszaszorulása, a *Homo* nemzetség előretörése a pleisztocén kezdetén szintén az éghajlat hatására, a fokozatos lehűlés nyomán alakult ki. Ugyanakkor ismeretes, hogy az ember rendkívüli alkalmazkodó képességgel rendelkező, csoportokba, társadalomba szerveződött élőlény, amely bizonyos mértékig ellensúlyozni tudja a környezet és az éghajlat változásait, illetve rendkívül változatos körülményeket is elvisel. Így egyértelmű összefüggés nem lehetséges az éghajlattörténet és az evolúciós, valamint társadalmi változások között, de a negyedidőszak döntően őséghajlati változásokra alapozott rétegtani beosztását a régészeti geológiai és a régészeti vizsgálatok során közös gondolkodási alapnak tekintik a geológusok és a régészek is.

5. Ősmaradványok vizsgálata

A régészeti és őskörnyezeti lelőhelyekről jelentős mennyiségű ősmaradvány, csontok, növényi maradványok (magvak, termések, szövetdarabok, faszenek, szenül famaradványok, spórák, virágporszemcsék, növényi opalitok), csigák, kagylók és más puhatestű csoportok héjai, bogarak kitinmaradványai, különböző ürülékek, ételmaradványok, sőt – elsősorban az emésztőgödörökben – féregmaradványok kerülhetnek elő. Ezeknek a maradványoknak a segítségével, figyelembe véve, hogy emberi hatásra, vagy természetes úton kerültek a vizsgált lelőhelyre. A jelentős számú és különböző fosszilis csoportok közül a legfontosabb csoportokat vizsgálatának problémáit és eredményeit mutatjuk be.

5.1. Növényi maradványok vizsgálata

5.1.1. Moszatok (algák)

Az egykori tavak, lápok és tengercek egyik legfontosabb indikátor elemét a kovamoszatok (*Diatoma*) alkotják. A kovamoszatok kinyerése és feldolgozása hasonló a virágporszemcsék elemzéséhez, de a szilikátvázal rendelkező kovamoszatoknak igen jelentős előnye, hogy a kiszáradó üledékben is megmaradnak. Igen sok, jól elkülöníthető fajuk ismeretes, nemcsak édesvízi, hanem tengeri képződményekből is. A recens kovamoszat közösségek összetétele és környezetükkel, a különböző vizek kémiai és fizikai tényezőivel való kapcsolatuk is jelentős mértékben tisztázott, így fontos őskörnyezeti indikátor csoportot alkotnak a vízi képződmények esetében. A diatóma közösségek alapján a víz sótartalmára, lúgosságának vagy savasságának mértékére, tápértékére, a vizek hőmérsékletére következtethetünk. Elsősorban savas kémhatású területekről, lápokból és oligotróf tavakból kerülnek elő nagy számban maradványaik. Szikcs, erősen lúgos vizekben vázuk feloldódik.

A kovamoszatok mellett a kék és zöld algákat, a csillárka-féléket (*Chara*) is felhasználják az egykori környezet jellemzésére. A Chara-félék meszes vázú szaporító sejtjeit, az oogoniumokat a kárpát-medencei bentonikusan eutrofizálódott tavak meszes üledékinek (tavi mésziszap, édesvízi mészkő) jellemzésre használhatjuk fel.

A tavak rétegsorából előkerült kovamoszatok elemzése nyomán sikerült kimutatni a tavak partján megtelepedett termelő közösségek hatására bekövetkezett trofitási viszonyok megváltozását, az erdőirtásokat követő talajbemosódások hatására a tó vízének szerves anyagban történő feldúsulását (eutrofizáció). Kovamoszatok alapján sikerült a különböző

tengerparti területeken a sós vízi, brakkvízi és édesvízi környezeteket és a tengerparti települések halászatát összehasonlítani, valamint az öblök feltöltődésének egyes fázisait elkülöníteni.

5.1.2. Makrobotanikai vizsgálatok (magvak, termések, vegetatív testrészek, szövetek, szenesült famaradványok)

A régészeti és környezettörténeti lelőhelyek feltárása során jelentős számú makroszkópikus növényi maradvány, magvak, termések, szárak, levéltöredékek, szenesült fák, mohák, szövetmaradványok kerülnek elő. A magvak és termések analíziséről, a vegetatív növényi maradványok, mohák vizsgálatáról elsősorban az angolszász irodalom ad részletes áttekintést. A maradványok lehetnek magvak, termések, rügyek, gyökerek, levelek vagy egyéb, például bőrszövet (epidermisz) töredékek. A magvak és levelek morfológiai felépítése, illetve szövettani vizsgálata lehetőséget teremt pontos határozásokra. A recens növényhatározók és maghatározók mellett kiváló makrofosszília és mohahatározók állnak rendelkezésünkre, melyek a maradványok megközelítő határozásában nagy segítséget jelentenek. Igen hasznosak az egyes családokat, vagy növénycsoportokat feldolgozó monográfiák is.

Paleobotanikai vizsgálatokat végezhetünk fűrásszelvényből, felszíni feltárásokból és régészeti lelőhelyen feltárt kultúrrétegből, feltöltődött gödrökből, árkokból, kutakból, emésztőgödrökből, fosszilis ürületekből. Napjaink régészeti és környezettörténeti célú botanikai vizsgálata a kvantitatív (mennyiségi) gyűjtésre épül, amely a szubjektív megítéléstől független és az összehasonlítható teljességre törekszik. Így minden olyan helyről, ahonnan makroszkópikus paleobotanikai lelet várható, azonos mennyiségű mintát gyűjtünk, függetlenül attól, hogy ott makroszkópos növényi leletet felismerünk-e vagy sem.

A begyűjtött mintákat, fűrasmagot a kiszáradás és penészedés megakadályozására érdemes a feldolgozásig dupla fóliacsomagolásban 4°C fokon hűtőszekrényben tárolni. A kiemelt fűrasmag esetében a jelentős szervetlen anyag tartalmú (kevés fosszília) minták esetén a teljes mennyiséget feldolgozzuk. Szerves anyagban gazdagabb üledékek esetén 2 cm³-es mintákat veszünk a fűrásszelvény üledékeiből. Szelvényeknél esetében az üledék kompaktságától és rétegzettségétől függően, ideális esetben 2–4 cm-enként veszünk mintát. Gödrök, árkok esetében a betöltés makroszkópusan elváló rétegeinek megfelelően érdemes mintákra bontani az üledéket. Az üledék szabad szemmel is jól látható változásainál, a réteghatároknál lehetőség szerint sűrítjük a mintavételt. A gödrök, árkok, kutak, emésztő gödrök teljes anyagát érdemes kitermelni, és a vizsgálatba bevonni, mert így a jelentős mennyiségű üledékből nagyobb mennyiségű makrobotanikai adatokat nyerhetünk. A házak kitöltését már mozaikokra bontva érdemes teljes terjedelmével kiemelni, mert a makrobotanikai anyag eloszlása alapján következtethetünk a lakóházak különböző részeinek funkciójára és szerencsés esetben a konyharészt, a gabonatároló részeket elkülöníthetjük egymástól. A vízvezető árkok, kutak kitöltő üledékeknél tudomásul kell venni, hogy ezeket az objektumokat rendszeresen tisztították, így betöltésük általában a telep elnéptelenedéséhez, az emberi tevékenység lezárulásához köthető.

A régészeti lelőhelyeken leggyakrabban a tűz vagy hevítés hatására szenesedett (karbonizált) növényi maradványok maradtak meg. Ezek lehetnek tudatos égetések, például az ecseghalvi Körös lelőhelyen feltárt temetkezések esetében égetett gabonákkal szórták körbe a halottakat, vagy keletkezhetnek véletlen tűz esetén (ház vagy telep leégése). A növénytermesztés megismerése szempontjából a gabonavermek, gabonatarolók leletei a legfontosabbak, de fontosak a fosszilis ürülékek vizsgálatai is. Igen jelentősek a szemétködörök átégett anyagai, mert a természetett növények mellett a gyomflóra elemeit is tartalmazzák. Ugyancsak fontos paleobotanikai adatokat nyerhetünk vályogtégelákba kevert növényi maradványokból. Az átégett paticsban a növényi maradványok kiégett üregeibe gumiarabikumot kennek és a megszilárdult, egykori növényalakot formázó gumin megfigyelhető határozási bélyegek alapján azonosítják a növényeket. A kerámiáknál felhasznált növényi eredetű soványító anyagok kiégett maradványait is felhasználták a régészeti célú botanikai munkák során. Történeti ökológiai elemzéseknél a botanikai leletek mellett felhasználják a növényekről készült festményeket, a házak falára, sziklákra festett képeket, ikonográfiákat, útleírásokat, növényi ételek leírásait, a természetett növények adózásra vonatkozó feljegyzéseket.

A begyűjtött jelentős mennyiségű üledékből a botanikai leletek kiválogatása többféle módon gyorsítható meg. A szitálással a felesleges talajszemcséket, kőzetdarabokat távolítjuk el. A legegyszerűbb eljárás az anyagnak 0,5–10 milliméteres lyukméretű szitákon történő átszitálása. Az eljárás előnye, hogy cszközígenye elhanyagolható (lisztszíták, laboratóriumi kézi szíták stb.), de hátránya, hogy csak teljesen száraz földanyag esetében alkalmazható. A száraz szitálással az apróbb botanikai leletek nem gyűjthetők eredményesen. A mintákat 300 μ m lyukátmérőjű szitán szűrjük le, majd csap alatt finoman folyó langyos vízzel oszlatjuk a kompaktabb részeket, esetleg használhatunk buborékos flotálást, iszapolást is. Az iszapoló eljárás lényege, hogy szitasoron vízzel mossuk át a vizsgálandó üledékmintát. Hazánkban a jelenleg leggyakrabban használt iszapoló berendezés esetében a szitasort egyre kisebb lyukbőségű szitákból állítjuk össze, amelyeket egy állványon rögzítünk. A szitasoron áthaladó víz és a kimosott szervesetlen törmelék (talajszemcsék) egy ülepítő tartályba kerülnek, ahonnan a tartály feltöltődésekor folyik el a víz. Az iszapoló eljárás meglehetősen vízígenyes, hisz működtetéséhez folyóvíz szükséges. Ezzel a módszerrel azonban gyakorlatilag valamennyi paleobotanikai lelet megmenthető. A legalsó, legkisebb lyukbőségű szita lyukméretét a növényi magvak mérete határozza meg. Bár ismerünk néhány olyan növényfajt, amelynek magja a 0,25 mm alatti mérettartományba esik, a legalsó szita lyukméretét nem érdemes szűkíteni, mert akkor a talajszemcsék sem tudnak áthaladni rajta, és a szita eldugulhat. A szitákon „átfolyó” botanikai leletek azonban az ülepítő tartályba kerülnek, ahol a víznél kisebb fajsúlyuk miatt a víz felszínére úsznak, ahonnan sűrűszövéssű szitával lemerhetők, így ezek a növényi maradványok is vizsgálhatók.

A lebegtetés (flotáció) módszere az anyagok fajsúlykülönbségén alapul. A víznél nagyobb fajsúlyú szervesetlen anyagok lesüllyednek az ülepítő medence aljára, míg a víznél könnyebb fajsúlyúak (növényi részek) a víz felszínére úsznak, így onnan könnyen lemerethetők. Az átnedvesedett szerves anyagok is a tartály aljára süllyedhetnek. Ezeknek a felszínre kerülését vízsugárral segíthetjük elő. Az eljáráshoz nem kell egyéb felszerelés, csak egy ülepítő medence, a leletek lemerésére szolgáló szita és stabil vízellátás. Ez az eljárás igen vízígenyes. A nagy sebességű vízzel tulajdonképpen levegőt is juttatunk a rendszerbe,

így a levegő buborékok hozzákapcsolódva a kis fajsúlyú maradványokhoz, a felszínre hozzák azokat. Ezen az elven működik az ún. „*buborékos flotáció*”. Ebben az esetben egy kompresszor segítségével levegő fuvatunk a vízbe. Minél több légbuborékot juttatnak a rendszerbe, annál több buborék képes kapcsolódni a szerves maradványokhoz. A hatékonyságot különböző vegyszerek hozzáadásával fokozhatják, mert a szerves anyagok egy része a buborékképződést fokozza, más része a légbuborékokhoz való kapcsolódást segíti. Ezt a módszert elsősorban a régészeti lelőhelyek vizsgálatánál használják, de kiválóan használható nagyobb tömegű, környezettörténeti lelőhelyről származó minták feldolgozásánál is.

A különböző módon kinyert paleobotanikai anyag pontos meghatározás a recens fajokkal való összehasonlítással történhet. Jó összehasonlító gyűjtemény elengedhetetlen a vizsgálatokhoz. Ennek tartalmaznia kell a recensben is előforduló fajokat. A kultúrnövények feldolgozásánál ismerni kell a kultúrnövény kialakulási helyének, a géncentrumának eredeti, ősi növényzetét is. A magvak és termések vizsgálatánál figyelembe kell venni, hogy az egyes növényfajok magtermelési képessége és terjedési sajátosságai jelentősen különböznek. Egy terület talajának magtartalma és vegetáció összetétele nem feltétlenül azonos. Például a pionír fajok magjai nagyobb mennyiségben lehetnek jelen. A magvak vertikálisan el is mozdulhatnak a talajban, üledékben, különösen apró rágcsálók, rovarok hatására. Legfontosabb az, hogy a termelő magvaknak csak egy kis része képes fosszilizálódni. Recens vizsgálatok azonban azt mutatják, hogy a leggyakoribb, és legtöbb szállítódni képes magot termelő növények maradványai vannak túlsúlyban a képződő üledékben. A pollenekkel szemben a magvak, különösen azok, amelyeknek terjedése korlátozott, egyértelműen a helyi vegetáció képviselői. Különösen igaz ez a vízi és lápi területeken élő fajokra.

Ismeretesek mennyiségi becslésre alkalmas módszerek is, amelyeknek a segítségével a mintákban megbecsüljük az egyes csoportokhoz, fajokhoz tartozó maradványok mennyiségét. Ez lehet százalékos arány vagy becsült darab-, vagy más néven ún. „*abundancia-skála*”. A négyfokú (1=ritka, 2=rendszeres, 3=gyakori, 4=tömeges) vagy a hétfokú (1=1db, 2=2–5db, 3=5–15db, 4=15–30db, 5=30–100db, 6=100–200db, 7=tömeges, „nem megszámlálhatóan sok”) megközelítések a legkönnyebben használhatóak. A relatív módszer mellett ismeretes statisztikai megközelítés is. Ebben az esetben ismert mennyiségű jelzőanyag hozzákeverésével határozhatjuk meg az ismert térfogatú üledékben a maradványok abszolút mennyiségét. Makrofossziliák esetében ez mákmag lehet (0,5 g mákmag = 959 ± 52db mák). A makrofosszília sűrűség számítási módját a 4. táblázat mutatja be.

$$\text{makrofosszília sűrűség} = \frac{\text{fragmentumok hossza} \cdot \text{megszámolt mákmag szám}}{\text{összes mákmag szám} \cdot \text{minta térfogata}}$$

4. táblázat:

A makrofossziliák abszolút mennyiségének meghatározása.

A növényi makrobotanikai leletek alapvetők az ember és környezet kapcsolatának feltárásában, a növénytermesztés kialakulásának és fejlődésének rekonstrukciójában. Az archeobotanikai vizsgálatoknak különösen kiemelkedő a jelentősége mind az Óvilági, mind az Újvilági neolitikus centrumok kialakulásának rekonstrukciójában és a neolitikus növénytermesztő civilizáció terjedésének megfigyelésében. Jelentősek a közel-keleti gabo-

natermesztés kezdeteivel foglalkozó archeobotanikai vizsgálatok, az újvilági kukoricatermesztéssel kapcsolatos kutatások. Az archeobotanikai kutatások nélkül a termelő közösségek környezeti hátterének, környezettel kialakított viszonyának megrajzolása lehetetlen lenne. A makrobotanikai leletek értelmezésénél a növényfajok emberi felhasználása szempontjából, a svájci *Jacommet* csoportosítását hasznosíthatjuk: 1. Vadon élő növények, mint a fűvek, cserjék, fák leletei. 2. Gyűjtögetett növények. Ezek vadon élnek, de gyűjtögetés nyomán kerülnek felhasználásra. Ilyenek, az ehető növények (pl.: mogyoró), festéknövények (pl.: bodza), gyógy- és fűszernövények (pl.: kamilla, zsurló stb.), cserzőnövények (pl.: cserfa), kultikus növények (pl.: tölgyfa). 3. Termesztett növények. Ezek a növények a kultúrnövényektől abban különböznek, hogy bár természetük azokat, de a domesztikációnak nincs látható formai jele a vizsgált anyagon. Ilyen például a fehér libatop (*Chenopodium album*). Ezt az emberi hatásokra terjedő, ún. „*andventív*” gyomnövényt az őskor során bevonták az élelmezésbe és fokozatosan *szekunder kultúrnövénné* alakították, majd a libatoppal foglalkozó régészeti kultúra összeomlás után ez a növény újra gyomtársulás alkotóvá vált. Ugyanebbe a kategóriába soroljuk az egyes kultúrnövényeket a korai emberi szelekció szakaszában. Például ide tartoznak az ősi, az ember domesztikáló tevékenység jeleit még nem mutató, de intenzíven gyűjtögetett, termesztett gabonafélék vad alakjai is. 4. Kultúrnövények. Ezek az ember által szándékosan termesztett növények a domesztikáció látható jeleivel. Ilyen morfológiai jelzőértékű a gabonaféléknél kimutatható szilárd kalászorsó. 5. Gyomnövények. Ezeknek a növényeknek az egyik legfontosabb tulajdonsága, hogy a kultúrnövények termesztési területén terjedtek el és beérési idejük, magjuk formája és mérete hasonlóvá vált a kultúrnövényekhez (genetikai konvergenca).

Magyarországon kiemelkedő jelentőségű archeobotanikai vizsgálatokat végeznek napjainkban *Gyulai Ferenc* és tanítványai, *Torma Andrea*, *Berzsenyi Brigitta* és *Dálnoki Orsolya*. Munkájuk nyomán a neolitikumtól a középkorig tartó növénytermesztés-történetnek mind több részletét sikerül megismernünk. A fosszilis anyagok határozása mellett jelentős kísérleti régészeti vizsgálatokat is végeznek *Poroszlai Ildikó*, a Matrica Múzeum igazgatója vezetésével a százshalombattai Régészeti Parkban, ahol elsősorban az őskori gabonatermesztésre vonatkozó gabonatermesztési kísérletek folynak. A Szarvasgedén létrehozott kísérleti régészeti telepen pedig elsősorban a középkori agrotechnikai eljárásokat dolgoztak ki. A környezettörténeti célból végzett makrobotanikai kutatások közül kiemelkednek *Bajzáth Judit*nak, a Természetudományi Múzeum munkatársának kutatásai és *Jakab Gusztávnak* a Szegedi Tudományegyetem PhD hallgatójának vizsgálatai. Munkájuk nyomán a háttér lelőhelyek, elsősorban a lápi, mocsári területek vegetációfejlődésének főbb vonásait lehetett megrajzolni és több esetben is sikerült a pollen adatok alapján készített, az egykori növényzetre vonatkozó rekonstrukciós képet árnyaltabbá tenni.

A magvak, termések mellett igen jelentős számban kerülhetnek elő faszenek is a különböző régészeti és környezettörténeti lelőhelyekről. Ezeknek a vizsgálatát és értelmezését lehetőségeit a dendrokronológiai résznél, a kormeghatározási módszereknél mutattuk be. Természetesen a környezettörténeti rekonstrukció során is felhasználjuk a faszeneket, a többé-kevésbé szénült maradványokat. Ez utóbbit antrakológiai vizsgálatnak nevezzük. Különösen a pollenanalitikai és makrobotanikai vizsgálatokkal történő összehasonlító elemzés során hasznosítható legjobban a faszenekből származó öskörnyezeti adat, mert a faszenek jelentős része lokális növényzetből származik, ezért alkalmas arra, hogy a pollen adatokat ezzel a módszerrel ellenőrizzük. A pollen vizsgálatok esetében az egyes fontos

környezeti jelzőszerepet betöltő (ún. „indikátor”) fajok meghatározásánál igen jelentős segítséget jelentenek ezek a maradványok. Nagyon fontosak a löszökben és a fosszilis talajhorizontokban kimutatható faszén maradványok, mert ezeknek a leleteknek segítségével a szárazabb területek, míg a tavakból, lápokból előkerült faszenek alapján a víz közelében lévő egykori élőhelyek fás szárú vegetációját tudjuk térben és időben is rekonstruálni. A faszenekben gazdag fosszilis talajhorizontok nagyobb feltárások feldolgozása esetén az üledékföldtani, geokémiai adatokkal együtt összehasonlító adatokkal szolgálhatnak a talajképződés körülményeiről. A kárpát-medencei tajgaszerű, lombos erdei elemeket is tartalmazó erdőrefugiumokat először faszén elemzésekkel sikerült konkrétan bizonyítani. A faszén elemzéseket jól kiegészítheti az édesvízi mészkőben található levél lenyomatok vizsgálata. Bár ez az ősmaradvány együttes egy viszonylag kis területen, speciális környezetben fosszilizálódik, mégis jelentős összehasonlító adatokat biztosít a régészeti szempontból is fontos vegetáció fejlődéséről. Magyarországon *Babos Károly* (ELTE), *Facsar Géza* (Kertészeti Egyetem) és *Rudner Edina* (MTA Földrajzkutató Intézet) végeznek kiemelkedő jelentőségű, régészeti, archimetriai (fából készült tárgyak eredetének meghatározása) és környezettörténeti célú antrakológiai vizsgálatokat.

A mohák az egyik leggyakoribb maradványok a lápi-mocsári üledékekben. A moha töredékeket könnyen azonosíthatjuk, mert a jelenleg is élő fajokról igen jó ismeretekkel rendelkezünk. A mohák paleoökológiai indikátor szerepéről az egyre részletesebb biológiai kutatások révén egyre pontosabb információval rendelkezünk, ezért a legkitűnőbb alanyai a mohában gazdag egykori élőhelyek (különösen lápok) paleoökológiai rekonstrukciójának. A lápok szukcessziója során nem csak a növényzet, hanem ezen abiotikus tényezők is drasztikusan megváltoznak. Ezeknek a változásoknak kiváló indikátorai a mohák, mivel gyorsan képesek a virágos növények által szabadon hagyott helyek kolonizálására, ami a paleoökológiai vizsgálatok során is kiaknázható lehetőség. A lápi rétegek esetében a mohamaradványok fúrásból vagy feltárásból történő mintavétele megegyezik a makrobotanikai mintavétel során leírt módszerekkel.

$$\text{makrofosszília sűrűség} = \frac{\text{megszámolt mákmagok száma} \cdot \text{fragmentum hosszúság (mm)}}{\text{az összes mákmag száma} \cdot \text{tőzeg térfogata (cm}^3\text{)}}$$

A moha fossziliák ugyanakkor lehetnek spórák, melyek azonosítása a pollenanalízis során legtöbbször csak nemzetség, illetve „alak” szintjéig lehetséges, és bár rendelkezünk kiváló mohaspóra atlással, mégis a moha spórák üledékekben történő azonosítása problematikus. Másrészt a moha fossziliák lehetnek egész növények vagy töredékek. A levelek mikroszkópos bélyegei, mint amilyenek a saroksejtek, a sejtek alakja, a sejtfalak vastagodásai, képletei, a levélszél alakja lehetővé teszik legtöbb esetben a maradvány faji szintű azonosítását, mivel a negyedidőszak fajok egy-két kivétellel jelenleg is élő taxonok. Régészeti lelőhelyeken, elsősorban kutakban, jelentős számban találhatunk mohamaradványokat.

Magyarországon az ópusztaszeri középkori kút feltárása során határoztak meg mohamaradványokat. Napjainkban *Jakab Gusztáv* végez régészeti és környezettörténeti célú mohafeldolgozásokat Magyarországon. Az ópusztaszeri vizsgálatok mellett jelentős kutatási eredménye a keleméri Nagy-Mohos láp, a csarodai Báb-tava, a császártöltési és hajósi lápterületek növényzeti rekonstrukciója moha- és makrobotanikai maradványok alapján.

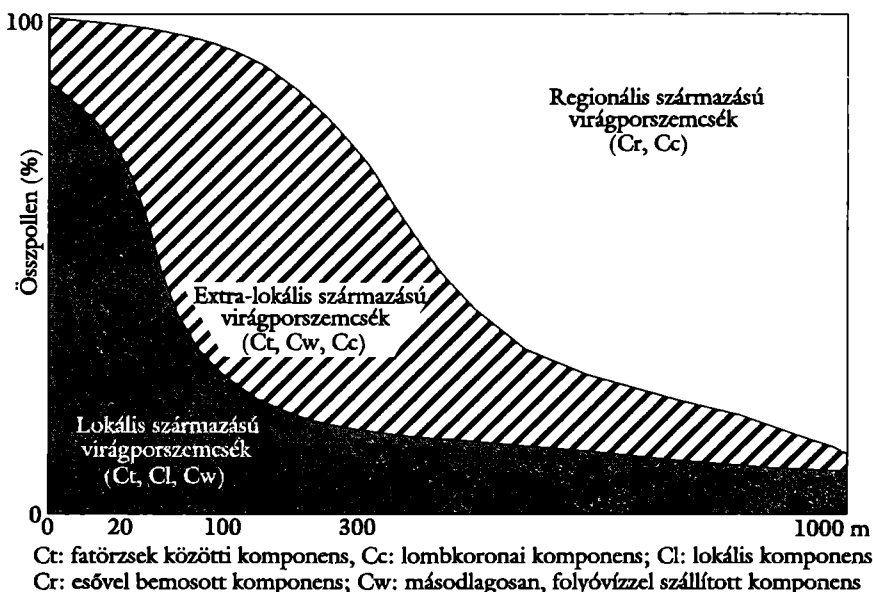
5.1.3. Pollen elemzés

Adatok	Következtetés
Faszemek	⇒ Egykori vegetáció
Magvak, termések	⇒ Egykori vegetáció
Bogármaradványok	⇒ Egykori vegetáció
Pollen, fitolit	⇒ Egykori vegetáció
Mollusca	⇒ Egykori vegetáció
Fosszilis talajok	⇒ Egykori vegetáció
	Eltérés mértéke
Adatok	Következtetés
Faszemek	⇒ Egykori fásszárú növények
Faszemek	⇒ Egykori vegetáció
Faszemek	⇒ Egykori földhasználat
Faszemek	⇒ Egykori éghajlat
Faszemek	⇒ Egykori talaj
Faszemek	⇒ Emberi hatás az erdőkre
	Eltérés mértéke

32. ábra.

Az egykori környezet elemeinek rekonstrukciójára alkalmas környezettörténeti módszerek és interpretációs eltéréseik mértéke (Evans-O'Connor, 1998 nyomán).

A virágporaszemkék (pollenek) a legnagyobb mennyiségben előforduló mikrofossziliák a negyedkori üledékrétegekben. Vizsgálatuk a múlt századra nyúlik vissza. Az Európából kiinduló, óriási fejlődésen keresztül tudományág módszereit ma már a világ minden részén széles körben alkalmazzák, annak ellenére, hogy a napjainkban elvégzett összehasonlító botanikai vizsgálatok nyomán nyilvánvalóvá vált, hogy a pollenanalitikai eredmények és az egykori vegetáció között nincs olyan szoros kapcsolat, mint a makrobotanikai anyag és az egykori növényzet között (32. ábra). Így a pollenanalízis alapján megrajzolt vegetációkép elszakadhat a valóságtól. Ennek egyik oka az, hogy a virágporaszemkék igen jelentős távolságra is elszállíthatók.

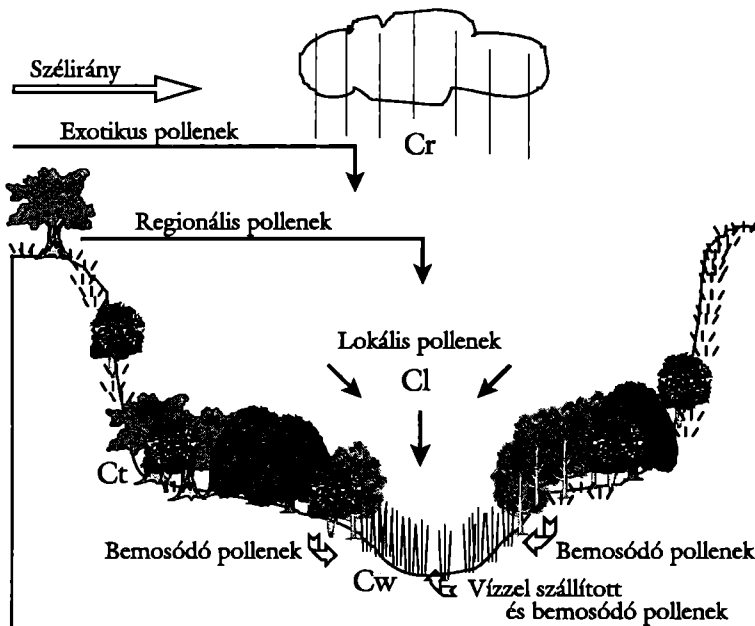


33. ábra.

A pollenbefogó üledékgyűjtő medence mérete és a befogott pollenanyag közötti összefüggés (Jakobson-Bradshaw, 1981 nyomán).

Különösen igaz ez a régészeti lelőhelyek esetében, mert a nyílt területen található régészeti lelőhelyekre virágporszem több száz, sőt több ezer kilométerről is odaszállíthat. Így egy terület vegetációfejlődésének pollenanalitikai alapú értékeléséhez üledékgyűjtő medencére van szükségünk, ahol a fosszilis pollenek és spórák felhalmozódása folyamatos volt. Ugyanakkor tudnunk kell, hogy a pollensapdázódás jelentős mértékben függ az üledékgyűjtő méretétől (33. ábra), az uralkodó széljárástól, az üledékgyűjtő partjának meredekségétől, a csapadéktól, a felszín növényzeti borítottságától és az üledékgyűjtőben felhalmozódott laza üledék keveredésének lehetőségétől. Ha a pollenesőt befogadó üledékgyűjtő medence átmérője 200 méter alatti, akkor az üledék pollentartalma döntően helyi eredetű, így az üledékgyűjtő 20–1000 méteres körzetének vegetáció összetételét tükrözi. Egyedül ezek az üledékgyűjtő medencék alkalmasak a lokális növényzeti változások és emberi hatások megismerésére.

Külön problémát jelent a morotvatavakban, patakok és folyók allúviumában felhalmozódott pollen anyag értékelése. Ebben a témakörben a jelentős számú morotvatavak partján található régészeti lelőhellyel rendelkező Magyarország különösen érdekelt. A morotvatavakat, alluviális üledékeket a környezettörténeti és régészeti geológiai munkák pollenanalitikai szempontból nem tartják ideális mintavételi objektumnak, mert az időszakos átfolyások során a víz nagyobb távolságról eredő pollenszemeket hordhat az üledékbe, és az áramlás felkavarhatja az üledék felszíni rétegeit (34. ábra). Ez a keveredés az üledékföldtani, geokémiai és palcontológiai eredményeket egyaránt torzíthatja. Az elmúlt években több tafonómiai vizsgálatot végeztek a feltöltődő morotvatavakon É-Amerikában. Az eredmények a kiértékelési problémák miatt rendkívül vitatottak. Ugyanakkor



34. ábra.

Patak allúvium pollenanyagának származási helye (Jakobson-Bradshaw, 1981, Hall, 1987, Fall, 1987 munkái nyomán szerkesztve).

a statisztikai vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a morotvatavakban felhalmozódó pollenek döntő többsége helyi eredetű. Tehát a kisebb méretű üledékgyűjtőkhöz hasonlóan ezekben a morotvákban is elsősorban part menti növényzetből származó pollenek halmozódnak fel, bár az áradások által sodort, a víz felszínén lebegő pollenek az egyes üledékfrakcióval együtt feldúsulhatnak, így a pollen összetétel az üledék összetétel függvényévé válhat. Ezt bizonyítja, hogy jelentős mennyiségű pleisztocén, sőt harmadidőszaki eredetű pollenanyagot lehetett kimutatni a Polgár környékén található holocén korú morotvatavakból. Ezért a környezettani és régészeti geológiai vizsgálatokkal foglalkozó szakemberek egy csoportja nem tartja alkalmasnak reprezentatív pollenanalitikai vizsgálatra a morotva tavakat, illetve úgy vélik, hogy a helyi növényzet ezekből a morotva tavakból származó pollenanyag alapján nem ismerhető meg megfelelő módon. A fluviális rendszerekbe nagy távolságról bemosódó pollenek olyan fontos problémakört jelentenek, hogy pollenanalitikai vizsgálatok alapján például nem lehet egyértelműen eldönteni, hogy a Magyar Nagyalföldön a holocén későbbi szakaszában megjelenő, jelentős mennyiségű bükk pollen a helyi növényzetből származik-e, vagy a középhegységből mosódott be az alluvium különböző rétegeibe.

Ugyanakkor jelentős határozási, rendszertani, besorolási problémák is jelentkeznek pollenanyagban, mert egyes növénycsaládok, mint például a fűfélék (*Poaceae*) pollenjei morfológiai alapon egymástól nem különíthetők el. Sok esetben fénymikroszkópos vizsgálat segítségével a felismerés csak nemzetség (genus) szintig mondható megbízhatónak, mint például sok rózsaféle (*Rosaceae*) esetében, míg a fészkesvirágzatúak (*Compositae*) közt több nemzetséget azonos pollentípus képvisel, és ezen belül a nemzetség-, illetve fajok szintjén történő elkülönítés óriási gyakorlatot, és esetünkben a Kárpát-medence egészére kiterjedő recens pollenanyaggal való összehasonlítást igényel. Az is tény továbbá, hogy a virágposzterek mozgó talajvíz rendszerben igen jelentősen elmozdulhatnak a beágyazódási helyükről.

A legtöbb pollenanalitikai vizsgálat a tavak medrét kitöltő üledékretegek elemzéséből származik. A vizsgált terület növényeiről származó pollenek a tó medencéjébe kerül, majd lesüllyed a tó fenekére és eltemetődik az iszapban. Ezt követően további iszaprétegek, valamint virágposzterek és spórák rakódnak rá, és így a vegetáció összetételének időbeli változásait megőrző rétegsor képződik. A tavi üledékek bolygatatlan magmintát adó fúrásszelvényeiből kinyert fosszilis pollenek és spórák meghatározásával és mennyiségi értékelésével, az üledék radiokarbon korának meghatározásával kiegészítve képzet alkothatunk a vegetáció összetételének időbeli változásairól. Üledékgyűjtő medencék nélkül ilyen elemzéseket nem készíthetünk.

Régészeti lelőhelyeken jól felhasználható, elsősorban a helyi pollenanyag leülepedéséből származó pollenanyag nyerhető ki az egykori települést, szakrális helyeket, temetőket körülvevő árkokból és hulladékgyűjtőkből is. Ezek az objektumok általában gyorsan betemetődnek, így a régészeti lelőhellyel közel egykorú helyi növényzetről őriznek meg információkat. Ilyen vizsgálatokat sikerül Magyarországon elvégezni a *Szakáld-Testhalom*, *Polgár-Ásotthalom*, *Polgár-Kenderföld* bronzkori földvárak árkáiból, az *Esztergom-Zsidód* középkori temetőárokban, a zamárdi római kútjából, az ordacsehi bronzkori árokból és a *Polgár-Csőszhalom* neolitikus megtelepedés árokrendszeréből és kútjaiból. Ez utóbbi azért is kiemelkedő jelentőségű, mert a neolitikus lelőhelyhez különböző távolságra található üledékgyűjtő medencék elemzésével bizonyítani lehetett az azonos korú (*izokron*) felszínén a

morfológiai, a talaj és a talajvíz adottságok, valamint a neolit közösségek hatása (szántó-földi művelés, legelők, neolit falu) nyomán megváltozott neolit kori vegetáció, az egykori erdők, szántók, legelők térbeli elhelyezkedése. A területéről származó morfológiai, talajtani, pollenanalitikai és makrobotanikai adatokat összehasonlítva megrajzolhatóvá vált a terület neolit kori környezete, catenája (ld. 21. ábra). Magyarország területén őskörnyezeti vizsgálatokra alkalmas üledékeket az Alföld feltöltődött morotvái, buckaközi mélyedései, az ún. *semlyékek*, a középhegységek kis méretű tavai, barlangi üledékei, valamint a nagyon ritka tűzegmohás lápjai szolgáltatnak. A jelenleg rendelkezésünkre álló pollenanalitikai vizsgálatok legtöbbjének jelentős hátránya a mintavétel módja, mert ez leggyakrabban nem zavartalan mintavételt biztosító fúróval történt. Ez alól kivételt képez a balatoni, illetve néhány alföldi fúrás, ahol azonban a folyamatos magminta vétel ellenére a minták 10 cm-ként összevonva kerültek elemzésre. A vizsgálat céljától függően kiválasztott, átlagosan 1–8 cm közt változó mintavételi köz rendkívül részletes vegetáció rekonstrukcióra adott lehetőséget.

Az üledékből származó pollenanyag koncentrációjának meghatározásához a *Lycopodium* spóra- vagy *Eucalyptus* pollentablettás módszert alkalmazzuk. A tabletták meghatározott számú festett (acetolizált) *Lycopodium* spórát, illetve *Eucalyptus* virágporszemeket tartalmaznak. A tabletták 10%-os sósavval (HCl) oldhatók fel. Nagyon fontos, hogy a feltérési folyamat első lépésében adjuk a mintához, mert így a feltérás során esetlegesen fellépő pollenvesztés azonos mennyiségű *Lycopodium* spóra elvesztésével jár, és ezáltal a jelző spóra és a fosszilis taxonok közötti arány változatlan marad. A számolást a megszokott módon végezzük azzal a különbséggel, hogy a *Lycopodium* spórák számát is feljegyezzük. Az értékelés során – mivel a jelző spóra kiindulási mennyisége ismert – az arányok segítségével könnyen kiszámolhatjuk az összes pollen-, a pernye- és az egyes fosszilis taxonok koncentrációját is. Előnye a módszernek hogy nem szükséges a fedőlemez alatti teljes területet kiszámolni. A szedimentációs ráta ismeretében lehetővé válik a taxononkénti polleninflux (pollenszem/cm²/év) kiszámítása.

A leghatékonyabb pollenkinyerés a Cwynar-féle mikroszűrőses eljárással érhető el, amely a nátriumhidroxidos (NaOH), hidrogénfluoridos (HF) kezelés mellett tartalmaz egy 10 µm-es műanyaghálón keresztüli szűrést. Ezt kiegészítve egy utolsó lépésként beiktatott sűrűségcentrifugálással kiértékelhető mintákat eredményezhet. A módszer előnye, hogy kiindulási anyagmennyiségnek elegendő 1–3 cm³ is és ez bolygatatlan magminták esetében akár 1 cm-es felbontású minták vizsgálatát is lehetővé teszi. Minimum 200–300 pollenszem kiszámolására kell törekednünk, hogy statisztikailag megbízhatóan értékelhető eredményt kapjunk, 80–100 virágporszem alatt a rétegeket sterilnek tekinthetjük, ez esetben viszont feljegyezzük a megfigyelt fajokat. A mikroszkópi értékeléshez 600–1000 x nagyítást alkalmazhatunk. A pollen- és spóraszemek meghatározását az összehasonlító anyag, valamint fényképes határozókönyvek alapján végezzük. A pollen mellett az egykori, természetes hatásra kialakult erdőtüzeket, vagy emberi hatásra létrejött égetésszerű erdőirtást is rekonstruálhatjuk a pernyekoncentráció meghatározással, ha ez pont-számos módszerrel történt. Az eredményeket cm²cm⁻³ mértékegységben tüntetjük fel a polendiagramon.

Jelentős előrelépés történt a magyarországi pollenanalitikai elemzések területén a radiokarbon vizsgálatok felhasználása óta. Korábban már több szakember is felhívta a figyelmet arra, hogy a késő-glaciális és holocén pollendiagramokban megfigyelhető jelleg-

zetes növényzeti változások nem használhatók relatív kronológiaként egész Európára általánosítva, mert az egyes vegetációs egységek terjedése időtranszgresszív jelenség. Így például a németországi pollenvizsgálatok alapján megalkotott pollenzónák, amelyeket minden összehasonlító elemzés nélkül kiterjesztettek a más vegetációs övezetbe tartozó Kárpát-medencére is, vagy az angol pollenszelvények alapján felállított holocén klímafázisok, melyeket skandináviai pollenszelvényekkel, illetve a Balti-tengeri tengerszint változások fázisaival párhuzamosítva kronosztratigráfiai egységgé alakítottak, még relatív kronológiai besorolásra is csak azokon a területeken alkalmazhatók, ahol megalkották őket. Ezeket lokális pollenzónáknak kell tekintenünk. A helyzetet tovább bonyolította, hogy a XIX. század végén és a XX. század kezdetén *Blytt*, *Sernander*, *Post* munkássága révén felállított holocén klímafázisok gyakorlatilag biosztratigráfiai (pollen-) zónákból minősültek át kronosztratigráfiai egységekké a köztudatban, de a növényzet összetételre vonatkozó tartalmukat mind a mai napig megtartották. Ez állandó ellentmondásokat eredményez, különösen azokon a területeken (ilyen a Kárpát-medence is), ahol a radiokarbon vizsgálatokkal ellenőrzött korú, pollenanalitikailag feldolgozott szelvények száma jelentéktelen és az eddigi adatok alapján még a vegetációnak is eltérő irányú fejlődése alakult ki Nyugat- és Észak-Európához képest. A lokális és regionális pollen-együttes zónák fogalma új szemléletet hozott a pollendiagramok értelmezésében, melyhez a robbanásszerűen terjedő többváltozós statisztikai módszerek alkalmazása a pollendiagramok zónákra bontásában és a rétegsorok összehasonlításában további lökést adott. Kiindulási alapul a recens növényföldrajzi egységeket (flóraterületek) vették, hangsúlyozva, hogy egy-egy növényföldrajzi egység holocén vegetációfejlődésének fázisait a területről származó, nagy számú, ^{14}C mérésekkel kiegészített pollendiagram együttes értékelésével lehet felállítani. Az így előálló pollenzónákat nevezték el regionális pollen-együttes zónáknak. Ezzel szemben a magyar palinológusok előszeretettel alkalmazták és alkalmazzák az észak- és nyugat-európai kronosztratigráfiai rendszereket, és abszolút koradatok hiányában, de esetenként még radiokarbonnal datált szelvények esetében is, a pollenösszetételben tapasztalt változások alapján megpróbálták besorolni az egyes rétegeket a kronosztratigráfiai rendszereknek megfelelő fázisokba.

Korábban a régészeti és környezettörténeti lelőhelyekről származó malakológiai és gerinces paleontológiai adatok és a pollenkép alapján eltérő képeket lehetett megrajzolni a különböző közösségek környezeti hátteréről. Ilyen probléma alakult ki a felső-paleolitikumi szintekből előkerült jelentős mennyiségű harkálycsont, az erdei környezetet jelző csigák dominanciája és a pollenkép alapján rekonstruált hideg sztyepp – tundra környezet között vagy hasonló problémának tekinthetjük a bükknek a holocén közepére megadott terjedését, csapadékos beerdősülési fázis kifejlődését és az ázsiai, kaukázusi faunaelemek (például: perzsa oroszlán, kaukázusi bölény) megjelenését. Napjaink környezettörténeti vizsgálatait – köztük az új paleobotanikaiak – alapján egyértelműen megállapíthatjuk, hogy a nyugat- és észak-európai pollenfázisok automatikus és ellenőrzés nélküli használata, a radiokarbon és általában a kronológiai vizsgálatok hiánya okozta a kronológiai és öskörnyezeti problémákat és tévedéseket. A malakológiai és gerinces maradványok vizsgálatával szemben ugyancsak jelentős szemléletbeli problémának tekinthetjük, hogy a magyar palinológia úgy kezelte a régészeti és környezettörténeti célú pollenadatokat, mintha azok recens növények társulásaiból származtak volna, vagy mintha egyértelmű azonosság lenne a recens társulások és a fosszilis pollenképek között. A gerinces és malakológus szakem-

berek korábban már egyértelműen rámutattak, kihalt, ma már nem létező, illetve a nyugat- és észak-európai, azonos korú rétegekhez képest jelentősen eltérő asszociációk alakultak ki a Kárpát-medencében és hasonló trendek egyértelműen kimutathatók voltak a korábban megrajzolt pollenszelvényekben is. A napjainkban megindult, korábban a Debreceni Egyetem, ma már inkább az MTA Régészeti Intézete és a Szegedi Tudományegyetem Földtani Tanszéke által koordinált komplex régészeti geológiai és környezet-történeti rekonstrukció keretében elvégzett pollenanalitikai elemzéseknel már sikerült ki-
különböztetni ezeket a tudománytörténeti és kutatási szempontból is tanulságos hibákat. Érdekes módon az új szemléletű kutatások nyomán a hazai pollenelemzéseknek is sikerült kimutatni a malakológiai kutatások által már jóval korábban megállapított 1–3 ezer éves éghajlati ciklusokat, beerdősülési szakaszokat és kimutatni a pleisztocén végi és holocén kori Kárpát-medence növényzetének mozaikosságát. Ezek a szemléletbeli, metodikai változások jelentős, a régészeti geológiai elemzések és értékelések során is jól felhasználható polleneredmények kialakulásához vezettek.

Ehhez környezettörténeti és régészeti geológiai szemléletbeli váltáshoz az egyik legfontosabb módszert az angolszász régészeti geológiai vizsgálatok során kidolgozott az ún. „régészeti lelőhely gyűjtőkörének elemzése” (site catchment analysis = SCA elemzés) jelentette, a régészeti lelőhelyek makrobotanikai leleteinek és a pollen lelőhelyeken található emberi hatásokat visszatükröző pollenváltozásoknak az összekapcsolása. Az SCA elemzés nyomán egy, maximum két órára járóföldnek (5–10 km sugarú kör) megfelelő terepet bejárnak és feltérképezik a különböző környezeti adatottságokat. Majd ezen a körön belül lévő környezettörténeti lelőhelyet tárnak fel és az itt végzett radiokarbon adatokkal meghatározott korú pollenanalitikai, makrobotanikai munkák nyomán rekonstruálják az egykori kultúrák növényzeti hátterét. Természetesen ezek a paleobotanikai adatok a lelőhely környezetének geomorfológiai, üledékföldtani, talajtani és talajvíz adottságokkal, az SCA elemzés adataival együttesen értelmezhetők csak. Az emberi hatásokat tükröző polleneket a makrobotanikai anyag besorolásához hasonlóan, *de Behre* holland palinológus munkája nyomán elkészített csoportosítás alapján értelmezhetjük. *Behre* munkája nyomán az emberi hatások szempontjából két fő pollentípust különíthetünk el: természetű növények pollenjei (gabonafélék, búza, rozs, kender, komló) és kulturális hatásokat jelző pollenek. A természetű növényeknél elkülönítünk őszi (őszi búza, árpa), tavaszi vetésű (tavaszi búza) növényeket. Az emberi hatásokat jelző növényeknél nedves mocsarakra és legelőkre (pl.: *Astragalus* – csüdfű), száraz legelőkre (pl.: *Verbascum* – ökörfarkkóró), legeltetett erdőkre (pl.: *Lithospermum purpureo-coeruleum* – gyöngyköles), utakra, taposott területekre (*Plantago* – útifű), valamint természetes környezetre jellemző csoportokat különítünk el. Természetesen az emberi hatásokat jelző növényfajok jelentős része, például a fészkesvirágzatúak (*Compositae*) vagy a madárkescerűfű (*Polygonum aviculare*), több emberi hatásra kialakult élőhelyen is megjelenik, így az egyes emberi agrártevékenységek nem különíthetők el egymástól pollenek alapján egyértelműen, csak tendenciaszerűen. Az emberi hatásokra elsősorban akkor következtethetünk, ha a természetes növényzetre jellemző pollenek aránya csökken, és a természetű növények, vagy az emberi hatást tükröző növények pollenjei megjelennek, vagy arányuk megemelkedik.

Kiemelkedő jelentőségű lehet a régészeti geológiai kutatásokban a mikroszkópikus méretű égett faszenek, a pernyék koncentrációjának vizsgálata, elsősorban az égetéses erdőirtást, a kohászathoz kapcsolódó tevékenységet, jelentősebb és folyamatos emberi meg-

telepedést rekonstruálhatunk a pernye arány növekedése alapján. A pollenanalízis egyik legújabb régészeti szempontból jelentős területe az emberi ürületek vizsgálata, ahol a fogyasztott növényi táplálékot lehet rekonstruálni. Elsősorban a vadász, halász, gyűjtögető kultúráknál hasznosítják ezeket a vizsgálati eredményeket, de a Közel-Keleten lejátszódott neolitizáció, preneolitizáció folyamatáról is fontos virágporszem adatokat sikerült kinyerni az emberi ürületek pollen elemzése során. Magyarországon várhatóak hasonló kutatási eredmények a legújabb kora neolit és mezolit lelőhelyek feltárása, pollen analízise nyomán.

A gerinces paleontológiai adatok mellett a legújabb kutatások nyomán a pollen vizsgálatokból is jelentős paleoklimatológiai adatokat nyerhetünk az elmúlt 10–15 ezer évre vonatkoztatóan. A pollenadatokból nyert ezer éves skálán mozgó egykori éghajlati elemeket, csapadék- és hőmérséklet változásait, eloszlását többen már összefüggésbe hozták az egyes holocén kori kultúrák változásaival, a kultúrák terjedésével és visszahúzódásával. Ugyanakkor több geoarcheológus is rámutatott arra, hogy a rövidebb időintervallumú, néhány évre, évtizedre kiterjedő éghajlati változások a holocén kori magaskultúrák szempontjából sokkal fontosabbak és jelentősebbek, mint a több évtized átlagát átfogó holocénkori pollen vagy gerinces maradványok alapján rekonstruált őséghajlati trendek. Ennek oka az, hogy a csapadékmennyiség és hőmérséklet évszakos és éves változásai sokkal szélsőségesebben, mint azt a holocénkori pollen vagy gerinces maradványok alapján rekonstruálhatjuk. Különösen a tenyészedőszakra vonatkozó időjárási eredményeknek van kiemelkedő jelentősége. A magaskultúrákra is ható környezeti változások elsősorban az egykori tenyészedőszak időjárási változásaiból vezethető le. Ilyen szintű, évszakos megközelítést azonban csak dendrokronológiai eredményekkel, kagylóhéjak, korallpadok napi növekedési vonalainak vizsgálatával és éghajlati szempontú értelmezésével érhetünk el. Így a holocén során rekonstruált őséghajlati változások és a magaskultúrák termelési tevékenysége és az agrártörténeti változások közötti összefüggés kimutatása pollenanalitikai és gerinces paleontológiai adatok alapján erősen hipotetikusnak tekinthető és az ilyen eredményeket óvatosan kell kezelnünk. Mivel a pleisztocén során a kultúráváltozások sokkal lassabban zajlottak, ott a pollen, gerinces és malakológiai eredmények nyomán rekonstruált éghajlati trendeket jobban felhasználhatjuk a kultúra változások környezeti hátterének felderítésére. Jó példa erre, hogy a korai emberfajták megjelenése és a gerinces, Mollusca és pollen adatok alapján rekonstruált kelet-afrikai éghajlati változások szoros összefüggést mutatnak.

Magyarországon napjainkban *Bodor Elvira* (Magyar Állami Földtani Intézet), *Juhász Imola*, (MTA Régészeti Intézet), *Félegyházi Enikő* (Debreceni Egyetem, Természeti Földrajzi Tanszék), *Magyari Enikő* (Debreceni Egyetem PhD hallgatója), *Medzihradzsky Zsófia*, (Természettudományi Múzeum) végeznek kiemelkedő jelentőségű környezettörténeti és régészeti geológiai célú pollenanalitikai vizsgálatokat. Az új generációnak az elmúlt évtizedben átfogó paleoökológiai és geoarcheológiai programok részeként végzett, radio-karbon adatokkal tisztázott korú szelvényeket vizsgáló munkája nyomán jelentős mértékben sikerült meghaladni a korábbi, *Zólyomi Bálint* vezette és *Csinády Gerő*, *Járainé-Komlódi Magdolna*, *Lőrincz Hajnalka*, *Miháltzsné Faragó Mária* munkáihoz kapcsolódó kutatások eredményeit. A magyarországi pollenanalitikai kutatásoknak legújabb kori fejlődésében kiemelkedő szerepet játszott a Cambridgeben és Oxfordban dolgozó *Katherine Jane Willis*nek és tanítványainak, köztük *Adam Gardner*nek, valamint *Jaques-Louis de Beaulieu* marseillei professzornak a munkája, segítségé is.

5.1.4. Fosszilis kutikula vizsgálat

A fosszilis kutikula vizsgálatok azért fontosak, mert a füves területekről (szavanna, sztyepp) származó pollenszemcséket gyakorlatilag nem lehet megkülönböztetni egymástól még pásztázó elektron mikroszkópos vizsgálattal sem, de a fűszálak bőrszövetének külső, kutinból álló, rendkívül ellenálló része megőrzi az alatta lévő epidermisz (bőrszövet) mintázatát. Így nemzetség szinten biztos diagnózist, esetenként fajra történő azonosítást is biztosítanak ezek a maradványok. A minták emberi és állati ürületekből és gyomortartalomából is azonosíthatók és ez igen komoly segítséget jelenthet az egykori fogyasztói lánc rekonstrukciójánál. Eddig elsősorban az afrikai szavannaterületek negyedidőszak végi fejlődéstörténetének rekonstrukciója során használtak fel kutikula maradványokat. A kutikulákhoz hasonlóan fontosak a sztómát (gázcsere nyílást) övező sejtmarmadványai. Elsősorban a túlélő fajok pontosabb meghatározásánál, a pollen alapján nehezen vagy egyáltalán nem elkülöníthető taxonoknál hasznosították ezeket a növényi maradványokat. Szaharai, kelet-afrikai tavak üledékeiből kinyert kutikula elemzések nyomán több ezer éves növényzeti változásokat lehetett megrajzolni. Európában a túlélő fajok azonosításánál, a pollen adatok pontosításánál használták fel elsősorban a kutikula elemzéseket.

5.1.5. Növényi opálszemcsék (*fitolitok*) jelentősége

A negyedidőszaki képződményekkel foglalkozó paleobotanika legdinamikusabban fejlődő ágát alkotják a növényi sejtekből származó apró, szilíciumdioxidból álló kovaszemcséknek a fitolitoknak (= növényi opál) vizsgálata. A fitolitoknak nagy jelentősége, hogy igen változatos körülmények között is fennmaradnak, mint egykor élt állatok, emberek fogaihoz tapadva, kizsáradt üledékrétegekben, hamuban, kerámiában, vagyis azokon a helyeken, ahol a pollen már nem marad meg. Ezért, bár fajra, helyenként nemzetségre történő meghatározásuk is rendkívüli problémákba ütközik, mégis igen fontos paleoökológiai csoportot alkotnak. Különösen a fitolit és pollenelemzések kombinált, együttes vizsgálata hozott kiemelkedő eredményeket. A fitolit vizsgálatoknak legfontosabb területe a kurgánok, földvárak, tellek rétegeinek kutatása. A Kaukázustól északra található Kubányi-síkságon található kurgánok eltemetett talajaiból kinyert fitolitok alapján a területen élt nomadizáló közösségek környezeti hátterét, csapadékosabb és szárazabb éghajlati szakaszokat sikerült orosz szakembereknek rekonstruálni. Ugyancsak fontos adatokat sikerült feltárni fitolitok vizsgálata alapján a gabonafélék termesztési feltételeiről, a gabonatermesztés korai szakaszának kialakulásáról és terjedéséről. A növénytermesztésre vonatkozó legjelentősebb fitolit adatokat közép-amerikai területeken sikerült kapni, ahol néhány helyen a fitolitok alapján 1000 évvel korábban sikerült bizonyítani az erdőirtást, kukorica-termesztést, mint a pollenek alapján. Feltételezhetően a korai földművelés esetén a kisebb kiterjedésű kukoricaparcellákból származó pollenanyagot lefedte, felhígította a környező erdőterületek virágporsem anyaga, míg a fitolit minták esetében ez nem történt meg. Magyarországon az ccseghalvi Körös-kultúra lelőhelyének paleobotanikai feltárása során, löszrétegek tanulmányozásakor és néhány neolitikus tell rétegeinek, illetve a tellek mentén található morotvatavak rétegeinek vizsgálatakor használtak fitolit elemzéseket.

5.2. Állati maradványok vizsgálata

5.2.1. A Mollusca-fauna feldolgozása és környezetjelző szerepe

A régészeti lelőhelyekről, negyedidőszaki képződményekből leggyakrabban előkerülő maradványok közé tartoznak a Mollusca leletek. Mivel mind a tengeri, mind az édesvízi és szárazföldi képződményekben igen jelentős számban találhatók puhatestű maradványok, a malakológiai vizsgálatok jelentős szerepet játszanak a tengeri, édesvízi és szárazföldi képződményekben kimutatható változások párhuzamosításában. A régészeti vagy környezettörténeti lelőhelyeken beágyazódott puhatestű fauna kalcit, vagy aragonit (CaCO_3) héjai igen jól megőrződnek meszes, karbonátos környezetben és a fauna döntő részben kiváló őskörnyezeti indikátor elemekből áll.

A szárazföldi csigafajok korlátozott térigénye és mozgásterülete következtében első sorban a helyi környezeti tényezők jellemzésére alkalmasak. Megfelelő számú szelvény feldolgozása esetén azonban regionális és globális léptékben is alkalmas a Mollusca-fauna a környezeti tényezők rekonstrukciójára.

A negyedidőszaki malakológiai vizsgálatok eredményességének elsőrendű alapfeltétele a statisztikai vizsgálatra alkalmas mennyiségű adat. Ehhez a minták begyűjtése, a Mollusca-fauna kinyerése, határozása és feldolgozása alapján jutunk. A kvartermalakológiai anyagot mintánként 1–2 dm³ üledékből nyerjük ki. Valamennyi mintánál azonos mennyiséget használunk, hogy összevethető eredményeket kapjunk az egyes szelvények rétegeiből származó minták faj és egyedszámáról, faunösszetételéről. A begyűjtött üledéket megszárítjuk (napon vagy infralámpa alatt), a száraz anyagot lassan vízzel felöntjük, hogy a hajszálcövesesség következtében felszívott víz a keményebb rögöket is szétfeszítse. Az edényben lévő anyagot nem szabad keverni, mert ezzel a vékonyabb házfalú csigák sérülnek. Ha az üledék nagyon kötött, akkor annyi tömény hidrogénperoxidot öntünk hozzá, hogy az áztató víz hidrogén-peroxid (H_2O_2) tartalma 1–2%-os legyen. Az áztatás után az anyagot 0,8–0,5 mm lyukátmérőjű szitán átmoszuk. Az eredeti eljárás szerint a szitában lévő anyagot víz alatt rázogatjuk (itt vigyázni kell, hogy a felülúszó ki nem csapjon a szitából), így az üledék a szitán átmosódik, s a vékony csigahéjak sem sérülnek. Ma már főleg a nagyobb mennyiségű anyagfeldolgozásnál a szitán történő mosáshoz folyóvizet használunk, mert ez lényegesen meggyorsítja a munkát. A víz nyomására ügyelni kell, mert töri a héjakat vagy kicsapja a szitából. Az átmosott anyagot (ún. „iszapolat”-ot) megszárítjuk, ha szükséges, újra megismételjük az iszapolást. A száraz iszapolatot különböző lyukátmérőjű szitán frakciókra osztjuk, ezzel jelentősen megkönnyíthetjük a későbbi válogatást, mert egyes fajok már nagyság szerint is elkülönülnek. A fentiekben leírt módszer segítségével a teljes fauna kinyerhető az üledékből, mégpedig ugyanolyan clozolásban, mint amilyen eredetileg az üledékben volt. A kinyert példányokat meghatározzuk. A határozás során kiváló magyar, német és angol határozókat használhatunk, illetve a budapesti Magyar Állami Földtani Intézet, a Természettudományi Múzeum vagy frankfurti Senckenberg Múzeum Mollusca anyagát használhatjuk összehasonlító taxonómiai vizsgálathoz.

A határozásnál ügyelni kell a töredékekre is, mert igen gyakori, hogy egyes fajok főleg töredék formájában kerülnek elő. E munka során el kell kerülni, nehogy egy példányt többször is figyelembe vegyünk. Ennek érdekében a malakológiai anyagot érdemes csoportosítani: 1. Csúcs alapján (szájadék nélkül) is határozható fajok. 2. Szájadék alapján határozható fajok (például a *Clausiliidae* család fjai). 3. Mészlemez után határozhatóak, (a *Limacidae* család fjai, az ún. *meztelen csigák*). Az első csoport fjai esetében a számláláskor csak az ép példányokat és a csúcsokat vesszük figyelembe. Ezeknél a fajoknál a szájadék általában úgy törik, hogy a töredék jellegtelen és nem határozható. A második csoportnál az ép példányokat és szájadékokat vesszük figyelembe. A gyakorlat alapján a szájadékhoz faji hovatartozás nélkül hozzárendelünk annyi csúcsot, amennyi a szájadékok száma, ilyen módon ún. „*statisztikai maradványt*” hozunk létre, és a maradék csúcsokat egy szinttel magasabb rendszertani egységbe sorolva tüntetjük fel. (Például a *Clausiliidae* családba tartozó fajoknál a csúcs alapján többek között a *Clausilia dubia* és *C. pumila* nem különíthető el, pedig ez lényeges, mivel eltérő ökológiai igényűek. Ekkor a szájadékokat meghatározzuk, hozzárendelünk megfelelő számú csúcsot. Egy fiktív példán szemlélítve: 3 db *C. dubia* szájadék, 5 db *C. pumila* szájadék és 15 db csúcs. Ez a statisztikákban az alábbiakban jelenik meg: 3 db *C. dubia*, 5 db *C. pumila*, 7 db *Clausiliidae* indet.

Ha esetleg túl fiatalok a példányok, akkor ott is a már ismertetett eljárást alkalmazzuk, eggyel magasabb rendszertani kategóriába soroljuk azokat. A *Limacidae* család esetében a határozás ma még nem megoldott, általában csak a *Limax maximus* vagy *Limax cinereoniger* mészlemezét szokás fajra határozva feltüntetni, illetve UV lámpás vizsgálattal különítik el az *Agriolimax* fajok aragonitból álló mészlemezeit.

Az egyedek meghatározása után az abundancia és a dominancia adatokat tartalmazó táblázatot készítünk minden szelvény esetében, ahol valamennyi előkerült Mollusca faj egyedszám és százalékos eloszlását feltüntetjük a mélység függvényében. A jelentősebb őslénytani anyagot tartalmazó szelvényeknél az egyes fajok mélység szerinti dominancia eloszlását ábrán közöljük. Ezt követően paleoökológiai besorolást készítünk, amelyben a fajokat a hőmérséklettel, páratartalommal, növényzeti borítottsággal szembeni igényük, valamint recens elterjedésük alapján paleoökológiai és biogeográfiai csoportokba soroljuk. A Mollusca fajokról rendelkezésre álló jelenlegi környezeti ismereteink alapján csak a következő paleoökológiai csoportokat állíthatjuk fel (5. táblázat): 1. *Páratartalom igény alapján*. 2. *Hőmérsékleti tűrés alapján*. 3. *Növényzeti borítás iránti igény alapján*. 4. *Recens biogeográfiai kategóriák*. Ez utóbbi a recens elterjedés tükrében igen sokféle lehet.

A csigák (*Gastropoda*) a paleoökológiai vizsgálatoknál más élőlénycsoportokkal szemben számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek: jól fosszilizálódó héjuk faji szintű határozást tesz lehetővé. A héj felépítéséből és méretéből következően, szinte minden esetben a helyben, autochton, más néven *in situ* módon felhalmozódott héjakat vizsgálhatjuk az egyes negyedidőszaki szárazföldi rétegekben. Így ennél a csoportnál kevesebb tafonómiai probléma merül fel, mint a pollenanalitikai vizsgálatok során. Mindezek a tulajdonságok pontosabb vizsgálatokat és interpretációkat tesznek lehetővé. Egyedüli gond az (de nem csak a csigák esetében), hogy ma már egyre kevésbé találhatók olyan analóg élőhelyek, ahol az élőlények környezetjelző szerepe emberi hatásoktól mentesen jelentkezik.

Szárazföldi fajok paleoökológiai csoportosítása			
Páratartalmi igény	Hőmérsékleti igény	Növényzeti borítási igény	Biogeográfiai elterjedés
higrofil	hidegkedvelő	zárt vegetációt kedvelő (erdei)	
szubhigrofil	hidegtűrő	nyílt és zárt vegetációt kedvelő (ecoton)	
mezofil	mezofil	nyílt vegetációt kedvelő (sztyepp)	
xerofil	termofil		
Édesvízi fajok paleoökológiai csoportosítása			
Vízmozgás szerint		Hőmérsékleti tűrés szerint	Növényzeti borítás szerint
mozgó vízi fajok		hidegtűrő	nyílt vízi életteret kedvelő
álló- és mozgó vízben egyaránt megélni képes fajok		mezofil	bentonikus cutrofizációt kedvelő
időszakos kiszáradást is elviselő fajok		termofil	vízfelszíni cutrofizációt is elviselő

5. táblázat:

A szárazföldi és édesvízi Mollusca fajok paleoökológiai csoportosítása.

Ennek ellenére a Mollusca fajok recens elterjedésének és környezetének vizsgálata a környezettörténeti paleoklimatológiai, paleoökológiai és paleobiogeográfiai kutatásokban vezető szerepet játszik hazánkban, mert a Kárpát-medence belső területein található környezettörténeti és régészeti lelőhelyek Mollusca-faunájának döntő része, mintegy 80%-a ma is él. Ezért az aktualizmus elvének felhasználásával a recens környezeti, klimatológiai és biogeográfiai megfigyelések jól hasznosíthatók a kvartermalakológiai vizsgálatok alkalmával.

Régészeti ásatások során gyakran kerülnek elő kagylóhéjak. A magyarországi kagylóanyag feldolgozása eddig elsősorban csak a fajok meghatározására szorítkozott, annak ellenére, hogy a tengeri kagylóhalmok esetében igen jelentős évszakos gyűjtésre vonatkozó kutatásokat végeztek az Északi-tenger parti területeinek régészeti lelőhelyein. A határozás mellett még azt is figyelembe vették, hogy a legtöbb héjanyagot biztosító *Unio* fajok eltérő ökológiai igényéből kiindulva, az egyes fajok dominanciaviszonyai alapján rekonstruálni lehet azt, hogy az emberi közösségek milyen víztípusokból (mozgóvíz, pangóvíz) emelték ki a kagylókat. Az egykori közösség akciórádiuszát (lásd SCA elemzés) ismerve lehetőség nyílt a kagylók származási helyének (a vízrendszernek) pontosabb meghatározására.

A korábbi kagyló vizsgálati eredmények ennél tovább nem jutottak, így sok fontos kérdésre nem adtak választ: 1. A szezonális gyűjtés (a különböző évszakokban eltérő in-

tenzitással történő kiemelés) kérdésére. 2. Az előkerült egyedek méret és koreloszlásának tanulmányozásával a szelektív vagy nem szelektív gyűjtés kérdésére. 3. A héjak alapján becsült bioproductum mennyiségére. 4. A kagylólúsból nyerhető energia mennyiségének kiszámítására. 5. A kagylólús összetételének vizsgálatából levonható táplálkozás biológiai következtetésekre. 6. A kagylóhéj paleobiogeokémia vizsgálatára a környezet- és a héj-elemtartalom összefüggésláncból levonható következtetésekre.

A kagylóhéjak paleoökológiai és paleozoológiai szempontból történő feldolgozása (amely valamennyi telep kagylóanyagának feldolgozásánál használható), a következő lépéssorozatból állt: 1. A kagylóhéjak meghatározása, a régészeti bontásnak megfelelően. Ép teknő, zárszerkezet, *umbo* (búb) szükséges a pontos taxonómiai meghatározáshoz. Az azonosítás fontos kritériuma a feldolgozásnak, hiszen ez alapján írhatjuk le a kagylólúladék eloszlását az egész telepen. 2. Egyedszám eloszlás meghatározása. 3. Dominancia viszonyok kiszámítása. 4. Az *Unio* fajok dominanciájának kiszámítása. Az egymáshoz viszonyított dominanciák ábrázolása háromszög diagramon. Elsősorban akkor alkalmazható, ha több telepet hasonlítottunk össze vagy a tell-telep különböző szintjeit vetjük össze. A fajok eltérő ökológia igényei miatt a háromszög diagram információt ad arról, hogy: a). A vízrendszer melyik részéről származik a kagylóanyag. b). A feltöltődési folyamat hatására milyen biofácies eltolódás alakul ki (folyóvízi, tavi, lápi környezeteket különíthetünk el). Az *Unio* fajok kiemelt feldolgozása azért szükséges, mert az eddigi tapasztalatok szerint a magyarországi régészeti telepeken előkerült héjak döntő részét a három *Unio* faj teszi ki. A többi kagylófaj (pl.: *Anodonta* sp, *Pseudoanodonta* sp.) általában kis egyedszámban és töredékesen kerül elő. Összehasonlítva a telepeken talált maradványokat a vízrendszerekben található életközösségek összetételével azt mondhatjuk, hogy az *Unio* fajok kiemelkedő aránya emberi hatásra, szelektív gyűjtés következményeként jött létre. 5. A kagylóhéj morfológiai struktúrájának (ún. „*égyűrrű*” szerkezetének) szezonális változása információt ad a gyűjtés időpontjáról, a tavaszi, a nyári, vagy az őszi kiemelésről. Az *Unio crassus* kevésbé alkalmas erre a vizsgálatra, mert az évenkénti növekedés vonalai elkülöníthetetlenül torlódhatnak. 6. Ép héj esetén a kagyló korát meghatározhatjuk. A makroszkópos vizsgálattal éves, évszakos pontossággal dolgozhatunk, míg mikroszkóposan (pásztázó elektronmikroszkóp) akár hónapos, esetleg napos felbontást is elérhetünk. 7. A kagyló mérhető paramétereinek meghatározása. Tömeg, magasság és hosszúság mérése. A tömeget tizedes pontossággal mérjük le. A magasság valamint a hosszúság mérését két tizedes pontossággal, tolómérővel végezzük. A kagylóteknő magasságát a búb és a teknő alsó széle között mérhetjük. A teknő hosszán a legnagyobb hosszirányú kiterjedést értjük. 8. A kagylók egykori élősúlyának (ún. „*bruttó tömeg*”) meghatározását a nyíltvízi kagyló növesztési kísérletek alapján végeztük. A gödöllői Szent István Egyetem kutatói munkájuk során alföldi folyókból, többek között a Tiszából emeltek ki kagylókat és összefüggést állapítottak meg a különböző életkorú kagylóteknők hossza és a kagylók élő tömege között. 9. A kagyló nettó tömegének (fogyasztható, lágy test) meghatározása biológiai laboratóriumi kísérletek alapján. 10. Szárazanyag tartalom kiszámítása a nettó súlyból. A szárazanyag kémiai összetételének megállapítása (fehérje-, szénhidrát-, zsírtartalom). 11. A szárazanyag energiatartalmának kiszámolása. 12. A kagylóhéjak paleobiogeokémiai jellemzése. Ez a vizsgálati módszer azon alapul, hogy a kagyló a környezetében található különböző elemeket a héjába beépíti az elemek koncentrációjának megfelelően (víztisztító szerep). Ezen tulajdonsága alapján a vizek nehézfém szennyezettségének jel-

zésére használják biomonitoring rendszerben. Ez a módszer a kémiai analízisen alapul, a héj anyagához kötött elemtartalmat határozzák meg és az elemtartalom változása alapján következtethetünk a vízi környezet változására.

1. A fentebb felsorolt vizsgálatokat a Sz. Máthé Márta (Déri Múzeum, Debrecen) és Vicsze Magdolna (Matrica Múzeum, Szászhalombatta) régészek által gyűjtött és kutatásra átadott kagylóanyagon végezte el a tankönyv írója két egykori debreceni tanítványával, Kozák Jánossal és Tóth Csabával. A kagylóanyag egy bronzkori tell telepről származott. Ez a bronzkori lelőhely a Hajdú-Bihar megyei Polgár községtől keletre, a Kenderföld nevű területen található. Az átadott kagylóanyag nagyobb részben jó megtartású héjakat tartalmazott. Azonban sok teknő törése, csorbulása feltehetően az ásatás során bekövetkezett sérüléseknek tudható be (friss és éles, szabályos vágásfelület jelentkezett a héjon). Ezek a sérülések a minta feldolgozását megnehezítették és a levonható következtetések pontosságát csökkentették. Az előkerült héjakat meghatároztuk. Meghatározásuk búbrázolat és alak alapján történt (6. táblázat).

Gastropoda fajok
<i>Viviparus acerosus</i> (Millet, 1813)
<i>Planorbarius corneus</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Cepaea vindobonensis</i> (Férussac, 1820)
Bivalvia fajok
<i>Unio crassus</i> Retzius, 1788
<i>Unio tumidus</i> Retzius, 1788
<i>Unio pictorum</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Anodonta</i> sp.
<i>Pseudanodonta complanata</i> (Rossmässler, 1838)

A Polgár-Kenderföld telepből előkerült
Mollusca fajok

Fajnév	Egyedszám (db)	Dominancia (%)
<i>Viviparus acerosus</i>	27	2,55
<i>Planorbarius corneus</i>	1	0,09
<i>Cepaea vindobonensis</i>	11	1,04
<i>Unio crassus</i>	368	34,84
<i>Unio tumidus</i>	123	11,63
<i>Unio pictorum</i>	527	49,85

Egyedszám és dominancia értékek

Bivalvia fajok	Bal teknő (db)	Törött bal teknő (db)	Jobb teknő (db)	Törött jobb teknő (db)	Teknő darabok (db)
<i>Unio crassus</i>	184	184	154	208	
<i>Unio tumidus</i>	33	90	36	69	
<i>Unio pictorum</i>	109	418	115	380	
<i>Anodonta</i> sp.					285
<i>Pseudanodonta complanata</i>					140

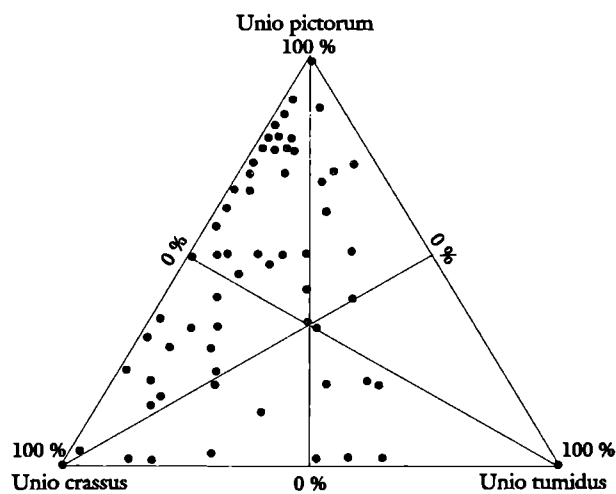
Az előkerült kagylók összesítő táblázata

6. táblázat:

A Polgár Kenderföld bronzkori tell régészeti feltárása során előkerült Mollusca maradványok összesítése.

2. A határozás után megszámloltuk az ép, a törött, valamint a jobb, illetve a bal teknőket. A kagylók esetén a jobb vagy a bal teknő (ez lehet ép, vagy törött) jelenléte is reprezentálja az egyedet. Ezért az egyedszám számításánál a nagyobb darabszámban jelenlévő teknőfelet vettük figyelembe (6. táblázat). A vékonyhéjú *Anodonta* sp. és a *Pseudanodonta complanata* fajokból nem találtunk ép teknőket, csak néhány négyzetcentiméteres héjdarabkáik kerültek elő, ezért ezeknél a fajoknál nem tudtuk megállapítani a pontos egyedszámot (6. táblázat).

3. Az egyedszám adatokból kiszámítottuk a dominancia viszonyokat (6. táblázat). A táblázatokból megállapíthatjuk, hogy a régészeti telepből előkerült puhatestű fajok között az állandó vízborítást igénylő vízi clemek dominálnak. Szárazföldre csak úgy kerülhettek ezek az egyedek, ha az ember kiemelte őket a vízből. Így ezt az anyagot emberi hatásra szelektált, allochton anyagnak tekinthetjük. Az előkerült nyolc faj között egy szárazföldi csiga (*Cepaea vindobonensis*) néhány egyedet találtunk. Nagy valószínűséggel még a bronzkor során természetes úton keveredett az anyaghoz. Megvizsgáltuk az előkerült vízi fajok recens előfordulásait azokban a folyókban, melyeknek egykori medrei a vizsgált területtel kapcsolatban állhattak. Megállapítottuk, hogy olyan víztérből származhatott ez az anyag, amely kellően változatos, így az eltérő ökológiai igényű fajok együtt élhettek. A terület folyóhálózatának fejlődéstörténetét, és a telep elhelyezkedését ismerve, valamint a Mollusca anyagot a Tisza recens fajösszetételével összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a vizsgált fauna valószínűleg a Tiszának egy ősi, ma már feltöltődött medréből származhatott. A korábban bemutatott SCA elemzés során a tiszai alluviumban sikerült egy olyan ma már inaktív, feltöltődött medret találnunk, amely mintegy 4000–4500 éve a Tisza fő ága lehetett és még a középső-bronzkor során is aktív volt. A főág mellett a Király-ér (Selypes ér) is számításba jöhetett, mint a kagyló anyag származási helye, mert a kísérő medrek is megfelelő élőhelyet jelentettek a különböző ökológiai igényű vízi fajoknak.

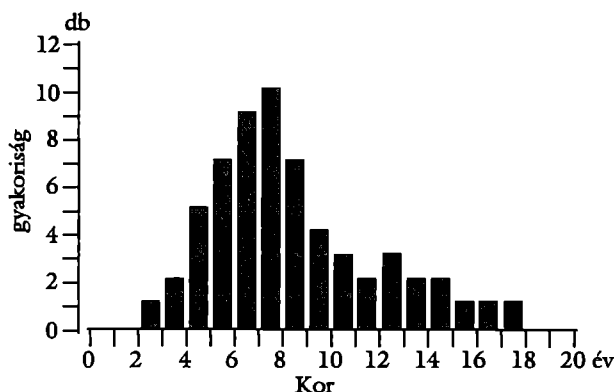


35. ábra.

A Polgár – Kenderföld bronzkori tellen feltárt *Unio* fajok dominanciaviszonyai háromszög diagramon (Sümei és munkatársai, 1999 nyomán).

4. Mivel az előkerült Mollusca anyagban jelentős dominanciával jelentkeztek az *Unio* fajok, ezért részletes feldolgozásuk feltétlenül szükséges volt. Polgár-Kenderföld bronzkori telep *Unio* kagylóanyagát a sztratigráfiai azonosító számoknak megfelelő bontásban vittük fel a háromszög diagramra (35. ábra). Mivel a kagylók feldolgozásával párhuzamosan az egykori medrek holocén rétegsorát is megvizsgáltuk, a rétegsorokból előkerült *Unio* leletek alapján a lelőhelytől légvonalban mindössze 600 méterre lévő, már feltöltődött, mocsárrá alakult Király-eret tekinthetjük a bronzkorban begyűjtött kagylók származási helyének.

5. A kagylóhéj három rétegből épül fel. A legkülső vékony rész („*periostracum*”) *conchyolin* nevű szerves anyagból áll. A középső az ún. „*prizmás*” réteg (*ostracum*) oszlopos elrendeződésű kalciumkarbonát kristályokat tartalmaz. A legbelső ún. „*gyöngyházréteg*” (*hypostracum*) vékony kalcitkristály lemezekből tevődik össze. A héjképződéskor a CaCO_3 kristályok a conchyolinra, mint kristályosodási alapra rakódnak. A kristályok képződésének meghatározott napi és a tenyésztőidőszakra jellemző ritmusa van. Ez a héjban (héj felületén) évgűrűkhöz hasonló szerkezetet eredményez. A növekedés tavasztól őszig folyamatosan zajlik (tenyésztőidőszak), míg a téli hónapokban szünetel. Így a kagylóhéjon megfigyelhető egy sötétebb sáv, amely a téli növekedésmentes időszakban jön létre. A sávok száma az egyed korát adja meg. Az *Unio crassus* faj esetén ezek a vonalak egymásra torlódhatnak, így a biztos kormeghatározást nem mindig lehet elvégezni. A másik két faj (*U. tumidus*, *U. pictorum*) esetén ez a probléma nem jelentkezik, bár a kagyló korának növekedésével (minden faj esetén) a megjelenő sötét sávok egyre közelebb kerülnek egymáshoz, ezért az egyed korának meghatározása bizonytalanabbá válik. Bármely faj adott populációját jellemezhetjük az egyes korcsoportok gyakoriságával. Reprezentatív mintavétel esetén a koreloszlást is meghatározhatjuk. A régészeti anyag esetén az ember által szelektált fauna miatt nem lehet a faj egykori populációjáról pontos képet adni. A mérési



36. ábra.

A Polgár – Kenderföld bronzkori tellen feltárt *Unio pictorum* egyedek koreloszlása és kiemelésének évszakos megoszlása (Sümeği és munkatársai, 1999 nyomán).

pontatlanságok következtében csak az előkerült *Unio pictorum* egyedek korát határoztuk meg (az *Unio tumidus* kis egyedszámában volt jelen). A faj előkerült ép, jobb oldali (nagyobb számú) teknőiből végeztünk kormeghatározást (36. ábra). Az egyed korát a telek számával adtuk meg. A 10 évnél idősebb példányokat – az „öregedő” kagylók korának meghatározásánál jelentkező pontatlanságok miatt – egy csoportba vontuk össze. Az *Unio pictorum* által elérhető legnagyobb kor megközelítőleg 15–20 év. Megállapítottuk, hogy meglepően nagy mennyiségben kerültek elő idős (több mint 10 éves) példányok. A fiatal (0–1–2–3 éves) példányok aránya viszonylag kicsi. Zömében (kb. 60%) 5–6–7–8–9 éves egyedeket találtunk (36. ábra). Az ember a kagylóegyedek begyűjtésekor bizonyos korcsoportokat részesített előnyben. Nagy valószínűséggel nem az egyed kora alapján szelektált, hanem a kagyló mére-

tét vette figyelembe. A kagyló kora és mérete között viszont szoros összefüggés mutatkozik. Ha a gyűjtés célja a tápláléknyerés volt, célszerűbb lehetett nagyobb méretű (idősebb korú) egyedeket kiemelni, mert a nagyobb testmérethez mindig nagyobb fogyasztható tömeg társult.

6. A növekedési vonalak szerkezetének finomabb tanulmányozásával a vonalak kialakulásának évszakos, hónapos vagy akár napos ritmusát is felismerhetjük. Ez utóbbinak a mérése igen nehéz, pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatot igényel. Az évszakos bontást azonban fénymikroszkóppal is tanulmányozhatjuk. Az *Unio pictorum* jobb teknőji közül az ép peremmel rendelkezőket (100 db) megvizsgáltuk ilyen szempontból is. Technikai feltételek miatt csak az évszakos bontást tudtuk elvégezni, adott esetben finomabb határozásra nem is volt szükség. A kagyló egyedekről megállapíthatjuk azt, hogy mikor (melyik évszakban) pusztultak el (pontosabban emelték ki). Megállapítottuk, hogy a gyűjtés egész évben folyt, de a vizsgált egyedek nagy részét tavasszal fogták ki a vízből (36. ábra).

7. Mindhárom faj esetén az ép teknő félen mértük a héj hosszúságát, magasságát és tömegét. Az adatokat osztályokba soroltuk, majd az osztályok százalékos gyakoriságát hisztogramon ábrázoltuk. A magasság és a hosszúság hányadosát kiszámítottuk. A hányados (nyúltsági index) az adott fajra jellemző érték. Egy faj populációját jellemezhetjük a nyúltsági index értékével. Az *Unio* fajok idősebb egyedeinél a kagylóhéj hossznövekedésének az üteme intenzívebb, mint a magasság változása. Ezért idősebb példányok esetén a nyúltsági index értéke csökkenhet. Az *Unio crassus* esetén 185 db ép jobb és 153 db ép bal teknő hosszúságát, valamint magasságát tudtuk lemérni. Kiszámítottuk a nyúltsági index értékeit is. A mért és számított értékeket osztályokba soroltuk, majd az egyes osztályok gyakoriságát ábrázoltuk. A legtöbb ép teknő az *Unio crassus* fajnál került elő. A jobb és bal teknők hosszának átlagai közel azonosak. A hosszúsági adatok terjedelme a jobb teknő esetén kisebb. Igen jó egyezést mutatnak a jobb és a bal teknők magasság értékeinek statisztikai paraméterei. A nyúltsági index értékeinek terjedelme a jobb teknők esetén kisebb. A fajra jellemző átlagos nyúltsági index 0,54-nak adódott. Az *Unio pictorum* faj bal és jobb teknőinek hosszának átlagai közel azonosak voltak. A nyúltsági index értékek terjedelme mindkét teknő fél esetén közel azonos. A fajra jellemző átlagos nyúltsági indexet a vizsgált anyag alapján 0,44-nek adhatjuk meg. Figyelemre méltó, hogy a nyúltsági index szórása a három faj közül itt a legnagyobb. Az *Unio tumidus* fajból került elő a legkevesebb ép teknő, ezért bármilyen statisztikai paraméternek az egész populációra való vonatkoztatása csak kellő óvatossággal adható meg. A többi fajhoz viszonyítva a kevés ép teknőszám rendkívül feltűnő. A hosszúság értékek terjedelme közel azonos, a modulusz értékekben azonban jelentős eltérés van. A nyúltsági index átlagos értékei ennél a fajnál 0,46-nak adódott. Az egyes mért, valamint számított paraméterekről a következőket állapíthattuk meg: A fajok átlagos hosszmeretei az *U. tumidus*, *U. pictorum*, *U. crassus* irányban csökkennek. A három faj magasságértékeinek átlaga pedig *U. tumidus*, *U. crassus*, *U. pictorum* irányában csökkennek. Az értékek között azonban nincs számottevő különbség. A nyúltsági index az *U. crassus*, *U. tumidus*, *U. pictorum* irányában csökken.

8. A nyíltvízi kagylónövesztési kísérletek adatait felhasználva az előkerült kagylóhéjak alapján megpróbáltuk a kagylók egykori élő tömegét rekonstruálni. Arra próbáltunk választ adni, hogy az egykor élt ember milyen mennyiségben emelte ki a kagylókat. A gödöllői biológusok vizsgálatai nyomán leírt összefüggéseket használtuk fel az élő tömeg kiszámításához. A jobb és bal teknők alapján is elvégeztük a számítást. Egy adott faj esc-

tén az azonos oldali ép és törött teknők számának összege közel azonos a másik oldali ép és törött teknők számával. Ép héjak esetén az élő tömeg meghatározása az adott függvénykapcsolat segítségével egyértelmű volt. A törött héjaknál csak közelítő értéket tudtunk megadni. Az ép héjak alapján átlagos élő tömeget számoltunk, és ezt a törött egyedek számával szorozva egy közelítő értéket kaptunk (7. táblázat). Megállapíthattuk, hogy a bal, illetve a jobb teknők alapján számított élő tömegek jó egyezést mutatnak. Az *Unio tumidus* esetén az eltérés a nagy számú törött teknőből következhet. A telep feltárt részéből előkerült héjak alapján a kagyló élő súlyát 26–28 kg-ra becsüljük. Az egész telepre való kivetítés akkor lehetséges, hogy ha a teljes telep nagyságát ismerjük. Az ásató régészek szóbeli közlése alapján a régészeti objektum megközelítőleg 1,5–2,0 ha kiterjedésű, amelyből 100 m² lett feltárva. A kagylóhéjak hasonló eloszlását feltételezve a feltárt rész az objektum mintegy 0,5–1%-át jelenti, így a kagylók tömegét 2700–5400 kg (2,7–5,4 tonna) becsüljük. Mivel a héjak eloszlása szigetszerű (kagylóhéj halmozódási pontok, hulladékgödör kitöltések), így becslésünk valószínűleg meghaladja a valódi értéket, de hogy milyen mértékben, az kutatás mai fázisában, a teljes telep feltárása és feldolgozása nélkül megállapíthatatlan.

9. Táplálkozási szempontból a kagylónak természetesen csak a lágyrésze (teste) jöhet számításba. Az elfogyasztott kagyló húsba beleszámítjuk a kagyló teljes lágy részét (zároizmok, kopolyúk, ivarmirigyek, belső szervek). A kagylók lágyrészének tömegét a leírt összefüggések alapján számítottuk ki (7. táblázat). A lágyrész tömegét az élő tömeg kiszámításánál leírt módon végeztük el. A telepből előkerült kagyló egyedek lágyrészének összes tömegét 9–9,4 kg-ra becsülhetjük. Az egész telepre vonatkoztatva hasonló eloszlást feltételezve, 0,5–1%-os feltártság esetén az összes elfogyasztott hús mennyisége 900–1900 kg-ra (0,9–1,9 t) tehető.

10. Egy átlagos kagylótest lágyrészének szárazanyag tartalma a lágyrész tömegének 10–12%-ára tehető. A ténylegesen feltárt kagyló egyedek lágyrészének szárazanyag tartalma tehát 0,9–1,128 kg-ra tehető. A régészeti objektum egész területére vonatkoztatva ez körülbelül 90–228 kg-ra becsülhető. Az *Unio* fajok szárazanyagának kémiai összetételére nem találtunk utalást a szakirodalomban, ezért az *Anodonta* genus *Anodonta woodiana woodiana* fajának szárazanyag összetételét használtuk ennek a kérdésnek a megközelítésére, mert a két genus fajainak szárazanyag-összetétele nagy valószínűséggel hasonló. Így az *Unio* genus fajai feltételezhetően 50–60% fehérjét, 20–25% nitrogén mentes anyagot és 4–8% telítetlen zsíradékot tartalmaz. A fehérje lizin tartalma 8–9%, a kén tartalmú aminosavak 0,8–1,2%-ot tesznek ki. A telítetlen zsírnak magas a karotin és az E-vitamin tartalma. A kagylóhús fehérje tartalma tehát viszonylag jelentős, ezért nagy valószínűséggel fehérje forrásként szerepelt az egykor élt emberek étlapján és talán nem véletlen, hogy a legfontosabb gyűjtőgyűjtési időszak a tavasz, valószínűleg a kora tavasz volt, amikor a télen kimerült fehérjetartalékokat gyorsan pótolhatták.

A Polgár-Kenderföld, Hatvani kultúrához sorolt bronzkori településrészről származó kagylóhéjak többlépcsős feldolgozása az mutatja, hogy a kagylóanyag a bronzkori ember táplálkozásában jelentős, de nem döntő szerepet játszott. A beágyazódási, feltérési, statisztikai, méréstechnikai problémák ellenére, az ökológiai megfigyelések, morfológiai és élettani vizsgálatok segítségével sikerült megközelítő pontossággal leírni az elfogyasztott kagylók mennyiségét. Az élő tömegben a telep egészére kapott 2,7–5,4 tonna, illetve a lágyrésze kapott 0,9–1,9 tonna közötti tömeg igen jelentős táplálékmenyiségnek tűnik.

Faj	Az élő tömeg és a hossz közötti összefüggés	r^2
<i>Unio crassus</i>	$\gamma = 1,9833 \cdot 10^{-4} \cdot X^{2,88707}$	0,8848
<i>Unio tumidus</i>	$\gamma = 1,8747 \cdot 10^{-4} \cdot X^{2,85033}$	0,9634
<i>Unio pictorum</i>	$\gamma = 1,3636 \cdot 10^{-4} \cdot X^{2,87938}$	0,9842
	$\gamma = \text{élő tömeg (g)}$	
	$X = \text{hossz (mm)}$	

Az *Unio* fajok élő tömegének kiszámításához használt összefüggések

Faj	Élő tömeg bal teknőből számítva (g)	Élő tömeg jobb teknőből számítva (g)
<i>Unio crassus</i>	8578	8443
<i>Unio tumidus</i>	5476	4728
<i>Unio pictorum</i>	14067	13566
Összesen	28121	26737

Az *Unio* fajok számított élő tömege

Faj	Összefüggés a lágyrész tömege és a hossz között	r^2
<i>Unio crassus</i>	$Y = 2,7231 \cdot 10^{-4} \cdot X^{2,50974}$	0,8335
<i>Unio tumidus</i>	$\gamma = 9,71 \cdot 10^{-5} \cdot X^{2,72925}$	0,9366
<i>Unio pictorum</i>	$\gamma = 1,3706 \cdot 10^{-4} \cdot X^{2,65236}$	0,9797
	$\gamma = \text{lágyrész tömege (g)}$	
	$X = \text{hossz (mm)}$	

Az *Unio* fajok lágyrész tömegének kiszámításához használt összefüggések

Faj	Lágyrészek tömege bal teknőből számítva (g)	Lágyrészek tömege jobb teknőből számítva (g)
<i>Unio crassus</i>	2515	2508
<i>Unio tumidus</i>	1766	1322
<i>Unio pictorum</i>	5392	5173
Összesen	9673	9003

Az *Unio* fajok lágyrészének számított tömege

7. táblázat

A Polgár Kenderföld bronzkori tell régészeti feltárása során előkerült *Unio* fajok archeozoológiai adatai (Sümcgi és munkatársai, 1999 nyomán).

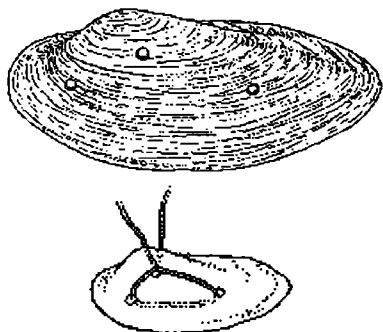
Ugyanakkor a Polgár-Kenderföldi leleteken elvégzett radiokarbon korelemzéseket figyelembe véve 3360 ± 60 BP évtől 3580 ± 60 BP évig tartó adatokat kaptunk, amelyek átszámítva Krisztus előtti 2034–1536 közötti éveknak felelnek meg. A mázsákban mérhető kagylómennyiség tehát több évszázadnyi idő alatt, tudatos emberi tevékenység nyomán halmozódott fel. Évekre lebontva a gyűjtött kagylók mennyisége csak pár kilogrammos értéket mutat, ezért a kagylókat az egykori emberi táplálkozásban – bár fontos fehérjeforrás – csak kiegészítő tápláléknak tekinthetjük. A szezonális, tavaszi maximummal végrehajtott gyűjtések nagy valószínűséggel arra mutatnak, hogy ennek a kiegészítő tápláléknak az év egy meghatározott szakaszában, a téli tartalékok kimerülése után, igen fontos szerepe lehetett a táplálékhiányos tavaszi hónapok „átvészelésében”. Az sem kizárható, hogy a kagylóanyag jelentős részét egy, vagy több rossz termésű, táplálékhiányos év következtében fellépő kényszertáplálkozás során gyűjtötték be. Erre utal a begyűjtött, „szelektált” populáció méret és koreloszlása is. Természetesen a kagylóanyag vizsgálati eredményeit nem lehet elkülönítve kezelni a többi táplálékforrást vizsgáló tudományág (paleobotanika, vadászati zoológia, paleozoológia) eredményeitől, hiszen csak azokkal együtt értelmezhető a kagylók emberi táplálkozásban betöltött szerepe.

A Mollusca fajok egyedeit nemcsak táplálkozási céllal gyűjtötte be az ember, hanem a héjait ékszereként is felhasználta, sőt kultikus céllal a hallottakat is feldíszítette. Mintegy 30–40 ezer év, a felső-paleolitikum során kezdődött el a csigák, kagylók jelentős mértékű esztétikai célú hasznosítása. Az ékszerekként az emberi telephelyekre került puhatestűeket több csoportba oszthatjuk, bár erre a célra általában a dekoratív megjelenésű csigákat, kagylókat, agyarcsigákat (*Scaphopoda*), sőt helyenként lábasfejűeket (*Cephalopoda*) használtak fel. Az ékszereként felhasznált egyik csoportot azok az ősi, már az ősemberek korában is több millió éves, fosszilis csiga- és kagylóhéjak alkotják, amelyeket egykori tengeri rétegek felszínéről bányásztak ki, gyűjtöttek össze, vagy olyan patakhordalékban találtak, ahová ezek a héjak az egykori tengeri üledékből bemosódtak. Ezeket az ősmaradványokat már a paleolitikum emberei is nagy becsben tartották és különböző testrészekre akasztható ékszereket készítettek a fosszilis héjakból. Ilyen fosszilis puhatestűekből készített nyakláncmaradványok kerültek elő több hazai, 16.000 és 22.000 év közötti felső-paleolitik telephelyről is (Esztergom, Mogyorósbánya, Jászfelsőszentgyörgy, Ságvár, Tarcál). Hazánkban *T. Dobosi Viola*, a Magyar Nemzeti Múzeum régésze tárta fel a legszebb fosszilis ékszercsiga leleteket Magyarországon a Pilismarót-Pálrét felső paleolit lelőhelyen. A tengeri üledékből származó fosszilis puhatestűek paleolitikumi felhasználásának jelentőségét bizonyítják a Duna-kanyarban, a szobi paleolit lelőhelyen *Gábori Miklós* régész munkája nyomán feltárt, szállításra váró, harmadidőszaki, mintegy 15 millió éves tengeri üledékből gyűjtött csigahéjak raktárleletei. A betemetődött raktárleletek alapján feltételezik, hogy a fosszilis csigákat kereskedelmi célokra is felhasználták.

Az ékszernek használt puhatestűek másik nagy csoportját azok a fajok alkotják, amelyek az egykori emberi településekkel egyidősek. A különböző tengerekből, folyókból és tavakból származó dekoratív puhatestűek közül a tengeri környezetből származó csigák és kagylók felhasználása emelkedik ki. Bár a tengerparti vagy tengerpart közelében lévő emberi településeken feltárt puhatestűek esetében nehéz eldönteni, hogy táplálkozási vagy díszítési célból gyűjtötték, mégis ismerünk olyan eseteket, amikor ez egyértelműen elkülöníthető. Csodálatos szépségű nyakláncot készített tengeri csigákból a franciaországi Crô Magnoni barlangban élt őskőkori ember, mintegy 35 ezer évvel ezelőtt. Hasonló szépsé-

gű, mintegy 30 ezer éves, tengeri csigákból és kagylókból készült nyakláncokat találtak Ausztrália északnyugati részén is. Még ezeknél a leleteknél is fantasztikusabb az a csigából álló réteg, amely a Cavillonban feltárt felső-paleolit koponyát frizuraként borította. A csigákat vörös színű, vasas okkerrétegbe ágyazva rögzítették a koponya tetején. Feltételezhető, hogy ennek a díszítésnek társadalmi rangjelző szerepe lehetett, csakúgy, mint az olaszországi Riviérán található *Grotte des Enfants* barlangban feltárt, gazdagon díszített gyermeksírok esetében, ahol a tengeri csigákból álló díszek valószínűleg a társadalmi rang öröklésének legkorábbi bizonyítékait jelentik. A barlangi rajzokhoz, festményekhez, karcokhoz és a különböző csont- és kőszobrokhoz hasonlóan ezek a csiga- és kagylóleletek a felső paleolitikumban élt emberek fejlett esztétikai érzékét, és puhatestűek házaiból készült ékszerek világméretű terjedését és halotti kultusz és temetési szertartás kialakulását bizonyítják.

A csigaékszer paleolitikumot követő felhasználásának egyik legszebb példája a jerikói, a Natuf kultúrához tartozó, mintegy 10 ezer évvel ezelőtti emberi koponya, ahol a gipszből készült arcnak kauricsigákból voltak a szemei. Az emberi telephelyekkel egyidős tengeri csigák nemcsak a kőkorszak emberének rendkívüli esztétikai érzékét, a temetkezéssel kapcsolatos vallási rítusait, hiedelemvilágát világíthatják meg, hanem segíthetnek tanulmányozni az egykori kereskedelmi kapcsolatokat is. Erre legalkalmasabbak a tengeri fajok, mivel ezek beszerzése azokon a területeken, amelyek távolabb találhatók a tengerektől, mint hazánk is, csak kereskedelem útján történhetett. Az ékszerként használt tengeri puhatestű leletek elterjedése alapján a beszerzés helye és a kereskedelmi útvonalak rekonstruálhatóvá válnak. Ezeknek a segítségével pedig tanulmányozni lehet az egykori népcsoportok, kultúrák közötti kapcsolatokat is. A Kárpát-medencében és környékén 6500–



37. ábra.

Gorzsa késő-neolitik tellen feltárt *Unio pictorum* kagylóhéjból kialakított ékszer (Sümegei, 2000 nyomán).

4500 évvel ezelőtt élt neolitik emberek rendkívüli módon kedvelték a tüskésosztriga (*Spondylus gaedero-*
pus) kagylóból készült különböző ékszereket, nyakláncokat, karpereceket. A malakológiai és a korábban már bemutatott izotóp analitikai vizsgálatok alapján az felhasznált kagyló, a tüskésosztriga a Földközi-tengerben is élt. Így a Kárpát-medencében kimutatott jelentős számú, neolitik telepről, vagy temetkezési helyről előkerült *Spondylus* héjából készült ékszerlelet alapján feltételezik, hogy a neolitikumban kereskedelmi kapcsolat alakult ki a Mediterráneumban és a Kárpát-medencében élő népcsoportok között. Ezt bizonyítja a Tiszapolgár-Csőszhalmon, *Raczkó Pál* régészprofesszor vezetésével feltárt sok tüskésosztriga kagylóból készült ékszeren túl az a hajfonatdísz is, amely szarvascsontból, márványból és a Földközi-tengerben is elterjedt három nagy mandulakagyló (*Glycymeris glycy-*
meris) héjának a kombinációjából áll. A tengeri csigák mellett jelentős azoknak az ékszereknek a száma is, amelyek a helyi édesvízéből származó csigák, kagylók, vagy szárazföldi csigák héjainak a felhasználásával készültek. Az egyik legszebb példa erre a Polgár-Csőszhalomnál talált nyaklánc, amely 84 db, folyóvízben, köztük a Tiszában ma is élő kavicscsiga (*Lithoglyphus naticoides*) héjából, valamint 15 tüskésosztrigából csiszolt gyöngyből,

csiszolt márványból és szarvasfogakból állt. Ugyancsak késő-neolit kori rétegből, de Dél-Magyarországról, Gorzsáról került elő egy festőkagyló (*Unio pictorum*) bal teknőjéből készült nyakék (37. ábra), Horváth Ferenc egyetemi docens vezette ásatás során.

Ezek a példák bizonyítják, hogy a kőkorszakban értékes ékszer nyersanyagnak tartották a puhatestűek héjait. A kőkorszak lezárulását és a fémkorszak kialakulását követően is használták a különböző csigákat, kagylókat, de társadalmi presztízszük, érték kifejező funkciójuk fokozatosan háttérbe szorult a különböző rézből, aranyból, ezüsből, bronzból, később pedig üvegből készült ékszerek mögött. Viszont a csiga- és kagylóékszereknek ismeretese az esztétikai élményen túlmutató funkciójuk is, amelyek bizonyos hiedelmekhez, szokásokhoz kapcsolódtak. A csigákból és kagylókból készült védő, rontásűző amuletteket általában a gyerekek csuklójára erősítették, vagy nyakláncként használták. Ilyen amuletteket tárt fel Selmeczi László régész a XIII. században Magyarországra betelepült jászok temetőiben is. A csiga- vagy kagyló-amulettek rontásűző hiedelme a kazáni tatároknál és a baskiroknál szinte napjainkig fennmaradt. A puhatestűeket felhasználták még az agyagedények díszítésénél is, ahol a fésűskagyló (*Chlamys*) bordáinak a fésűszerűen kiálló végeivel karcoltak különböző vonalakat a puha, kiégetés előtt lévő agyagedény oldalára. Ez a díszítéstechnika különösen a közel-keleti, neolit kultúráknál terjedt el.

A bronzkorban a puhatestűek héjainak egy újabb felhasználási módját fejlesztették ki. Az agyagedény külső oldalába karcolt díszítő vonalakba kagylók, csigák héjából őrlött port dörzsöltek, majd kiégették az edényt. A speciális díszítésű edényeik nyomán *mészbetétes edények* kultúrájának nevezett népcsoport települései a Dunántúlon találhatóak, de magas színvonalú fazekas munkával elkészített kerámiáik a Kárpát-medence szinte minden részére eljutottak. A Kulcsár Gabriella és Kős Viktória, MTA Régészeti Intézetének munkatársai vezette balatoni ásatások során kiderült, hogy a mészbetétes kultúra fazekasai jelentős mennyiségű, megközelítőleg azonos nagyságú (tehát szelektálva gyűjtött) *Lymnaea stagnalis* (nagy mocsári csiga) héjait használták fel az edények mészbetétjének elkészítésekor. Valamennyi csigahéj csúcs törött volt és a törések felszínén apró mészkínővéseket lehetett kimutatni. Ezek a héjsúcson kimutatható növekedési rendellenességek a mozgó vízi fáciesben élő, elnyúlt, toronyszerű csigákra jellemzőek és valószínűleg az áramló víz hatására letört csúcson, a héjak hidrodinamikai stabilizálására szolgáló héjcsomók alakultak ki. A leleteken megfigyelhető jellegzetességek alapján a *Lymnaea stagnalis* héjakat valószínűleg a Balaton déli, homokos partján kialakult hullámverési övben gyűjtötték. A héjak – ahogy néhány természetes, feltöltés nélküli partszakaszon ma is megfigyelhető a Balatonon – a hullámverés hatására gyakran összemosódnak, szőnyegszerű foltokat, halmokat (ún. „lumasellát”), héjturzást alkotnak. Az egykori héjturzásokból viszonylag gyorsan begyűjthetővé vált az a héjmennyiség, amely a mészbetétes edények készítéséhez szükséges volt. A lelőhely környezetének régészeti geológiai feltárása alapján a somogyi dombok közötti meridionális völgybe mélyen benyúló homokos aljzatú öböl helyezkedett el a bronzkorban a feltárt lelőhelytől csak néhány száz méterre.

A puhatestűeknek a fentebb felsoroltak mellett ismeretese az ókorig, őskorig visszanyúló, különös felhasználási módjai is. Bizonyos trópusi kultúrákban a különböző puhatestűeket, elsősorban a ritka, rendkívül szép és nehezebben gyűjthető porceláncsigákat (ún. *kauri* csigákat) pénzként is használtak (pénzkauri – *Cypraea moneta*). Ugyancsak trópusi területen, elsősorban az Indiai-óceán partvidékén a tritoncsigák nagyobb házaiból kürtöket készítettek. A puhatestűek egyik ősi, lábasfejűek közé tartozó csoportját alkotják

a csigaházaspolipok (*Nautilus*-félék). A csigaházaspolipoknak a kivésett héjait ivókürtként, illetve mécesként használták egyes indiai és kínai bronzkori kultúrákban. A polinéz, ausztrál kultúrákból jelentős számú kagylóból készült kék és sávos bíborcsigák testnedvéből az ókortól kezdődően a rendkívül értékes bíborfestéket sajtolták ki. A puhatestűeknek az ilyen irányú felhasználásait az archimetriai vizsgálatok során kutatják.

5.2.2. Szárazföldi rovarok régészeti geológiai felhasználása

A Földünk legnépesebb csoportját alkotó rovarok (*Insecta*), közülük is elsősorban a bogarak (*Coleoptera*) rendjének maradványai igen jelentős számban kerülnek elő a környezettörténeti és régészeti lelőhelyekről. A bogarak mind a szárazföldi, mind az édesvízi környezetben igen elterjedtek, a fajok jelentős része igen érzékeny a környezeti tényezőkre, vagyis jelenlétük alapján jól rekonstruálhatók az egykori környezeti feltételek, elsősorban a tenyészidőszak hőmérséklete. Mivel a negyedidőszaki bogárfauna jelentős része (hasonlóan a negyedidőszaki Mollusca-faunához) napjainkban is él, így környezeti igényük vizsgálható, és a recens adatok, valamint a fosszilis bogár maradványok összehasonlító elemzése alapján igen jól rekonstruálható őskörnyezeti és őshajlati eredményeket nyerhetünk és megismerhetjük a régészeti lelőhelyek környezeti hátterét. A régészeti lelőhelyekről jelentős számú mezőgazdasági rovar kártevő, farontó bogár, emberi településekhez kötődő, vagy trágyalakó bogarak maradványai kerültek elő, így vizsgálatuk, az ún. „paleoentomológiai” vizsgálatok kiemelkedő jelentőségűek az egykori ember és környezete viszonyának feltárásában.

A bogarak kitinből álló maradványai szinte minden üledéktípusban megmaradtak, de a legjelentősebb mennyiségű bogármaradványt az oligotróf tavak és a tőzeglapok üledékeiből ismerjük. A bogarak kitinből álló maradványait kialakult technika alapján nyerik ki az üledékből. Amennyiben az üledékben jelentős karbonát tartalom mutatkozik, akkor enyhén savas oldattal, ha jelentős szerves anyag tartalom jelentkezik hideg, 5%-os KOH oldattal szétoszlatják az üledéket. Jelentős agyagtartalomnál calgon oldószert és hideg vizet centrifugálást használnak. A dezintegrálást követően a maradványokat tartalmazó szuszpenziót 100–300 μm átmérőjű szitaszöveten keresztül szűrik, majd olajjal vagy *kalciumkloridos* oldattal kevert hideg vízben, a felülúszó részből kiválogatják a bogármaradványokat. Ezt követően a kitinváz maradványait alkohollal víztelenítik és a kezelt maradványokat mikroszkópi, pásztázó elektronmikroszkópi vizsgálattal meghatározzák. A fosszilis bogármaradványok esetében elsősorban a szárnyfedők, a torfedő kitinrészek és a fej kitinkapszulái kerülnek elő. Így a régészeti és környezettörténeti lelőhelyekről előkerülő kitinmaradványok esetében a különböző kitinrészek pásztázó elektronmikroszkóppal megismert mikrostruktúrája nyomán határozzák meg a maradványokat, úgy, hogy a recens bogarakon hasonló összehasonlító vizsgálatokat végeznek, és ennek nyomán azonosítják a maradványokat. Az eddigi kutatások alapján a kitinváz külső mikrostruktúrája, apró szerkezeti jegyei 200–300 szoros nagyításnál jól megfigyelhető. A szerkezeti jegyek mellett a kitinvázon, elsősorban a szárnyfedőkön fennmaradt rajzolatokat, a tor alakját, szárnyfedő és tor végén megfigyelhető kinövéseket is felhasználják a határozáshoz. A lárvákat a fej és a tor felszínén található morfológiai bélyegek alapján határozzák meg.

A bogarak rendkívül érzékenyek a környezet különböző tényezőire, a tenyésztési időszak hőmérsékleti, páratartalmi viszonyaira, a tápláléknövények, vagy prédák, gazdaállatok számának változására. Kiemelkedő jelentősége van a bogármaradványoknak, mert a bogarak jórészt csak egy vagy két növényfajt, annak élő lombját, esetleg lehullott leveleit fogyasztják, vagy egy fajnak a parazitái, azaz táplálékspecialisták, így jelenlétük és terjedésük alapján igen jelentős ökoszisztémái következtetések vonhatók le. A negyedidőszaki bogármaradványok alapján elsősorban az egykori júliusi középhőmérsékletek rekonstruálhatók, Coope, birminghami kutató recens elterjedési területet elemző módszere alapján. A recens bogarak elterjedése nyomán Coope és munkatársai megrajzolták a maximális (az elterjedési területen található legmelegebb hónapok) és a minimális (az elterjedési terület leghidegebb hónapok) hőmérsékleti tűrtartományát a különböző bogárfajoknak. Majd a különböző környezettörténeti és régészeti lelőhelyekről előkerült, a kutatások nyomán ismert és eltérő hőmérsékleti tűrtartománnyal rendelkező bogarakat használták fel az egykori éghajlat rekonstrukciójára olyan módon, hogy a két vagy több bogár alapján rekonstruált hőmérsékleti tűrtartományt egymásra vetítették és az átfedő hőmérsékleti tartományrészt tekintették az egykori hőmérsékletnek.

A régészeti és a paleoentomológiai kutatások egyik igen jelentős területe az egykori kultúrák emberinek a csontba és kőbe vésett bogárrajzait vizsgálja és azonosítja. Ugyancsak nagy jelentőségű tanulmányokat készítettek a holocén bogármaradványok alapján a nyugat-európai, emberi hatásokra történt erdő visszahúzódasokról, a szántóföldi művelés előretöréséről, a hőmérsékleti változásokról. Régészeti szempontból az egyik legjelentősebb paleoentomológiai tanulmányt *Girling* és *Greig* brit kutatók jelentették meg a londoni *Hampstead* neolitikus kori lelőhelyének vizsgálata nyomán. A lelőhelyen sikerült kimutatni a nagy szilfakéregeszű (*Scolytus scolytus*) maradványait, egy olyan rétegből, amely megelőzte az 5000 évvel ezelőtt bekövetkezett szilfa pollen visszacsúsi szintet (*Ulmus decline zone*). Korábban ezt a pollenszűkülési szintet éghajlati változással, talajromlással, a neolitikus közösségek erdőirtó tevékenységével hozták összefüggésbe. A nagy szilfakéregeszű viszont terjeszt egy olyan kórokozó gombát, amelynek hatására a szilfák elpusztulnak (a XX. század második felében is kialakult ez a *holland szilfetelegység*). Ez a paleoentomológiai adat felveti a lehetőségét annak, hogy a szilfák kipusztulása, az erdők felnyílása Nyugat-Európában a neolitikum során nem a közösségek erdőirtó tevékenysége, hanem egy betegség terjedése nyomán következett be.

Magyarországon régészeti lelőhelyekről ez ideig a középkori Szentkirályról (XVI–XVII. század) és a tatárjárás során elpusztult középkori ópusztaszeri monostor beomlott középkori kútjából (XIII. század) került elő jelentős mennyiségű bogármaradvány. Az ópusztaszeri több száz bogármaradványt *Elek Zoltán*, a Debreceni Egyetem PhD hallgatója határozta meg a tankönyv írójával végzett közös kutatómunka nyomán. A kútból előkerült maradványokból 17 taxont sikerült meghatározni (8. táblázat). A kútból szinte azonos arányban kerültek elő az építményekben lakó, vagy állattenyésztést jelző ízeltlábúak (csótányok – a *Blaps* nemzetség fajai, *Scarabeus affinis*, *Odonates armiger*), mezőgazdasági kártevők, gabona- és zöldségkárosítók (*Elater*, *Opatrum sabulosum*, *Silpha obscura*, *Curculionidae*), természetes erdőlakó, puhafás és keményfás ligeterdőkben élő elemek (*Carabus granulatus*, *Dorcus parallelepipedus*). Ez a bogárfauna összetétel azt bizonyítja, hogy a középkorban kialakított gazdálkodási forma még nem pusztította el a természetes élőhelyeket a monostor környékén. Így mozaikos növényzet vette körül a vizsgált terü-

etet, ahol a természetes, kevésbé bolygatott tölgyerdők, vízparti ligeterdők is fennmaradhattak, ugyanakkor kertkultúrát, legelőket, szántókat is rekonstruálhattunk. A balkáni elterjedési centrummal jellemezhető szent galacsinhajtó (*Scarabus affinis*) kiemelkedő arányú jelenléte az ópusztaszeri faunában igen fontos környezettörténeti adat. Mivel ennek a fajnak jelentős dominanciája alapján az egykori júliusi középhőmérséklet mintegy 1,5°C-szal magasabb lehetett, mint napjainkban. Hazánkban ez a régészeti lelőhelyről származó fosszilis bogárfauna alapján készült feldolgozás még egyedülálló.

Fosszilis bogármaradványok		
Bogártaxonok	Elterjedés	Jelzőértéke
<i>Carabus granulatus</i>	Palerktikus, ligeterdei	Természetes erdők
<i>Harpalus</i> sp.	Palerktikus, ligeterdei	Természetes erdők
<i>Pterostichus melanarius</i>	Európai szántóföld, legelő	Mezőgazdasági kártevő
<i>Elater</i> sp.	Európai, erdőlakó	Fakártevő
<i>Dorcus parallelepipedus</i>	Európai, erdőlakó	Tölgyfakártevő
<i>Odonatus armiger</i>	Európai, trágyalakó	Állatsordák, istállók
<i>Aphodius</i> sp.	Holarktikus, trágyalakó	Állatsordák, istállók
<i>Scarabeus affinis</i>	Balkáni, trágyalakó	Ménések, birkanyáják, istállók
<i>Copris lunaris</i>	Eurázsiai	Természetes erdők
<i>Blaps lethifera</i>	Eurázsiai, települések	Építmények (házak, stb.)
<i>Blaps mortisaga</i>	Eurázsiai, települések	Építmények (házak, stb.)
<i>Opotrum sabulosum</i>	Európa, homoki erdőlakó	Fakártevő
<i>Silpha obscura</i>	Eurázsiai, erdőlakó	Fakártevő
<i>Valgus hemipterus</i>	Holarktikus, viráglakó	Rét, legelő, kertészet
<i>Cearambyx scopolii ablineatum</i>	Európai, gyeplakó	Mezőgazdasági kártevő
<i>Curculionidae</i>	Európai, települések, kertek	Mezőgazdasági kártevő
<i>Heptaaulacus sus</i>	Európai, gyeplakó	Mezőgazdasági kártevő

8. táblázat:

Az ópusztaszeri, tatárjárás során elpusztult monostor kútjában feltárt bogármaradványok

A régészeti lelőhelyek mellett környezettörténeti lelőhelyen is sikerült hazánkban jelentős holocén korú bogárfaunát gyűjteni. A Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszékének a hajósi lápterületen mélyített kutatófúrásaiban jelentős faj- és egyedszámú, holocén korú bogárfaunát sikerült KISS Andreának, a Természeti Földrajzi Tanszék oktatójának kimutatnia, így először nyílik lehetőség a Kárpát-medencében radiokarbon adatokkal meghatározott korú holocén szelvényből származó makrobotanikai, pollen-, Mollusca-, és bogármaradványok alapján régészeti szempontból is kiemelkedő jelentőségű környezeti rekonstrukciót elkészíteni.

5.2.3. Gerinces maradványok vizsgálata

A környezettörténeti és a régészeti lelőhelyek egyik legszembetűnőbb leleteit a gerinces maradványok alkotják. A gerinces faunának viszonylag gyors evolúciójának és a gerinces anyagon megfigyelhető morfológiai változásoknak köszönhetően a régészeti szempontból is fontos negyedidőszaki rétegtani vizsgálatokban jelentős szerepet játszik. A régészeti szempontból is jelentős környezettörténeti lelőhelyeken feltárt fosszilis gerinces közösségek vizsgálatánál a legfontosabb jellemzők a fajgazdagság, a különböző taxonok relatív gyakorisága, a csoportok tér- és időbeli ökológiai értelemben vett mintázata, sokszínűsége. A történeti állattan a történelem előtti és a történelmi korok emberének környezetében előforduló állatokat vizsgálja. Vizsgálatának tárgya lehet a régészeti lelőhelyeken feltárt állatcsont anyag (*archeozoológia*), a közelmúlt ember és állat kapcsolata (*ethnozoológia*), állatábrázolások (például egyiptomi sírok falának ábrái, vagy a paleolitikum emberének festményei, kő- és csontfaragásai), valamint ilyen kutatási terület lehet az egykori állatállománnyal kapcsolatos írásos emlékegy, gazdasági feljegyzések, tenyésztési adatok, állatokról adott földrajzi elnevezések (például Hód-tó).

A negyedidőszaki rétegekben feltárt csontok elpusztulási (*tanatocönózis*) és betemetődési (*tafocönózis*), azaz természetes úton felhalmozódott őslénytani anyagot alkotnak. A régészeti lelőhelyeken található gerinces maradványok az ember gazdasági és társadalmi tevékenysége során, azaz szelektálva temetődtek el és maradtak fenn (*antropogén tanatocönózis*). Mind a paleozoológiának, mind az archeozoológiának kutatási tárgya az állatcsont. A negyedidőszaki rétegek egyik legjellegzetesebb gerinces maradványai, az emberi csontanyag. Ezek a leletek és hozzá kapcsolódó társadalmi emlékegyek (temetkezési, szertartási nyomok megléte vagy hiánya) igen fontosak múltunk megismerésében, a biológiai és társadalmi evolúció folyamatainak megértésében, ezért feltárásuk és feldolgozásuk elkülönül a többi gerinces maradvány feldolgozásától és a történeti embertan (paleo-antropológia) tárgykörébe tartozik.

A gerinces leleteket mérjük alapján *makrogerinces* és *mikrogerinces* anyagra oszthatjuk. A mikrogerinces anyag kinyerése hasonló a makrobotanikai és malakológiai anyaghoz, a rétegekből vett, bemért mennyiségű üledéket lisztszítán átmossuk és az iszapolt, kiszárított anyagból válogatjuk ki a gerinces maradványokat. A makrogerinces anyag kiemelése (pl.: mamut, őstulok, vagy szarvasmarha csontok) a csontok mérete miatt már jelentősebb földmunkát, régészeti feltárást igényel. A feltárás során ezeknek a csontoknak a térbeli helyzete igen fontos, régészeti jelentőségű információkat hordozhat, ezért a kutatók az egyes járósínek, hulladékgyűrtök, húsdepók helyzetét rögzítik, így az archeozoológus és a régész ezek nyomán jelentős következtetéseket vonhat le az állatok feldolgozásáról vagy az egyes épületek egykori felhasználásáról.

A legújabb környezettörténeti megközelítés alapján a gerinces fajokat nem a recens állapotok alapján megfigyelt ökológiai kategóriákba sorolja, hanem funkcionálisan próbálja a gerinces faunát kezelni. Mennyiségileg jól meghatározható jellemzőket vizsgálnak (pl. testtömeg), és ezek eloszlásából (ún. „*cenogram*”) és helyzetéből következtetnek a egykori gerinces közösségek ökológiai jellemzőire. Ennek a megközelítésnek a legnagyobb hibája, hogy csak olyan közösségekre használható, ahol ugyanazok a funkcionális jellemzők mérhetők, és így nem alkalmazható különböző fajokból álló fauna közösségekre. A fosszilis

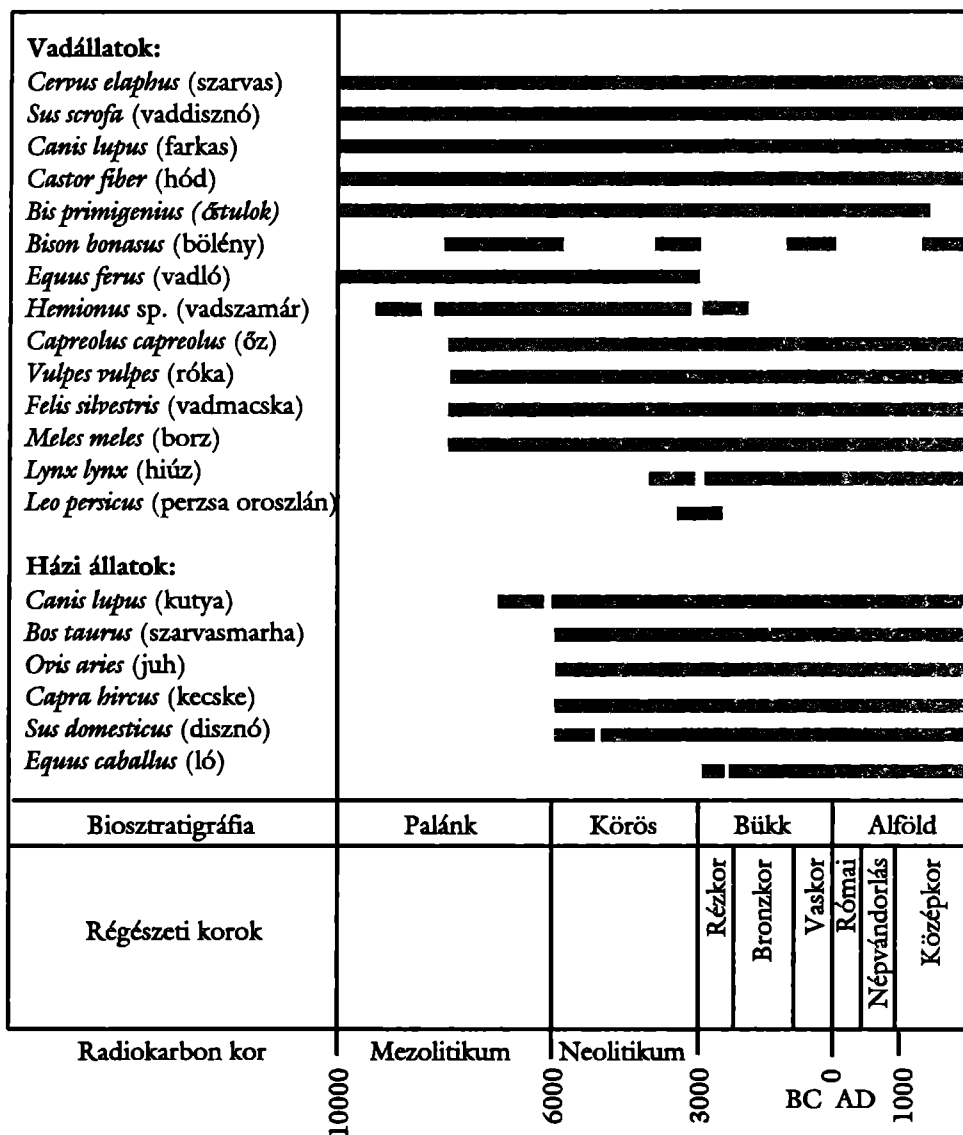
gerinces közösségek ökológiai jellemzői elsődlegesen a leletek morfológiai elemzésén alapulnak. Minden fontos fajra jellemző változónál (pl. táplálkozás) a gerinces taxonokat kategóriákba tudjuk sorolni, amelyeket ökológiai típusként kezelhetünk (pl. lombevő, legelő, ragadozó, rovarevő stb.). Az ilyen ökológiai típusok eloszlásai alkotják a rendszertani besorolástól függetlenül készített legújabb gerinces faunisztikai vizsgálatokat az ún. „*taxon-free*” jellemzések alapelveit. Ezek a környezettel összefüggést mutató ökológiai típusok funkcionális morfológiai következtetéseken alapulnak, ezért ökomorfoknak nevezik őket.

Mivel ilyen irányú vizsgálatokat elsősorban a környezettörténeti lelőhelyeken feltárt, természetes módon beágyazódott fauna alapján végeztek, ezért az emberi megtelepedési pontokról, településekről előkerült faunát (leszámítva a legkorábbi emberi megtelepedéseket) más megközelítésben dolgozzák fel. A lelőhelyeken feltárt gerinces faunát környezettörténeti és régészeti szempontból egyaránt értékelni kell. Külön kell értékelni a vadászott állatokat (ha vannak) és külön a háziasított állatokat (ha vannak). Természetesen nagyon fontos következtetéseket lehet levonni a vadászott és tenyésztett állatok arányának változásából is. A vadászott állatok minőségi (faji) összetétele egyrészt függött a környezettől, amelyben a vadászott állatok éltek, másrészt a közösség szervezettségétől, igényétől, a vadászati hagyományoktól. A vadászott állatok mennyisége az őskorban feltehetően a természetes arányokat tükrözte vissza. Később a fennmaradásért folytatott hús-vadászat fokozatosan átalakult és trófea-, presztízs- és sportvadászat váltotta fel. Ilyennek tekinthetjük az asszír királyok képeken, domborműveken is megörökített oroszlánvadászatát, a fáraók nílusi víziló- és madárvadászatát. A vadászott gerinces állatok maradványainak vizsgálatával nemcsak a közösségek, vagy az egykori környezetről vonhatunk le következtetéseket, hanem az egyes fajok megjelenésével és eltűnésével, a fajok dominancia változásaival pontos kronológiai adatokat, gerinces biosztratigráfiai egységeket alakíthattunk ki (38. ábra).

A régészeti és környezettörténeti célú gerinces faunisztikai vizsgálatoknak az egyik legfontosabb területe a *történeti állatföldrajz*. Ez a tudományág a fajok elterjedésével, az állattársulások tér- és időbeli fejlődésével, szukcessziós változásaival foglalkozik. A szukcesszió során az életközösségek összetétele jellegzetes változásokon megy át. Egy új környezeti állapot (szukcessziós stádium) kialakulásakor a környezeti paraméterek erősen változnak és ez a jelentős növekedési rátájú fajoknak (ún. „*R-stratégisták*”) kedveznek, a közösség gyengén strukturált, a fajszaám alacsony. Később a környezet stabilizálódásával a jobb versengési képességgel jellemezhető fajok („*K-stratégisták*”) jutnak túlsúlyba, nő a fajszaám (diverzitási érték), és a gerinces fauna közösségei és a környezet között egyre bonyolultabb kapcsolatok alakulnak ki.

A régészeti lelőhelyekről előkerült csontok alapján nagy jelentőségű vizsgálatokat végezhetünk a házi állatok történetével és eredetével kapcsolatban. Régészeti szempontból a háziállatok csontjainak értelmezése a legbonyolultabb, mert az ember háziállatait célja szerint tartotta a maga által választott, módosított környezetben. Rájuk a tenyésztés során a hagyomány és az egykori divat egyaránt hatott. Maradványaik tehát többféle kulturális hatást is hordoznak, így a régészeti kutatás értékes forrásai. Az archeozoológia a csontok állattani meghatározása, méreteik statisztikai elemzése és különleges alaktani tulajdonságaik értelmezése alapján von le történeti következtetéseket. A környezettörténeti lelőhelyekről előkerült természetes felhalmozódású csontanyagtól eltérően a régészeti állat-

maradványok az egykori szándékos és/vagy véletlenszerű emberi tevékenység nyomait egyaránt viselik, és ez a tisztán természettudományos elemzést nehezíti. Az állatmaradványokból hagyományosan felvázolt történelmi rekonstrukció háttérben tehát érvényesül egy másik folyamat is. A csontleletek felhalmozódásának, pusztulásának, megmaradásának a következtetéseinket is meghatározó története. Ez az állattani értékelést zavaró kulturális hatás azonban maga is egykori kultúrát jellemző régészeti adat.



38. ábra.

A kárpát-medencei vademlősök és házi emlősök megjelenése és kihalása a holocén során (Vörös, 1998 nyomán).

Nagyon fontos mind a vadászott, mind a háziállat csontok elemzésénél az ún. „*hasznos húsmennyiség*” megállapítása. Ezt az anatómiai és életkor szerinti csoportosítással, az egyedszám figyelembe vételével lehet kialakítani. A fiatal állatok életkorának megállapításával akár a levágásnak, vagy elejtésnek az évszakát is megállapíthatják.

A háziasítás (*domesztikáció*) során az emberi igényeknek megfelelően kitenyésztett állatfajok száma, összehasonlítva a termesztett növényekkel, igen kevés és különböző funkció alapján csoportosíthatjuk azokat. A háziállatok közül elkülöníthetünk gazdasági haszonállatokat (ún. „*élő hústartalékokat*”), védő és segítő háziállatokat, valamint hobby állatokat és kísérleti állatokat. Az utóbbi két csoport fejlettebb társadalmakban jelentkezik csak, a háziasítás kezdetén és a magaskultúrák kialakulásának idején csak az első két csoport alakult ki. A háziasítás csak a folyamatosan együtt élő csordaállatoknál volt sikeres és maga a folyamat több lépésből állt, a befogástól, a szelídítésen keresztül a génanyag tudatos megváltoztatásáig, a tenyésztésig. Ez a folyamat mindig több emberi és tenyésztett háziállat generációt fog át. Legjobb példa erre a legelsőként domesztikált kutyának a története. Ha egy kutya átlagos élettartalmát 10 évnél vesszük, egy átlagos emberét 40–50 évnél, akkor a kutyák mintegy 200–300 embergenerációnak és 1000–1200 kutyageneráció együttéléséből származó változásokat hordoznak magukban. Az egyes állatfajok át is minősülhetnek a tenyésztés folyamán, például a lovat kezdetben hústartalékként kezdték tenyészteni, majd segítő háziállat lett, míg a tenyésztés kezdetén a kutya védő és segítő háziállatként jelentkezett (a legtöbb kultúrában ez a funkciója meg is maradt), de később több kultúrában (Közép-Amerika, Távol-Kelet) több kutyafajtát tenyésztettek ki húsállat célú hasznosításra is.

A háziasítás folyamán az állatok elveszítik eredeti életterüket, táplálékukat és a természetes szaporodási lehetőségeiket és az állatgenerációk váltása felgyorsul. A korai háziasítás során az állatok külső morfológiai és belső, genetikai tulajdonságai is megváltoznak. A testméret általában csökken, a testalkat, csontszerkezet, köztük a koponya mérete, formája, a szőrzet hossza és összetétele megváltozik, az előagy jelentős mértékben lecsökken. Ezek a változások jelentős genetikai átalakítás eredményeként jöttek létre. A morfológiai változások jelentős része abból adódott, hogy az állatcsordák genetikai és sok esetben fizikai védelmét is ellátó, a csorda életét irányító *alfa-egyedet* (a csorda legéletképesebb, általában legerősebb és legagresszívabb egyedét, a „*csorda vezérhímjét*”) az ember kiszekeltáta és gyengébb fizikumú, kevésbé életképes, kevésbé agresszív (kevesbé önálló) egyedeinek nyújtott lehetőséget a szaporodásra. Genetikai védelemnek tekintjük, hogy a csordaállatoknál a legéletképesebb egyed, a vezérhím döntő vagy kizárólagos szaporodása a lehető legéletképesebb utódok megjelenését biztosította. Az ember így átvitt értelemben a csordaállatok életét irányító alfa-egyeddé vált a háziasítás során. Ez a funkció nagyon sokszor szellemi irányítást is jelent (legjobb példa erre a kutya esete). A háziállatok állományát fenn kell tartani, gondozni, védeni, ellátni kell, ezt már a korai domesztikációtól kezdve biztosítani kellett, míg a tudatos tenyésztés valószínűleg később alakult ki. A háziállatok egy vagy több őstől származhatnak (*mono-* vagy *polifiletikus* származás) és háziasításuk a Földünk egy vagy több pontján (*mono-* vagy *policentrikus* domesztikáció nyomán) is megvalósulhatott.

A legelső, még vadászközösségek által domesztikált állat a kutya (*Canis familiaris*) volt, amely Európában és Közel-Keleten megközelítőleg 11 ezer éve jelent meg. A csonttani vizsgálatok nyomán több őstől (vadkutya – *Canis sp.*, farkastól – *Canis lupus*, sakáltól

– *Canis aureus*) származtatják, a legújabb, átfogó genetikai vizsgálatok viszont a monofiletikus (egy őstől való) származást valószínűsítik. A legkorábbi élelmiszertermelő és az intenzív élelmegyűjtő közösségek a vadkecskét (*Capra aegagrus*), vadjuhót (*Ovis ammon*), a vaddisznót (*Sus scrofa*) domesztikálták, míg a fejlettebb termelő közösségek az őstulkot (*Bos primigenius*), vadlovat (*Equus ferus gmelini*) és vadszamarat (*Asinus africanus*) domesztikálták. Ezeknek az állatoknak vad alakjaiból alakították ki napjaink legfontosabb tenyésztett haszonállatait, a kecskét (*Capra hircus*), a juhót (*Ovis aries*), a sertést (*Sus domesticus*), a szarvasmarhát (*Bos taurus*). Ezeknek a háziállatoknak az összetétele kultúrára, egykori környezetre is jellemző bélyeg, így a környezetrégészeti kutatásokban ezeknek a vizsgálata kiemelkedő szerepet játszik. A legkorábbi közel-keleti neolitik településekről a háziállatok közül még csak a kutya, a kecske és a juh került el, majd a neolitikáció terjedése és fejlődése során további háziállatok (sertés, szarvasmarha) domesztikációjára is sor került, de a juh-kecske dominancia mind a kis-ázsiai, égei, balkáni neolitik telepeken fennmaradt, majd a Kárpát-medence északi részén a juh-kecske aránya lecsökkent és a szarvasmarha, sertés aránya lett az uralkodó.

A magyarországi ásatások igen jelentős mennyiségű állatcsontot hoztak felszínre, mivel a hús mindenkor fontos tápláléka volt az embereknek. A régészeti ásatások állatmaradványainak vizsgálatát a XIX. század második fele óta szorgalmazzák hazánkban. Először *Kubinyi Ferenc* vont le az állattani leletekből régészeti következtetéseket még 1859-ben, de a jelentős mennyiségű, statisztikusan is értékelhető állatcsont lelet alapján végzett archeozoológiai elemzések csak XX. század második felében kezdődtek el, *Bökönyi Sándor* és *Matolcsi János* életműve nyomán. Kiemelkedő jelentőségű rétegtani, zooarcheológiai és környezetrekonstrukciós munkát végzett *Kretzoi Miklós* professzor a környezettörténeti és elsősorban a paleolitik lelőhelyekről előkerült csontok alapján. Napjainkban tanítványai, *Kordos László* és *Vörös István*, valamint *Bartosiewicz László*, az ELTE tanszékvezető professzora és felcsége, *Alice Choyke* és a fiatalabb generációból *Gál Erika*, *Mészáros Lukács* és *Gasparik Mihály* folytatnak jelentős gerinces paleontológiai és archeozoológiai munkát Magyarországon.

„Félelmetes érzés egy húszezer éve
eltemetett erdő csendjét felkavarni”

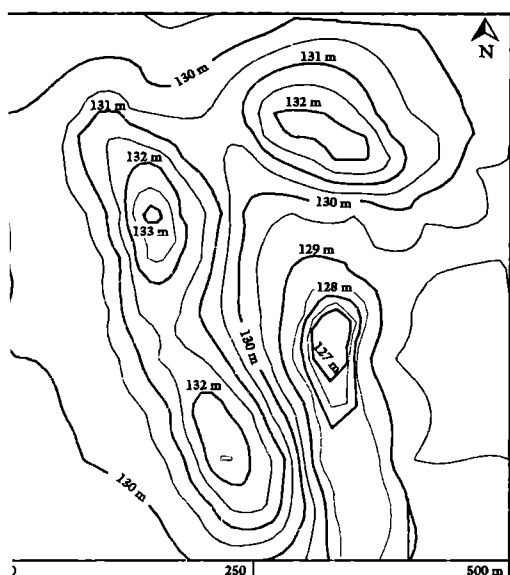
A bátorligeti láp fúrásának
jegyzőkönyvéből, 1993

6. A Bátorligeti láp – egy magyarországi példa a régészeti geológiai és környezettörténeti feldolgozásra és modellezésre

6.1. Felhasznált módszerek

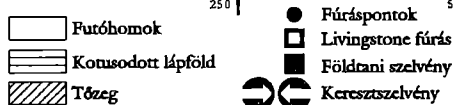
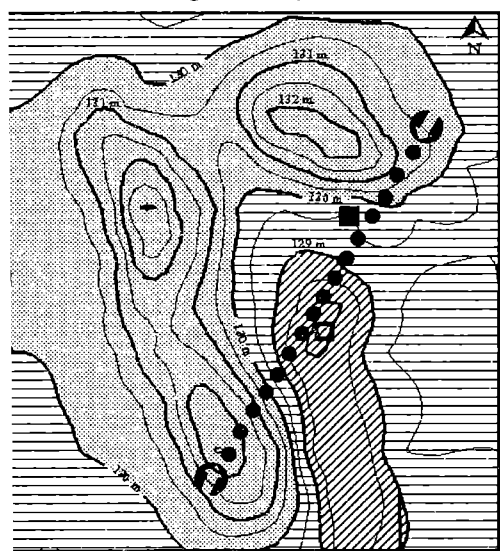
A régészeti geológiai, történeti ökológiai rekonstrukciónak kiemelkedően fontos magyarországi példáját a bátorligeti láp szelvényeinek feldolgozásán és értékelésén keresztül mutatjuk be. A bátorligeti láp Magyarország északkeleti részén, a magyar–román államhatártól mintegy két km-re Ny-ra, a nyírségi hordalékkúpon helyezkedik el. A területen részletes morfológiai fúrásokra, a kiásott földtani szelvény finomrétegtani mintavételezésére, a minták üledékföldtani, geokémiai, izotópgéokémiai, pollenanalitikai, makrobotanikai, malakológiai és gerinces paleontológiai vizsgálatára épített környezettörténeti elemzés készült. A geomorfológiai vizsgálatok a bátorligeti láp területén, a futóhomok buckán és környezetében végzett tengerszint feletti magasságmérésekre és az egyes üledékes egységeket feltáró fúrásokra alapozódtak. A magasságmérések és a fúrások rétegtani értékelése alapján elkészítettem a fekü homokképződményének morfológiai térképét (39. ábra), geológiai térképét (40. ábra), illetve 3D modelljét (41. ábra). Majd a Szegedi Tudományegyetem Természetföldrajzi Tanszékén dolgozó Kiss Tímea adjunktus munkája nyomán határoztuk meg a futóhomokforma fő morfológiai elemeit (41. ábra). A parabolaszárak közé zárt K–Ny irányban mintegy 220 méter széles, É–D irányban 490 m hosszú ún. „kifúvásos mélyedés” ideális üledékgyűjtőt alkot az őskörnyezeti vizsgálatokhoz. A bátorligeti területen motoros spirálfúróval, illetve a hazai térképezéseknél használatos Földvári fejjel 16 földtani térképező fúrást készítettünk.

A földtani térképező fúrások alapján a parabolaszárak között keresztshelvényt alakítottunk ki, amelynek segítségével az üledékgyűjtő medencében kifejlődött rétegek kiterjedését rajzoltuk meg (42. ábra). Az őskörnyezeti, környezetrégészeti, régészeti geológiai vizsgálatokhoz a zavartalan magkihozatalú sekélyfúrásokat a nemzetközi paleoökológiai vizsgálatok során elfogadott és használatos módosított Livingstone-, illetve Orosz-fejjel és az ún. „átlapoló” módszerrel mélyítettük le. A pollenanalitikai fúrás helyének a kifúvásos mélyedés legmélyebb pontját választottuk ki, ahol a legvastagabb, legteljesebb üledékrétegek fejlődtek ki. A fúrások mellett a parti zónában egy földtani szelvényt ástunk ki. A földtani szelvényt a szárazföldi fauna tanulmányozása mellett felhasználtuk az



39. ábra.

A bátorligeti láp fekütertérképe
(Sümege, 2002 nyomán).

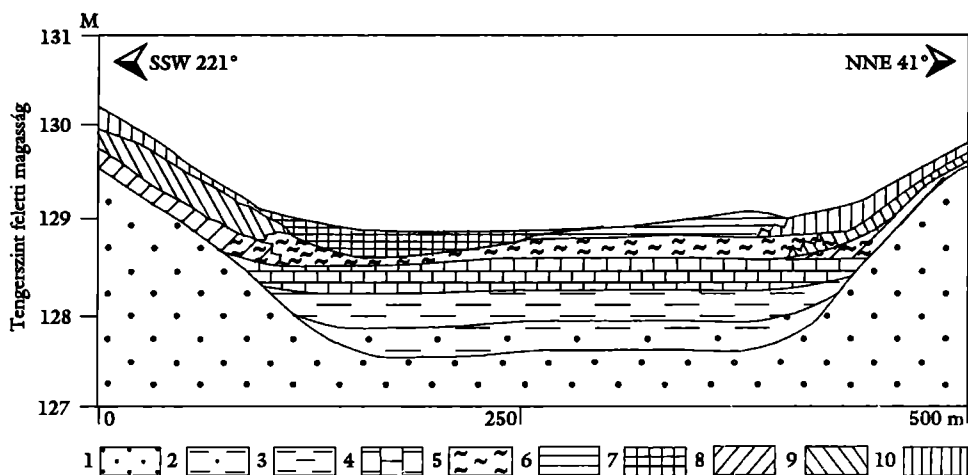


40. ábra.

A bátorligeti láp földtani térképe
(Sümege, 2002 nyomán).

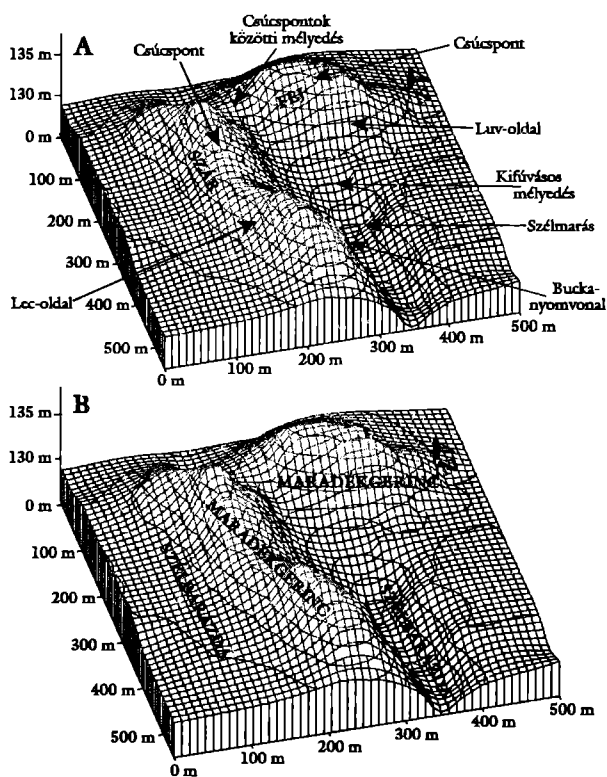
egykori tópart menti övezetben lejártszó-
dott események rekonstrukciójára is. A
fúrások átlagos mélysége 2 méter volt, a
földtani szelvényt 130 cm-ig, a fekü futó-
homok rétegig tudtuk lemélyíteni. A fú-
rások esetében 4 cm-ként végeztük a sze-
dimentológiai, geokémiai, malakológiai
és 2 cm-ként a pollenanalitikai vizsgálá-
tokat, míg a földtani szelvény üledékföld-
tani és őslénytani feldolgozása a finom-
rétegtani eljárásoknak megfelelően, 5 cm-
ként történt. A földtani szelvényből vett,
granulometriai elemzésre szánt minták
azonosak voltak a geokémiai, paleobota-
nikai, quartermalakológiai vizsgálatokra
felhasznált mintákkal. A fekszíntől, az
apróhomokos középfhomok rétegből nem
készült részletes fő- és nyomelemzés,
röntgendiffrakciós vizsgálat, mert a töme-
gesen fellépő, homokfrakciót alkotó, mál-
latlan szilikátok értelmetlenné tették az
ilyen irányú elemzést.

Az üledékrétegek színének leírásánál a
hazai és a nemzetközi talajtani és laza üle-
dékteni vizsgálatoknál használatos Mun-
sell színskálát követtük. Az üledékfácies
leírásai során a Troels-Smith-féle nemzet-
közi lazaüledék nevezéktani és szimbó-
lumrendszert alkalmaztuk. A granulomet-
riai elemzéseket Casagrande-féle arcomé-
teres módszerrel végeztük el. A szerves
anyag tartalom és a karbonát tartalom
meghatározására a Dean-féle izzítási eljá-
rást használtuk. Az üledékföldtani vizsgá-
latokat a földtani szelvényben feltárt édes-
vízi üledékrétegek csiszolatos mikrofacio-
lógiai elemzésével és a homokszemcsék
kvarcanyagának pásztázó mikroszkópos
morfológiai, faciológiai elemzésével egé-
szítettük ki. A radiokarbon-méréseket a
debreceni MTA ATOMKI Könnyűizotóp
laboratóriumában végezték el. A radio-
karbon adatokat kalibrált, kalendáriumi
radiokarbon évekre a Stuiver-féle, inter-
netről is letölthető CALIB 4.0 prog-



41. ábra.

A bátorligeti láp földtani keresztmetszvénye (Sümegei, 2002 nyomán).



42. ábra.

A bátorligeti futóhomok bucka 3D modellje és fő morfológiai egységei (Sümegei, 2002 nyomán).

ramcsomag segítségével készítettük el (9. táblázat). A radiokarbon adatokat felhasználtuk az egyes üledékrétegek ülepedési rátájának megajzolásához, az üledékrétegek korbelti kifejlődésének lehatárolásához. A radiokarbon vizsgálat mellett a bátorligeti láp centrumában mélyített fúrásból és a parti részen mélyített földtani szelvényéből származó minták esetében az üledék karbonátos anyagának $\delta^{18}\text{O}$ és $\delta^{13}\text{C}$ izotópelemzéseit is elvégezték. A frakcionált üledékmintákon a fő- és nyomelemzéses vizsgálatokat Dániel Péter készítette a debreceni Agrártudományi Egyetem Talajtani Tanszékének Laboratóriumában, ICP AES módszerrel, SPECTROFLAME műszerrel. Az üledékmintákban első lépésben leválasztottuk az agyag, finomkőzetliszt, durvakőzetliszt, majd a homokfrakciót és valamennyi frakción külön végeztük el a fő- és nyomelemzést. A fő-

és nyomelem vizsgálatok öt lépésben történtek, a desztillált vizes rázatástól a gyengén savas feltáráson keresztül a teljes feltárásig a módszertani részben bemutatott eljárásnak megfelelően. A bátorligeti földtani szelvény valamennyi mintáján röntgendiffrakciós méréseket végeztünk. A méréseket a Magyar Állami Földtani Intézetben *Kovács-Pálffy Péter* végezte el Philips PW 1710 diffraktométerrel. A röntgendiffrakciós vizsgálatokat AMRAY 18301 típusú pásztázó elektronmikroszkóphoz kapcsolt EDAX röntgenanalizátorral végzett mérésekkel egészítettük ki. Az EDAX mérések és a pásztázó elektronmikroszkópiás elemzések megvalósításában *Cserhádi Csaba* és *Beszeda Imre* fizikusok, a Debreceni Egyetem Kísérleti Fizikai Tanszékén lévő AMRAY-EDAX műszer kezelői segítettek. A láp centrumában mélyített zavartalan magfúrásból és a parti övben kialakított szelvényből származó, légszáraz üledékminták esetében szén- és nitrogénvizsgálatokat végeztünk a Debreceni Egyetem Agrártudományi Karának Műszerközpontjában.

Lelőhely	Méter (cm)	Kor (BP év)	Hibahatár (+/-)	CAL BP év	Kalendáriumi év	Kódszám (deb -)
2. szelvény	20 – 25	1925	78	1873	CAL AD 77	4379
2. szelvény	30 – 35	3055	55	3319	CAL BC 1370	5874
2. szelvény	45 – 50	7015	67	7836	CAL BC 5887	4362
2. szelvény	60 – 65	8212	75	9244	CAL BC 7295	4369
2. szelvény	70 – 75	8555	87	9532	CAL BC 7583	4370
2. szelvény	85 – 90	9816	69	11200	CAL BC 9251	4364
2. szelvény	95 – 100	10306	122	12115	CAL BC 10330	4374
1. szelvény	20 – 24	68	60	0	CAL AD 1951	2672
1. szelvény	32 – 36	524	40	536	CAL AD 1414	2675
1. szelvény	36 – 40	549	40	549	CAL AD 1406	2632
1. szelvény	40 – 45	1071	50	966	CAL AD 984	2662
1. szelvény	52 – 56	7142	80	7957	CAL BC 6008	2683
1. szelvény	73 – 81	9295	249	10432	CAL BC 8483	2677
1. szelvény	81 – 89	9339	130	10556	CAL BC 8607	2660
1. szelvény	96 – 104	10571	110	12649	CAL BC 10643	2658

1. szelvény = A bátorligeti láp centrumában mélyített Livingstone fúrásszelvény

2. szelvény = A bátorligeti láp peremén kialakított földtani szelvény

CAL BC = Krisztus születése előtt

CAL AD = Krisztus születését követően

9. táblázat:

A bátorligeti földtani szelvényekből származó radiokarbon mérések eredményei és a Stuvier et al. (1998) nyomán a CALIB 4.0 programmal készült kalibrált kalendáriumi adatok.

A pollenanyag feltárását és vizsgálatát a láp centrumában mélyített fúrásnál *Katherine Jane Willis* végezte a cambridge-i Egyetem Növénytani Tanszékén, a British Council-OMFB pályázat keretében, *Cwynar*-féle mikroszűréses, *Lycopodium* spóratáblázás és

Clark-féle pont-számolós módszert használva. A quartermalakológiai anyag elkülönítése során jelentős mennyiségű 2 mm-nél nagyobb faszenmaradvány és a felszíni mintákból magok és termések is előkerültek. A faszeneken antrakológiai feldolgozását *Rudner Edina Zita* végezte el, míg a karpológiai vizsgálatokban *Bajzáth Judit*, a Természettudományi Múzeum munkatársa segített. A quartermalakológiai anyagot mintaként 1 dm³ (2,6 kg) üledékből nyertük ki. A minták iszapolása során 0.5 mm lyukátmérőjű szitát használtunk fel. A határozás követően paleoökológiai besorolást készítettünk, amelyben a fajokat a hőmérséklettel, páratartalommal, növényzeti borítottsággal szembeni igényük, valamint recens elterjedésük alapján paleoökológiai és biogeográfiai csoportokba soroltuk. A quartermalakológiai vizsgálatok során jelentős mennyiségű gerinces paleontológiai anyag került elő a batorligeti szelvényből. A malakológiai vizsgálatra szánt mintákból kiválogatott csontanyag mellett a földtani szelvényből több mázsányi üledékanyagot emeltünk ki a részletes gerinces faunisztikai vizsgálatokhoz. Az általunk iszapolt és válogatott gerinces anyagot *Kordos László*, a Debreceni Egyetem magántanára, a MÁFI főosztályvezetője határozta meg és értékelte. A régészeti és környezettörténeti adatok közötti régészeti geológiai kapcsolatot egy időbeli és térbeli összefüggést tükröző térképsorozattal mutattuk be, ahol a régészeti lelőhelyeket, az egyes kultúrák megtelepedését irodalmi adatok alapján tüntettük fel. Ezeknek az adatoknak a segítségével próbáltuk meg rekonstruálni a régészeti lelőhelyek háttérében, a batorligeti láp üledékgyűjtő medencéje körül kialakult emberi hatásokat.

6.2. A vizsgálati eredmények

A batorligeti *futóhomok forma* megkötődése, növényzettel borítása még azelőtt történt meg, mielőtt a buckaszár elnyúlt, szegélybuckává alakult volna. A parabola szárák mögötti kifúvásos mélyedést tavi, lápi és mocsári környezetben felhalmozódott laza üledékes kőzetek töltötték fel. A radiokarbon eredmények (10. táblázat) alapján az üledékgyűjtőben az üledék lerakódása már a felső-pleniglaciális végén, a késő-glaciális kor kezdetén megkezdődött. A radiokarbon adatok alapján a láp peremén található földtani szelvény a késő-glaciális és az egész holocén kort átfogja, míg a láp centrumában a tavi fácies már a felső-pleniglaciális, más néven felső-würm végén kialakult. Ugyanakkor a fúrások kronológiai elemzése arra is rámutatott, hogy a láp centrumát a X. század, a magyar honfoglalást követő megtelepedés első évszázada során kitisztították és a holocén második felében lerakódott rétegeket kiásták, ezáltal az ebben a horizontban lévő környezeti dokumentumokat megsemmisítették, így 3000–4000 éves réteghiány alakult ki az üledékgyűjtő legmélyebb részén. A batorligeti üledékgyűjtő medence centrumában és peremén kialakított szelvény üledékesi ráta adatai az azonos képződmények esetében hasonló eredményeket és hasonló trendeket mutattak, sőt a fentebb felsorolt szelvények üledékesi rátájával összevetve is hasonló eredményekre jutottunk. Úgy tűnik, hogy az üledékgyűjtő medence környezetében az erózió a vegetációváltozás, az emberi hatások intenzívebbé válása során felgyorsult. Az erózió felgyorsulását követően általában beállt egy új egyensúly, és amikor az új hidrogeológiai állapot stabilizálódott, akkor az üledék felhalmozódása lelassult, vagyis az üledékgyűjtő medence környezetében lejátszódott változások hatására az üledékesi ráta ritmikusan változott.

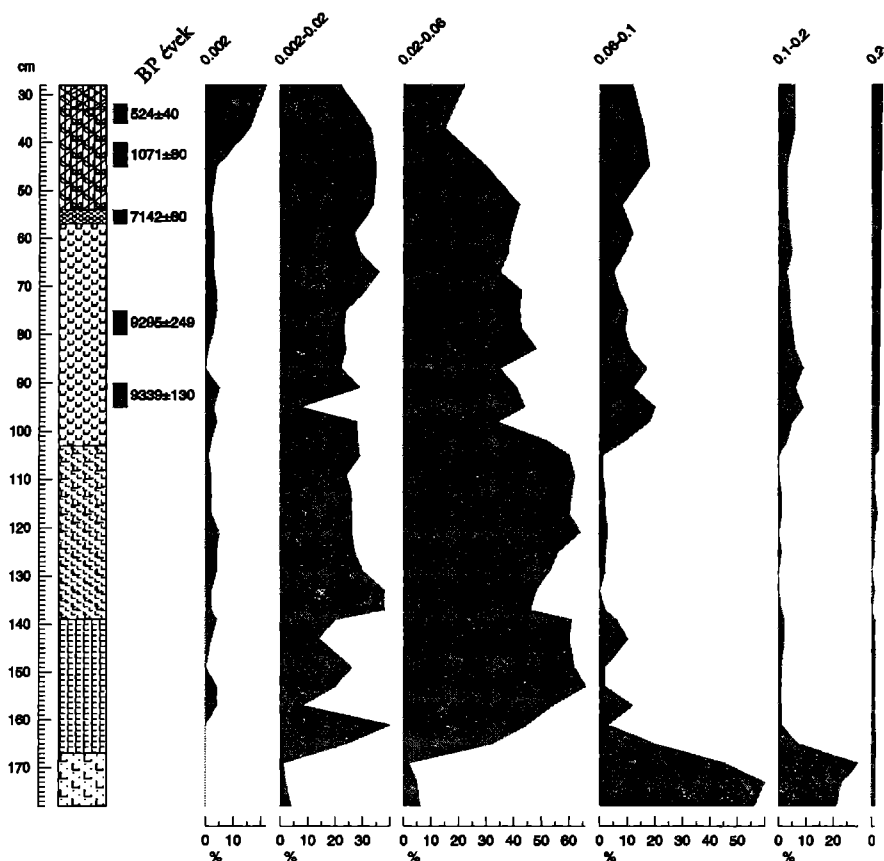
Mélység (cm)	Faszén /üledék (g/kg)	Faszemek	Mag-, szövet-, és termésmaradvány
0 – 10	5.2	<i>Quercus robur</i> > <i>Carpinus betulus</i> > <i>Betula pubescens</i> > <i>Fagus sylvaticus</i>	<i>Typha</i> sp., <i>Carex</i> sp.
10 – 20	9.5	<i>Quercus robur/petraea</i> > <i>Fagus sylvaticus</i> > <i>Carpinus betulus</i>	<i>Typha</i> sp., <i>Betula pubescens</i>
20 – 30	20.5	<i>Quercus robur/petraea</i> > <i>Fagus sylvaticus</i> > <i>Carpinus betulus</i>	<i>Carpinus betulus</i> , <i>Fagus sylvaticus</i>
30 – 40	8.9	<i>Quercus robur</i> > <i>Carpinus betulus</i> > <i>Fagus sylvaticus</i>	<i>Carpinus betulus</i> , <i>Quercus robur</i>
40 – 50	4.3	<i>Quercus robur/petraea</i> > <i>Ulmus laevis</i> > <i>Betula pubescens</i> > <i>Fagus sylvaticus</i>	–
50 – 60	2.1	<i>Quercus robur</i> > <i>Fagus sylvaticus</i> > <i>Carpinus betulus</i>	–
60 – 70	1.5	<i>Quercus robur</i> > <i>Betula pubescens</i> > <i>Corylus avellana</i>	–
70 – 80	1.0	<i>Quercus robur</i> > <i>Tilia</i> sp. > <i>Fagus sylvaticus</i>	–
80 – 90	0.5	határozhatatlan > <i>Tilia</i> sp. > <i>Quercus</i> sp.	–

10. táblázat:

A bátorligeti láp peremén mélyített földtani szelvényből előkerült makroszkópikus növényi maradványok

A feküképződményt valamennyi fűrásban a futóhomok bucka anyaga, a jól lekerekített kvarcsemcsékből álló, sárgásszürke színű, karbonátmentes, finomhomokos apróhomok, illetve középhomokos apróhomok réteg alkotta (43. és 44. ábra). A fekre a felszín felé fokozatosan csökkenő homoktartalmú, jól osztályozott, sárgásszürke színű, karbonátmentes finomkőzetlisztes durvakőzetliszt réteg települt. Ez az üledékréteg a kifúvasos mélyedés peremén kiemelkedik, mindössze néhány centiméteres réteget alkot, de az üledékgyűjtő centrumában félméteres kifejlődésű volt. A meder peremén és a meder centrumában mélyített szelvényekben ennek az üledékes szintnek szemcseösszetételében nem mutatható ki jelentős különbség és az üledékréteg kifejlődése, granulometriai paraméterei alapján feltételezhető, hogy az üledékgyűjtő medencében elsősorban colikusan szállított poranyag halmozódott fel ennek a rétegnek a kialakulásakor. A feltételezett ülepedési ráta ebben a szintben 0,08–0,12 mm/év közötti lehetett. Ha figyelembe vesszük az üledék kifejlődését is, akkor feltételezhető, hogy jelentős mennyiségű colikusan szállítódott poranyag és minimális mennyiségű homokfrakció akkumulálódott az üledékgyűjtő medencében a pleisztocén végén.

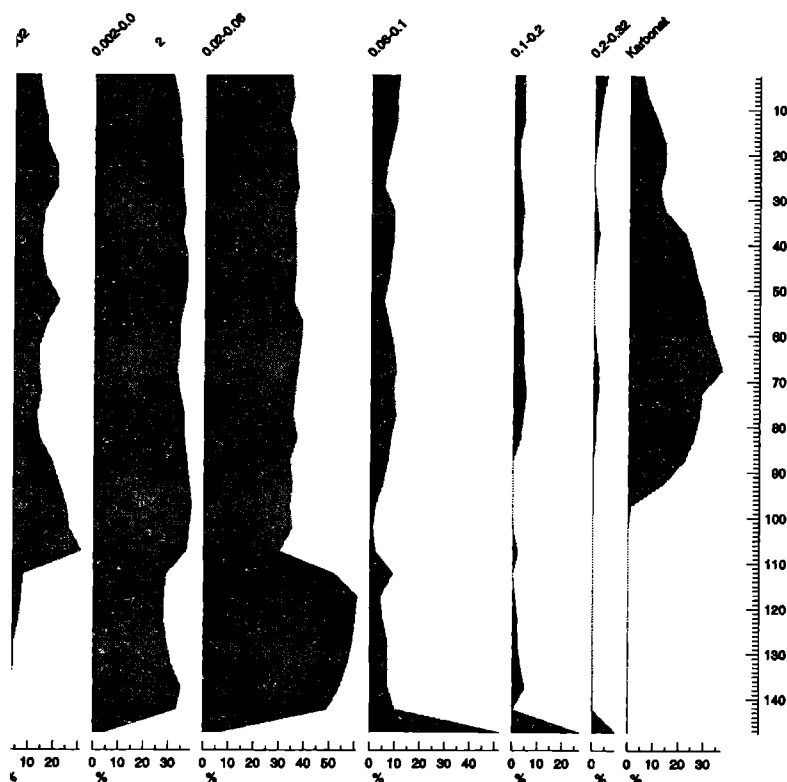
A finomkőzetlisztes durvakőzetliszt rétegre a peremek felé kiemelkedő, szürkészöld, illetve kékeszöld színű, a felszín felé növekvő agyagtartalmú, karbonátmentes, minimális szerves anyagot tartalmazó, agyagos kőzetliszt réteg települt. Az agyagtartalom fokozatos növekedése mellett a kőzetliszt, elsősorban a durvakőzetliszt tartalom aránya igen jelentős maradt. Ez az üledékföldtani változás egyrészt azt jelzi, hogy az üledékgyűjtő medence környezetében talajosodás indult meg és fokozatosan málledék-, illetve talajbemosódással



43. ábra.

A bátorligeti láp centrumában mélyített fúrás üledékföldtani vizsgálatának eredménye (Sümegei, 2002 nyomán).

kell számolnunk ennek a rétegnek a kialakulásakor. Másrészt a durvakőzetlisztes aránya azt mutatja, hogy az eolikus porhullás folytatódhatott a területen. A dékgyűjtő medence környezetében felhalmozódott poranyag már talajosodhat a szélfújta mélyedésben lévő sekély és oligotróf tóban leülepedett és felhalmozott anyagból továbbra is minerorganikus üledék képződött. A radiokarbon adatok ezt az erózió felgyorsulást, talajbemosódást csak az üledékföldtani jellegzetességek sorban az agyagtartalom növekedés alapján rekonstruálhattuk. Az agyagtartalom növekedéséből származó növekedését az is alátámasztja, hogy a láp peremén lévő szelvény agyagtartalom (2–30%) a késő-glaciális szelvényrészben végig jelentősebb volt a láp centrumában mélyített fúrás szelvényben (1–7%), jelezve a parti bemosódását. Az agyagtartalom legjelentősebb aránya (20–30%) a parti szelvényben 10–15 cm között alakult ki és ebben a horizontban a durvakőzetlisztes aránya hirtelen 30% alá csökkent. Ezek a változások jól szinkronizálhatók a pleisztocén végéig.

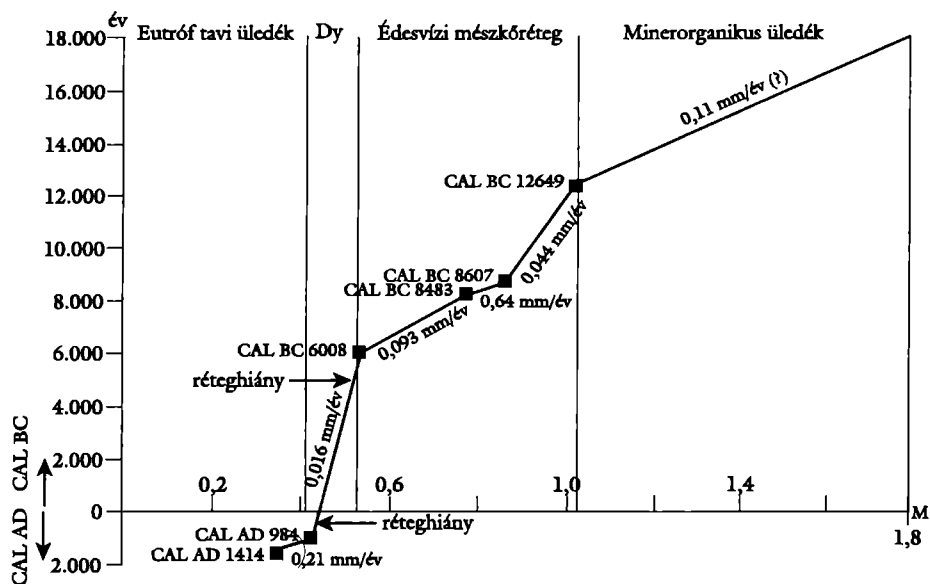


44. ábra.

áp permén készített szelvény üledékföldtani vizsgálatának eredményei
(Sümegei, 2002 nyomán).

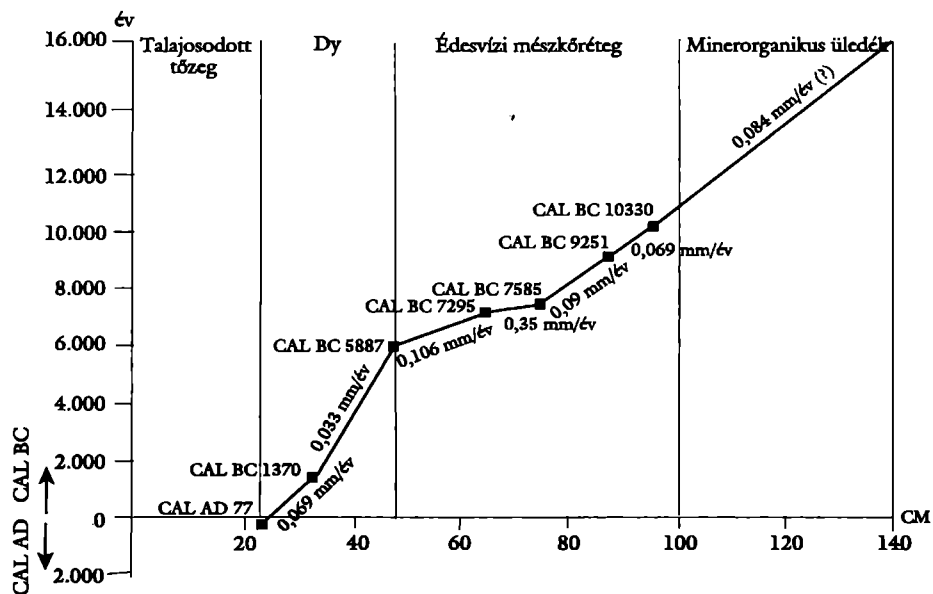
örnyezet megváltozásával, a levegőben lévő egykori eolikus poranyag övényezettel borított térszínnek növekedésével és a mállás intenzívebbé igeti üledékképződési környezet megváltozását 12.000–14.000 CAL jük a radiokarbon eredmények és a különböző üledékgyűjtő medencék : figyelembevételével (45. és 46. ábra). Ez a késő-glaciális kor jó egye- sben lévő globális szintű poranyag fokozatos csökkenésével, a löszkép- , a Kárpát-medencében a késő-glaciális vegyeslombú, zártabb tajga álla- Ennek a horizontnak kékeszöld színe feltehetően vivianit ásványtól

ínű rétegre egy vörösbarna színű, kezdetben karbonátmentes, majd fo- ó kalcitartalmú, karbonátos, Mollusca (csiga, kagyló) héjmaradvá- , agyagos kőzetliszt réteg települt. A csiszolatvizsgálatok (47. ábra) : tartalom jelentős része mikritet, mikrites mátrixot alkot, karbonátos ljes mértékben hiányoznak ebből a szintből és a fedőt alkotó édesvízi iz összetét színt alkotó vasas kiválások a pórusokat, a bioklasztikumokat



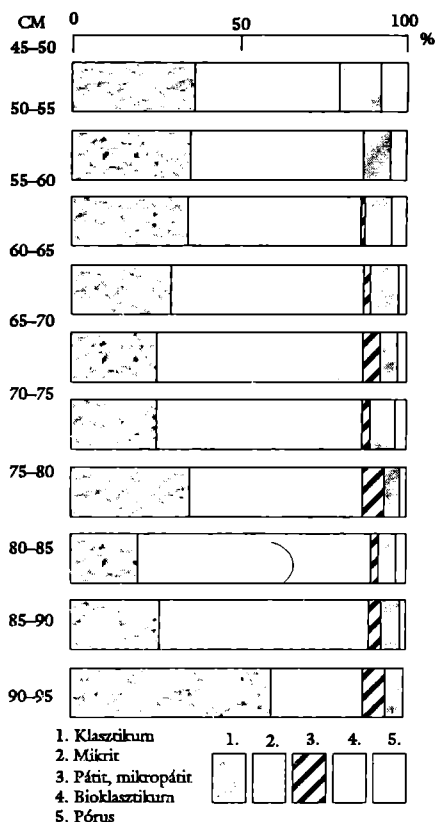
45. ábra.

A bátorligeti láp centrumában mélyített fúrás üledései rátája (Sümegei, 2002 nyomán).
alkotó Mollusca héjak felszínét és a jelentős mennyiségű behordódott, csoportosuló, vagy



46. ábra.

A bátorligeti láp peremén készített szelvény üledései rátája (Sümegei, 2002 nyomán).



47. ábra.

A bátorligeti láp peremén készített szelvény édesvízi karbonátminták mikromorfológiai vizsgálatának eredményei (Sümei, 2002 nyomán).

elkülönülten jelentkező kvarcsezemcsék felszínét többszörös sávban borítják. A vasas gél minden szemcsék közötti teret, illetve gázpórust kitöltött és csiszolat alapján ez a vasas amorf anyag szinte teljes mértékben homogenizálta az üledéket. Korábban mind a vivianitos szinteket, mind a vasas kiválásokat a posztgenetikus talajvíztükör mozgásához, az oxidatív-reduktív zóna változásához kötötték, viszont a mélyebb völgyekben, suvadással kialakult, stabilan magas víztükörrel jellemezhető üledégyűjtő medencék legújabb geokémiai elemzése azt mutatja, hogy a pleisztocén, holocén határán kialakult üledékes rétegekben azokon a helyeken is vivianitos, vasas, mangános kiválások, ásványasszociációk alakultak ki, ahol nem érintette a rétegeket a talajvízmozgás szintje.

A parti szelvényben 95 és 45 cm között, a centrális szelvényben 96 és 47 cm között jelentős karbonát tartalmú, kezdetben vörösbarna, majd szürkésfehér, végül barnásfehér színű agyagos kőzetliszt horizont, édesvízi mészkő, illetve mészszipa réteg húzódik, amelynek bizonyos szintjeiben 50%-ot is meghaladó kőzet-rész volt oldható sósavval. A szemcseösszetétele alapján ezt a karbonátos réteget végig jelentős agyagtartalmú, helyenként nagy mennyiségű finomhomokot tartalmazó durvakőzetlisztes finomkőzetliszt alkotja. Az édesvízi mészkőrétegben már makroszkóposan is láthatók voltak foltszerű limonit-goethit vasas kiválások, amelyek helyenként sávokban,

máshol szórtan jelentkeztek. A cm-es nagyságú, kör alakú limonitos kiválások jelentős része növényi pszeudomorfózának bizonyult. Ugyanakkor finomabb, valószínűleg a zsugorodás hatására kialakuló pórusok belső terét kitöltő limonitos kiválások is kimutathatók. Jelentős mennyiségű, bioklasztikumot alkotó Mollusca héjat is sikerült kimutatni ebből a szintből, míg a mészszipából a puhatestű héjak mellett a csillárkamoszat meszes vázú ivarszervei (*Chara oogoniumok*) is előkerültek. A csiszolatos elemzések alapján a mátrixot nagy tisztaságú karbonátos mikrit alkotja. Az édesvízi mészkőszintet viszonylag kevés pórus jellemzi. A rétegzettségétől függetlenül kialakult, szabálytalan alakú, apró, csőszerű pórusok valószínűleg növényi eredetűek, de találtunk a részlegesen kitöltött bioklasztikumok belső terében is pórusokat. Ezeket a pórusokat druzás, helyenként fibrózus kifejlődésű kalcitkristályok töltik ki, illetve a pórusok falát idiomorf kalcitkristályok borítják. Mikroszkóposan kimutatható volt a finomabb, zsugorodási pórusokat kitöltő, a pórusok falával párhuzamos kifejlődésű, pelyhes megjelenésű limonitos anyag is, sőt a

mikroszondás elemzés alapján a limonitos, vasas amorf gél több esetben az idiomorf kalcitok felszínét borítja. A csiszolatos elemzések alapján a döntően karbonátos mikrit, az alárendelt mikropátit, pátit, a jelentős mennyiségű bioklasztikum és limonitos kitöltés mellett változó mennyiségű szilikátos törmelék (27–47%) is kimutatható volt. Elsősorban kvarc (15–28% közötti), plagioklász (7–11%) és az édesvízi mészkő alsó szintjében muszkovit (5–8%) ásványok alkották a szilikátos törmeléket. Az édesvízi meszes összlet a radiokarbon vizsgálatok alapján 12.649 és 7.836 CAL BP (10.643–5.887 CAL BC) között, mintegy 5000 éven keresztül képződött. Az üledései ráta alapján a pleisztocén végi oligotróf–mezotróf tavi állapothoz képest az üledékképződés lelassult, majd a mésziszap képződése során, az agyagtartalom növekedésével párhuzamosan ismét felgyorsult. A kora–holocén során bekövetkezett üledései ráta megváltozás alapján előbb egy új, a holocén környezeti viszonyok alapján stabilizálódott környezetű hidrológiai rendszert rekonstruálhatunk, majd a Krisztus előtti VII. évezred végén, a VI. évezred kezdetén ez a kora–holocén során stabilizálódott környezet megváltozott és új, környezeti szempontból instabilizáló tényező jelent meg. Az eddigi régészeti, régészeti geológiai és környezettörténeti munkák alapján ez a tényező a termelőgazdálkodást folytató, a Balkán-félsziget felől beáramló neolit közösségek hatása volt, akik a különböző területen megbolygatták az eredeti növényzetet és jelentős erózió növekedést indítottak el a szántók, legelők, emberi települések kialakításához szükséges erdőirtások során.

Az üledékgyűjtő medencében feltárt karbonátos réteg jelenléte egy igen fontos kérdést vet fel, nevezetesen hogy alakulhat ki egy teljesen karbonátmentes környezetben jelentős karbonát tartalmú, meszes üledékréteg és hogyan változhat meg egy alapvetően acidofil–neutrofil környezetben kifejlődött, karbonátban szegény oligotróf tó mezofil, karbonátban túltelített tavi környezetté? Ugyanis a nyírségi homokterület ásványösszetétele alapvetően különbözik a Duna–Tisza közti homokterületektől, mert ez utóbbi jelentős mennyiségű karbonátos törmeléket tartalmaz, így a karbonát már az alapkőzetben is jelen van, míg a Nyírségnek az általam vizsgált területén a karbonátos komponens hiányzik az alapkőzetből. Mivel hasonló üledékes kőzetváltozásokat sikerült kimutatnunk a Nyírség más, karbonátban szegény környezetben lévő üledékgyűjtő területein is, ezért feltételezem, hogy a pleisztocén végén, holocén kezdetén kialakult, hőmérséklet változás által előidézett regionális környezetátalakulás hatására történt meg a tavi üledékes rendszer ásványi összetételének megváltozása. Az üledékes összlet karbonát tartalma 45 cm-től a felszín felé haladva hirtelen lecsökkent, a szerves anyagtartalom a korábbi 5–10%-ról 25–30%-ra emelkedett, az üledékben makroszkóposan kimutatható gerinces, faszén és növényi maradványok jelentek meg sárgásbarna színű durvakőzetlisztes finomkőzetliszt üledékbe (egykori tavi iszapba) ágyazva. Az üledékes összlet jelentős mennyiségű Mollusca héjat tartalmazott, de már a szelvény kialakításánál kitűnt, hogy a korábbi, vízi fajok dominanciájával jellemezhető Mollusca-fauna megváltozott és a szárazföldi fajok aránya lett az uralkodó, vagyis a litofácies mellett a biofácies is erőteljesen megváltozott. Ezek az adatok azt bizonyítják, hogy a holocén kezdetén kialakult karbonátos, mezotróf tavi környezet átalakult, gyorsan eutrofizálódó tavi környezet jött létre. Az üledékgyűjtő peremén és centrális részén a pleisztocén végén még fennálló üledékréteg kifejlődési különbségek az édesvízi mészkőréteg kialakulása során fokozatosan kiegyenlítődték.

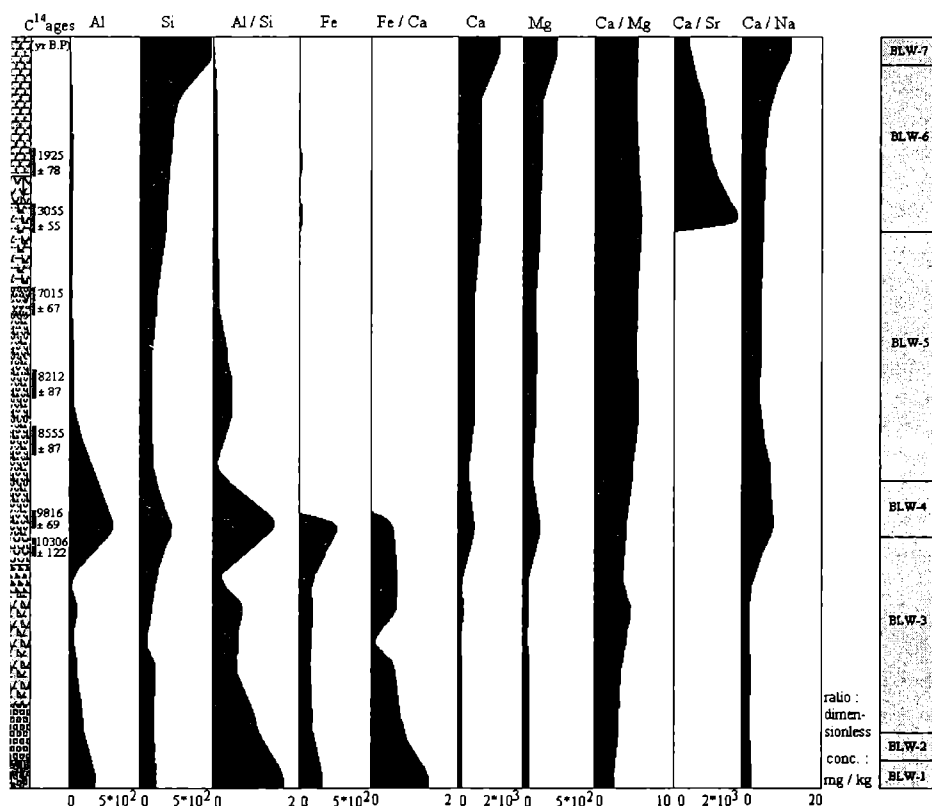
A földtani térképező fúrások feltárások alapján az eutróf tavi környezetben felhalmozódott, jelentős szerves anyag tartalmú, durvakőzetlisztes finomkőzetliszt üledékre a lép

centrumában minden átmenet nélkül 50–70% szerves anyag tartalmú tőzegréteg települt. Ugyanakkor az üledékgyűjtő peremén az eutróf tavi üledék szerves anyag tartalma fokozatosan egyre jelentősebbé vált. A peremeken az egykori eutróf tavi környezetben felhalmozódott rétegből sikerült bronzkorra, vaskorra jellemző radiokarbon korokat kapni, míg a láp centrumában a radiokarbon mérések erőteljes üledékhiányt jeleztek. A radiokarbon mérés alapján a láp centrumában a réteghiány kialakulását követően Krisztus utáni 984-ben, a magyar honfoglalás első évszázadának végén kezdődött meg az üledék lerakódása, ezért feltételezzük, hogy a láp medrének centrumát a X. század kezdetén kitisztították, a holocén második felében lerakódott üledékes rétegeket kiásták és egy tál alakú mesterséges tavat alakítottak ki. A mesterséges tóban mintegy méteres vízborítás keletkezett a terület morfológiai adottságai, az újabb üledékréteg kifejlődése alapján. A honfoglalás kori mesterséges tó többféle célt is szolgálhatott. Állatok itatására is alkalmas lehetett, mert É–D-i irányban mintegy 200 méter hosszan elnyúlt, így jelentős számú lábasjószág férhetett a partjára. Ugyanakkor ebből az üledékrétegből előkerült néhány kisméretű pontyhoz és keszeghez sorolható halpikkely azt is jelzi, hogy ezt a mindössze 1 hektáros mesterségesen kialakított mélyedést, tavat halastóként is használhatták. Természetesen lehetett a mesterséges tónak védelmi funkciója is, ha a homokbuckán települést, védelmi pontot alakítottak ki. Elképzelhető ezeknek a funkcióknak kombinációja is. Különböző céllal készített mesterséges mélyedéseket (kenderáztató vagy szóda kinyerésére alkalmas tavak), védelmi, illetve vízelvezető árkokat, halastavakat ismerünk a térségből a neolitikumtól, bronzkortól kezdődően. Az üledékgyűjtő medencék üledékének kiásásával, kimerésével kialakított középkori mesterséges halastavakat folyamatosan tisztítani kellett, különben nagyon gyorsan, néhány évtized alatt úszólápok alakulnak ki a felszínükön és feltöltődnek. Ezt mutatja a bátorligeti üledékgyűjtő medence centrumában, a X. században kialakított mesterséges tó is, mert ez a tó a XV. századra feltöltődött és mocsárként maradt fenn a mai napig. Ez a középkori mesterséges tó helyén kialakult mocsár őrzi napjainkban a védett, euraszibériai, hegyvidéki elterjedésű, hidegtűrő növény és állatfajok jelentős részét, mert nedves felszínű, hidegbb mikrokörnyezetet biztosít. Az üledékgyűjtő medence peremét a X. századi üledéktisztítás, mederkotrás és mederásás nem érintette, így a holocén második felében kialakult eutróf tavi állapot itt fennmaradt. A radiokarbon vizsgálatok alapján ez a tavi állapot egészen a késő-vaskorig, a kelta közösségek megjelenéséig tartott, amikor is az agyagtartalom gyors növekedése, az ülepedési ráta megváltozása mellett jellegzetes litofácies és változó vízborítású, nedves réti, mocsári környezet alakult ki. A bátorligeti kelta temető alapján jelentős kelta népesség jelent meg a Krisztus utáni első évszázadban a vizsgált területen és a közösség megtelepedésével egy időben (CAL AD 77) erőteljes eróziós szint alakult ki a part menti földtani szelvényben. Ezek az adatok azt jelzik, hogy a fejlett vaseszközökkel rendelkező kelta közösségek – a többi kárpát-medencei telepeikhez hasonlóan – erdőirtással alakítottak ki gazdálkodásra alkalmas nyílt tereket (szántók, legelők). A kialakult mocsári réteget feketésbarna színű, jelentős szerves anyag tartalmú, karbonátos, Mollusca héjakat, gerinces maradványokat és igen jelentős mennyiségű korhadtnövényi maradványokat tartalmazó agyagos közetliszt alkotja. A réteg felszíni része talajosodott és a tőzeg itt szétesett, kotúsodott, mineralizálódott és a talajosodás hatására karbonát ártrendeződés is megindult, mert finom karbonát lepedéket sikerült kimutatni a réteg mélyebb szintjében.

A bátorligeti láp peremén készített szelvény szerzetlen, szervesanyag és karbonát tartalmának változásai (Sümegei, 2002 nyom)

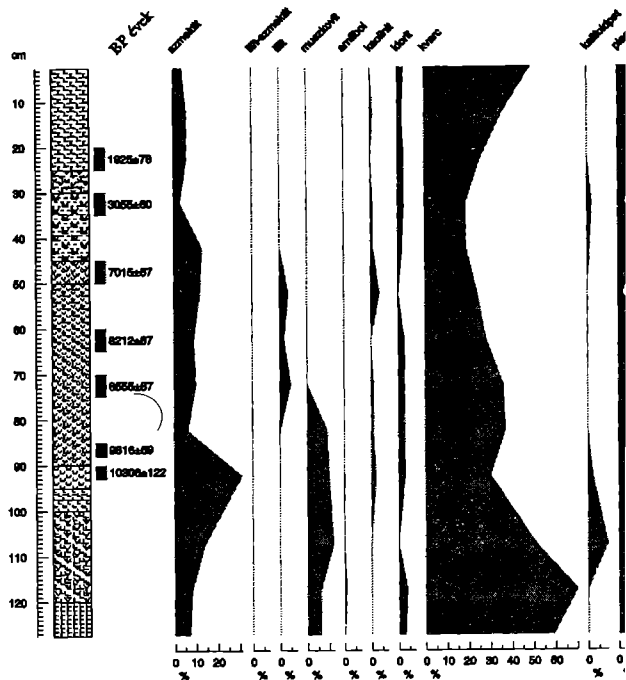
szelvényen belül a legjelentősebbnek, ugyanakkor a vízben oldható Ca, Mg, Si arányok kisebbnek bizonyult (48. ábra). A szervetlen anyag tartalom ebben a szintben volt jelentősebb és a teljes kémiai feltárás során mért, a bemosott szilikátokra jellemzően az Al, K, Mg tartalmat lehetett kimutatni (49. ábra). Az üledék agyagtartalma kezdetben minimális, 1–2%-os volt, amelyet szinte teljes egészében szmektit típusú agyag alkotott (50. és 51. ábra). A rétegtag legfontosabb mállatlan ásványi komponensei kvarc, muszkovit és a földpátok voltak. A pásztázó elektronmikroszkópos felvételek alapján a tavi üledékbe ágyazódott kvarc szemcsék jól lekerekített, hosszan szállítódott fuvókra jellemző típusba sorolhatók voltak.

A következő üledékes horizontban (110–95 cm között) a vízben oldható elemek arányai hasonlóak voltak, mint az előző üledékes rétegben, a Na, Mg, Al, K, Ba, Mn, Fe, P, Cl ezek aránya kiemelkedő volt (49. ábra). Az agyagtartalom fokozatosan egyre jelentősebbé vált, elérte a 30%-ot. Az agyag jelentős része szmektit, kisebb része szmektit/illit ülének bizonyult. A C/N arány fokozatosan 10 fölé emelkedett, de a 15-ös értéket nem érte meg, vagyis a tavi rendszer fokozatosan disztróf rendszerré változhatott (48. ábra). Ennek az üledékes horizontnak a legjellemzőbb ásványai a *Fe-montmorillonit* (non-



49. ábra.

A bátorligeti láp peremén készített szelvény elemtartalmának változásai (vizes extrakció)
(Dániel és munkatársai, 1996 nyomán).

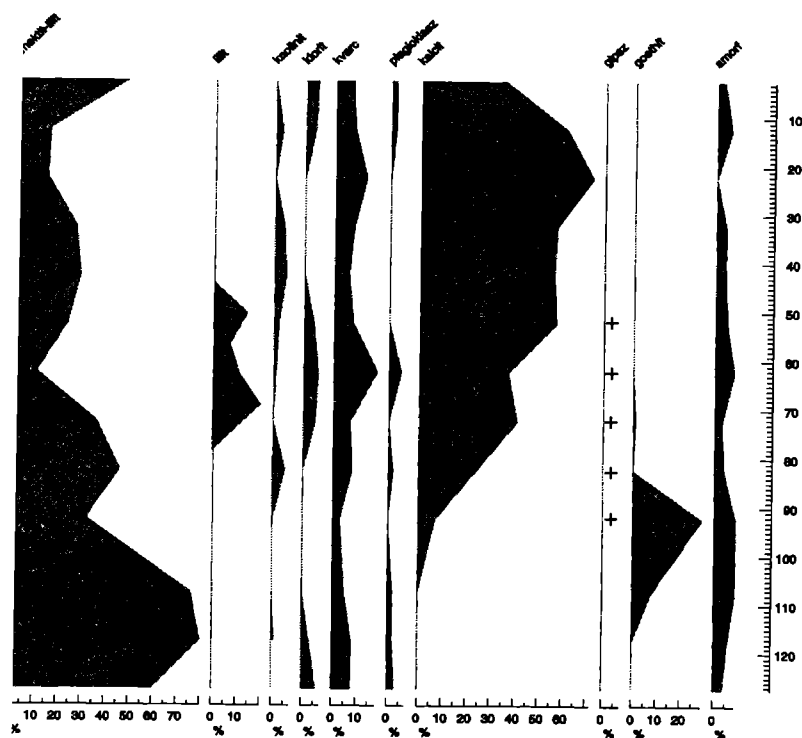


50. ábra.

A bátorligeti lág peremén készített szelvény röntgendiffrakciós elemzése (átlagminta)

(Kovács-Pálffy és munkatársai, 1996 adatainak felhasználásával)

tronit), goethit és a vivianit (50., 51. ábra) voltak. A te a szintben, a vizes extrakcióból kimutatott Ba jelenléte a teljes feltárás eredményei alapján Ba tartalmú ásványok közötti szelvényszakaszban. A SEM-EDAX elemzés kifejlődésű illetve helyenként rostos, szálás megjelenésű gipsz és barit mutatható ki (52. ábra). A gipsz jelenléte röntgendiffrakciós elemzés is alátámasztja. A röntgendiffrakciós elemzés a szelvényen belül itt jelent meg a legjelentősebb arány is alátámasztják ezeknek az ásványoknak a jelenlétét, sőt bizonyítani lehetett. A vivianit ($\text{Fe}[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) elkülönült ebben a szintben, míg a goethit ($\alpha\text{-FeOOH}$) és a nortronit agyagásvány felszínén (53. ábra). Ugyan is sikerült kimutatni a különböző szilikátok felszínén. A bonátos kiválások is kialakultak és a Mollusca héjak is fel a belső felszínén is jelentős mennyiségű goethit-mangán EDAX felvétellel vivianitot lehetett kimutatni. A kiválások hogy ezek az ásványok a Mollusca-héjak beágyazódásával alakultak ki. Kiemelkedő üledékföldtani jelentőségű, ha

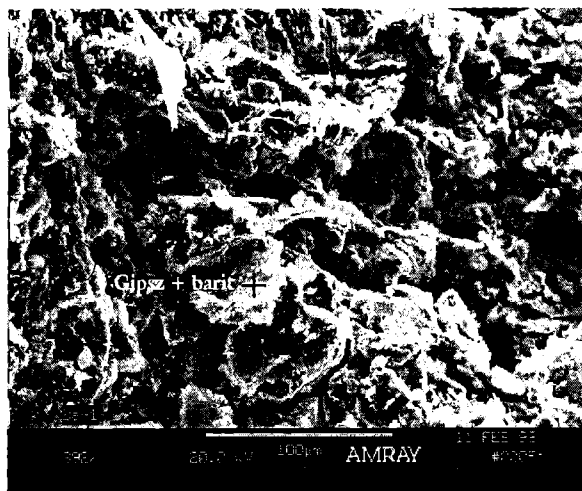


51. ábra.

p peremén készített szelvény röntgendiffrakciós vizsgálatának eredményei
(agyagfrakció)

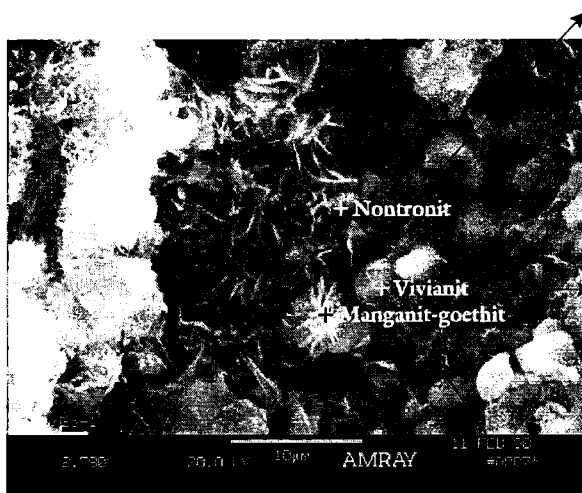
lffy és munkatársai adatainak felhasználásával, Sümegi, 2002 nyomán).

tt az üledék szuszpenziójában savas pH viszonyokat, pH 5–6 közötti
ni, majd a vizsgált szelvényt szakasz felső határán az üledékes szuszpenzió
edett és lúgosba váltott át. Ez a szokatlan, Magyarországon először ész-
tel rendkívül fontos, mert különleges környezeti viszonyok kialakulását
ételezhető, hogy növényzeti változást követő talajgenetikai változás fej-
a radiokarbon adata alapján a pleisztocén–holocén határán következhet-
eti üledékes összlet speciális ásványösszetétele a pollen összetétel válto-
-glaciális korú tajgaerdőnek a posztglaciális korú lombos erdővé alaku-
-cén–holocén korú vegetáció váltásának szintjében alakult ki, ezért fel-
a vegetáció megváltozása, a mállás, a talajváltás hatására alakult ki az ás-
egváltozása. Ugyanakkor posztgenetikusan is létrejöhetnek vivianit, goe-
válások az üledékretegben a talajvíztükör egykori szintjében, vagy a hid-
ifejlődéskor az oxidatív/reduktív üledékes környezet határán, de kiala-
ok mélyebb szintjében glejesedés, illetve a talajsavasodás során is. A bá-
középső részén kifejlődött karbonátos összlet a felszínről kiinduló poszt-
dés, talajsavasodás folyamatát a szelvény mélyebb szintjében kizárja.



52. ábra.

Gipsz és barit kimutatása SEM-EDAX módszerrel a bát
90-100 cm közötti szakaszból (Süm



Elemek	Nontronit	Manganit- goethit	Vivianit
%			
Al	12,97	3,71	2,46
Si	40,34	10,71	3,36
K	2,59	0,82	0,38
Ca	2,95	7,56	0,38
Ba	1,65	2,04	-
Mn	22,56	66,83	1,90
Fe	16,96	8,33	53,27

Az indexrészvények elemösszetétele EDAX vizsgálat alapján

53. ábra.

A SEM-EDAX vizsgálat eredményei bátorligeti l
95-100 cm közötti mintából (Süm

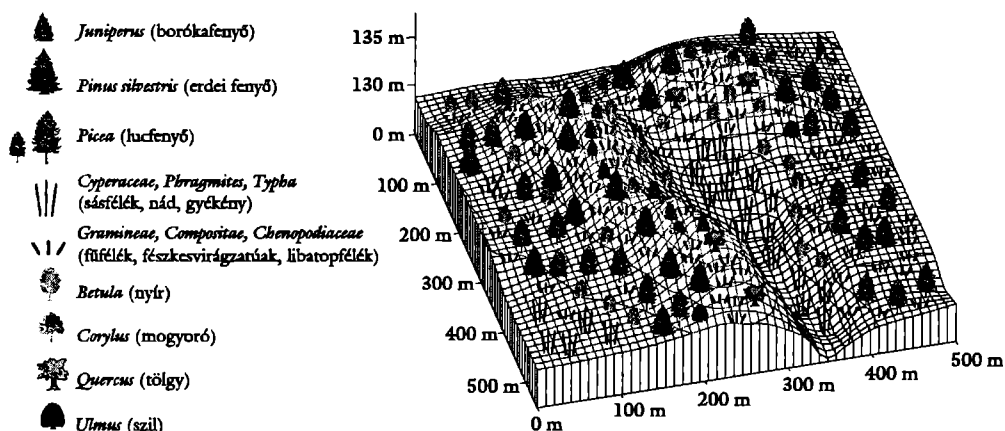
90–45 cm között a karbonát tartalom ugrásszerűen megemelkedett és több mintában is meghaladta az 50, sőt a 70%-ot is. A vizes extrakció Fe tartalma hirtelen lecsökkent, míg a Ca, Mg, Al, Si-tartalom erőteljesen emelkedett. A szerves anyag tartalom is jelentős ebben a horizontban, ugyanakkor az üledékben mért C/N arány meghaladta az eutróf tavakra jellemző 15-ös értéket (48. ábra). Ezek az adatok jelentősebb szerves anyag terheltség kialakulását, a bátorligeti szélfújta mélyedésben kifejlődött tavi rendszer egykori, fokozatos eutrófikációját tükrözik. A röntgendiffrakciós elemzések alapján jelentős mennyiségű (22–64%) kalcit alakult ki a szelvénynek ebben a szakaszában, míg a szilikátok mennyisége fokozatosan csökkent és megjelent a *pirit* (FeS_2) ásvány is. A derivatográfiás, infravörös spektroszkópiás elemzések is hasonló változások, karbonátos, szerves anyagban relatíve dúsabb tavi állapot kialakulását jelzik. Az előző szinthez képest a Mg^{2+} kation (2%) beépülése a kalcit rácsába lecsökkent és *alacsony Mg-tartalmú kalcit* ($\text{Ca}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}$) CO_3 , illetve az EDAX vizsgálatok alapján tiszta *kalcit* egyaránt képződött az üledékben. A karbonát tartalom legjelentősebb aránya (78%) a 45–50 cm közötti mészszipas rétegben, a karbonátos szint felszín közeli részén alakult ki. Ugyanitt a szerves anyag tartalom is jelentősen megemelkedett és meghaladta az 5%-ot. A karbonátos üledékes fázis lezárulása, a szerves anyagban dús tavi üledékes rendszer kialakulása a radio-karbon vizsgálatok alapján 6008 CAL BC évnél, az első termelő gazdálkodást folytató neolit közösségek megjelenésével egy időben következett be a bátorligeti szélfújta mélyedésben. Így feltételezhető, hogy a tavi rendszer eutrófikálódása összefüggésben lehetett a neolit közösségek égetéssel erdőirtásos tevékenységével, a szántók, legelők kialakítása során megnövekedett talajerózióval.

A bátorligeti szélfújta mélyedést övező homokbucka anyaga, a döntően magmás és metamorf lepusztulási terület következtében nem tartalmaz sem kalcitot, sem dolomitot, teljesen karbonát mentesnek bizonyult, így a tavi karbonátos rendszerbe allochton módon nem kerülhetett be törmelékes karbonát, kalcit vagy dolomit. Ezért feltételeztük, hogy a vízben oldódó Ca-, Mg-tartalom valószínűleg a szilikátok mállásából származott. Tehát az üledékgyűjtő medence vízgyűjtő területén kialakult mállásnak, talajképződésnek kiemelkedő jelentősége van a tó elemforgalma szempontjából, nem véletlen, hogy a vízben oldódó Ca-, Mg-tartalom a pleisztocén végén, a holocén kezdetén, a globális hőmérséklet okozta vegetáció- és talajváltással, a mállás intenzitásának növekedésével egy időben emelkedett meg ugrásszerűen. Ezt a Ca felszabadulást erőteljesen segíthette a holocén kezdetén a lombos fák terjedése, mert ezek a növények – szemben a tűlevelű fakkal – akkumulálják a leveleikben a mállás során felszabaduló kalciumot, mert a lombos fákról lehulló levelek kalciumtartalma tízszer–tizenötöszer jelentősebb, mint a tűlevelek kalciumtartalma. A lombos fákról lehulló levelekből a csapadékvíz a kalciumot könnyen kioldja és az üledékgyűjtő medencébe szállítja. A vízben jelentős mennyiségű hidrokarbonáthoz kötődő kalcium, kalciumhidrogénkarbonát ($\text{Ca}[\text{HCO}_3]_2$) képződött. A holocén kezdetén a tavi rendszer felmelegedésével a vízben élő mikroorganizmusok – köztük a pollen- és spóravizsgálatok során azonosított algák – is elszaporodtak. Ezek a fotoszintézis során jelentős mennyiségű CO_2 vontak el a vízből, így az oldat túltelítetté válhatott $\text{Ca}[\text{HCO}_3]_2$ -ra nézve és ekkor mészszipas ülepedhetett ki. A kiválást segíthette a tavi rendszer vizének felmelegedése és víztömegének, vízszintjének időszakos változása, csökkenése is. Így a pleisztocén végén még karbonátmentes, vízben oldott Ca, Mg kationban szegény oligotróf tóban a globális felmelegedést követő regionális vegetációváltás hatására karbonátban gaz-

dag iszap halmozódhatott fel a holocén során. Az üledékgyűjtőbe bemosódott agyagásványok alapján a környező területeken a mállás jellege mintegy 9000 évvel ezelőtt megváltozott, mert az autochton származású muszkovit szemcsék eltűnésével egy időben a szmektit, illetve szmektit–illit típusú agyásványok mellett jelentős arányban megjelentek az illit és kaolinit agyagásványok is, míg a nortronit agyagásvány eltűnt az üledékes összletből (50. és 51. ábra).

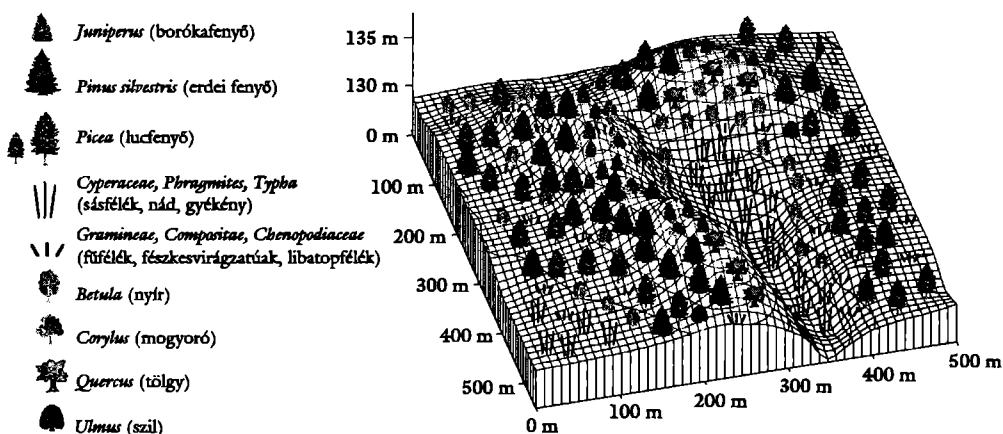
A mésziszap szintben kimutatott jelentős szerves anyag tartalomnövekedés (meghaladta a 7%-ot) tovább folytatódott a batorligeti üledékgyűjtő medence peremén kialakított szelvényben. Az illit agyagásvány eltűnt, újra jelentős arányban megjelent a goethit és pirit, a karbonát tartalom lecsökkent (35%) és alacsony magnézium tartalmú kalcit ($\text{Ca}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{CO}_3$) halmozódott fel, tiszta kalcitot ebben a szintben nem lehetett kimutatni. A teljes feltárás alapján Fe -, P-tartalmú ásvány is kialakulhatott ebben a szintben. A felszíntől 25 cm-ig tartó részben a szerves anyag tartalom meghaladta a 8%-ot. A goethitben, ferrofoszfátban dús horizont glejesedés, illetve a talajsavasodás hatására is kialakulhatott ebben a szintben, mert a vas (és az alumínium) foszforkötését a szerves anyagok és az eutróf vizekben elszaporodó bakteriális tevékenység is elősegíthette. Az üledékbe ágyazott korhadt fadarabokat, a derivatográfiás felvételek alapján a szenülés kezdeti fokán álló *degradált fűzinitet* lehetett kimutatni. A korhadt fadarabok felhalmozódása a Krisztus utáni első évszázadban kezdődhetett el. A régészeti adatok alapján a jelentős mennyiségű korhadt fadarab bemosódása a fejlett vaseszközökkel rendelkező kelta közösségek alföldi megtelepedését követően alakult ki, így feltételezhető, hogy a fadarabok bemosódását a kelta közösségek indították meg azzal, hogy a kor színvonalán fejlett vaseszközöket felhasználva erőteljes erdőirtó tevékenységbe kezdtek, csak úgy, mint a Kárpát-medence más területein. A fakitermelés, növényzeti bolygatás hatására a batorligeti szélfújta mélyedésben kialakult üledékgyűjtő medence környezete, vízgyűjtő területe instabillá vált és a kialakuló erózió jelentős mennyiségű szilikátot, fadarabot, szerves törmelékot jutatott a tavi rendszerbe, amely így elmocsarasodott. A geokémiai adatok jó egyezést mutattak a kelta kori eróziót bizonyító üledékföldtani adatokkal.

A radiokarbon adatokkal datált magyarországi pollen-szelvények vizsgálatai alapján a pollenanyag a felső-würm végén, a késő-glaciális kor kezdetén indult felhalmozódásnak. A batorligeti feküszintben kimutatott, 50%-ot meghaladó tűlevelű dominancia (*Juniperus*, *Picea*, *Pinus*) alapján a szélfújta mélyedésben kialakult tó felé haladva záródó, lucfenyő és erdei fenyő fajok uralmával jellemezhető boreális sztyeppés tájgát rekonstruálhattunk (54. ábra). A frissen kialakult tóban *Myriophyllum verticillatum* (süllőhínár) és *Potamogeton* (békaszőlő) fajok alkották a hínárvegetációt, míg a vízparti vegetációt *Sphagnum* (tőzegmoha) és bokorfűzes (*Salix*) alkotta. Majd a *Pinus sylvestris* és a *Picea abies* aránya hirtelen csökkent, míg a *Betula* és a *Gramineae* (pázsitfűfélék), valamint a homoktövis (*Hippophae rhamnoides*) aránya emelkedett. Az interstadiálisra jellemző sztyeppés tájga stadiális szintre jellemző tájgás sztyeppé alakult. Ezzel egyidejűleg a pernyekoncentráció jelentősebbé vált. Ezek a változások erdőtüzre utalnak, és ez a fás vegetáció hirtelen csökkenését eredményezte. Az erdei fenyő aránya a későbbiekben újra emelkedett, jelezve a leégett erdőfoltok regenerálódását, viszont a *Picea abies* aránya tovább csökkent és a pázsitfűféléké is jelentős maradt. Ebből a kontinentalitás fokozódására következtethetünk. A melegkedvelő lombhullató fák pollenjei továbbra is jelen vannak, bár arányuk csökkent. A kontinentális éghajlati hatás fokozódása következtében az összefüggő kevertlombú taj-



54. ábra.

A bátorligeti lág felső-würm végi vegetációjának rekonstrukciója (Sümegi, 2002 nyomán).



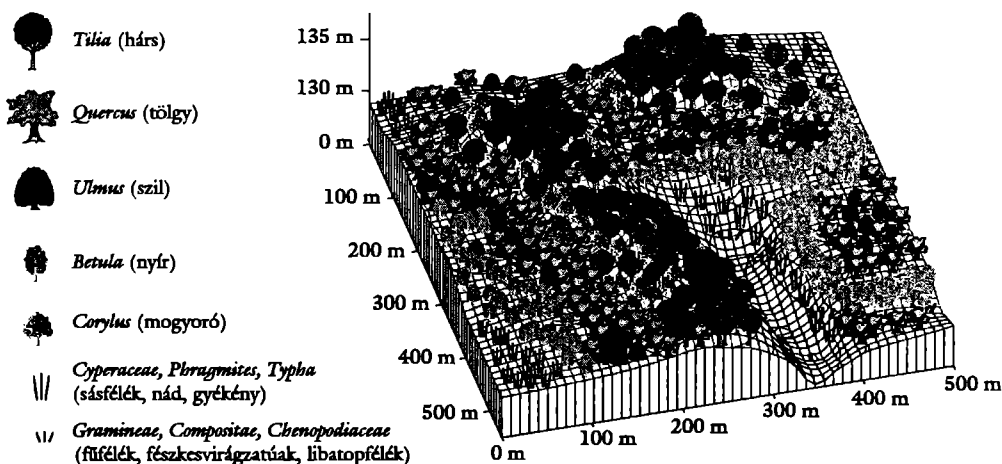
55. ábra.

A bátorligeti lág késő-glaciális vegetációjának rekonstrukciója (Sümegi, 2002 nyomán).

ga részek is felszakadoztak és a recens pollenspektrumok alapján a mai ÉK-európaihoz hasonló tűlevelű erdőssztyepp alakult ki, ahol fenyő-nyír ligetek váltakozhattak boreális magaskórós növényzettel, heliofil, száraz, füves pusztákkal. Ezt a paleovegetációs állapotot váltotta fel a pollenváltozások nyomán feltételezett zárt vegyes lombosodó tajga állapot. Ez a változás az egyre jelentősebb növényzeti borítás pollenkibocsátó képességének növekedését, az üledék pollenmegőrző képességének javulását jelzi. A sásfélék (*Cyperaceae*), fűfélék (*Gramineae*) aránya erőteljesen lecsökkent, a homoktövis (*Hippophae rhamnoides*) teljes mértékben visszaszorult, ugyanakkor – meglepő módon – az ürömfélék (*Artemisia*) aránya jelentősen megemelkedett ebben a szintben, és az erdeifenyő (*Pinus*), a

lucfenyő (*Picea*), a nyír (*Betula*), a boróka (*Juniperus*) aránya a szelvényen belül a legjelentősebb vált. A mérsékeltövi, melegkedvelő, széleslevelű fák (*Quercus*, *Carpinus*, *Ulmus*, *Corylus*) aránya emelkedett, meghaladta a 3%-ot, sőt egyes mintákban elérte az 5%-ot is. A *Salix* (fűz) arány is emelkedett. A tűlevelű elemek mellett tehát a lombosfa fajok is terjedésnek indultak ebben az időben (55. ábra). Ezek a változások is egy csapadékosabb és enyhébb éghajlati szakasz kialakulását, a talajképződési viszonyok megváltozását jelzik, mert ezeknek a növényzeti változásoknak a háttérében a felmelegedő, csapadékos éghajlaton a fagyos periódus lerövidülése, a felmelegedő, nedvesedő talajfelszínen az erdei elemek megtelepedése, terjedése, a fásszerű növényzet záródása, a tajgás erdőössztyepp tajgává alakulása kezdődött el a boreális növényzet recens ökológiai elemzései alapján. A széleslevelű, mérsékeltövi fafajok és cserjék, mint a mogoró, tölgy, szil pollenjének a felső-würm kortól kezdődő folyamatos jelenléte alapján feltételeztük, hogy bátorligeti terület a *Carpathicum* folyamatosan lakott refugiuma körül kialakult, erdei elemekkel időszakosan lakott, hullámszerűen változó kiterjedésű övezethez, a *Precarpathicum*hoz tartozott. Ezt az elméletet támasztja alá a mogoró és a tölgy pollen arányának emelkedése is a bátorligeti késő-glaciális szelvényt szakaszban.

A pleisztocén/holocén határon kialakult, erőteljes hőmérsékletemelkedés által irányított jelentős pollenösszetétel változását a bátorligeti szelvényben egyedülállóvá tette, hogy a hárs (*Tilia*) dominanciája emelkedett meg jelentősen (56. ábra). A *Tilia* kiemelkedő aránya valószínűleg összefüggésben hozható a bátorligeti láp környezetében megfigyelhető morfológiai mozaikossággal, mert a talajvíztükör fölé emelkedő száraz homokhat megfelelő élőhelyet biztosított a hársfa megtelepedésének és terjedésének. A védett területen ma is a homokbucka délkeleti lejtőrészén maradt fenn az ezüsthársas erdőtársulás. A melegkedvelő *Tilia* dominanciával jellemezhető erdőössztyepp vegetáció majd 2000 naptári éven át, 9300 BP évig (8600 CAL BC) évig fennmaradt. A késő-glaciális korú szelvényt szakaszban a hárs virágporsemcsék hiánya, a *Tilia* kora holocén gyors megjelenése, expansiója és jelentős aránya alapján feltételezzük, hogy a hárs erdélyi, Partiumi refugiumának, reliktum területeinek hullámszerűen változó övezetéhez tartozott az ÉK alföldi

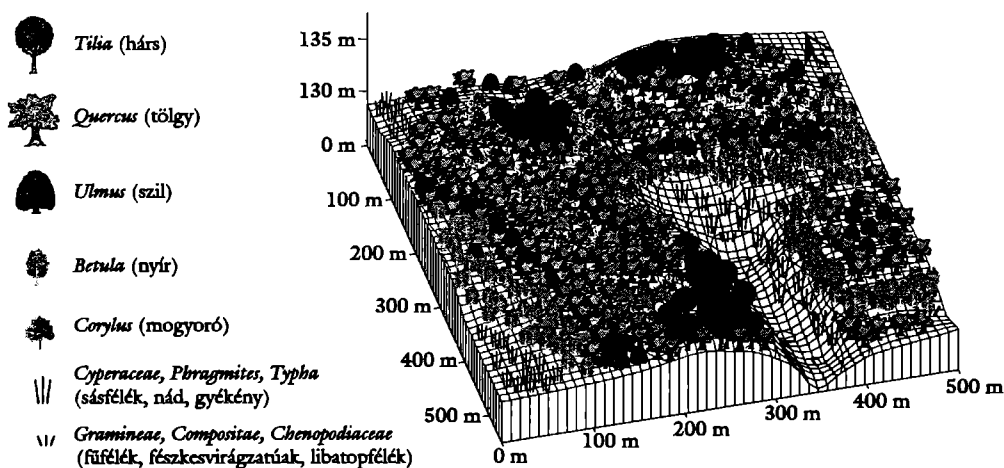


56. ábra.

A bátorligeti láp kora-holocén vegetációjának rekonstrukciója (Sümei, 2002 nyomán).

régió, magában foglalva a csarodai, bátorligeti területeket is. Az óholocén erdőtársulással párhuzamosan a süllyőhínár a tavi rendszerben visszaszorult és megjelentek a sekély, gyorsan átmelegedő vizet jelző széleslevelű gyékény (*Typha latifolia*), békaszőlő (*Potamogeton*), békabuzogány (*Sparganium*), hídőr (*Alisma*) fajok a szélfújta mélyedésben kialakult tóban. A növények alapján a holocén kezdetén az enyhébb, szárazabb éghajlaton, a kisebb csapadék mennyisége és/vagy az intenzívebb párolgás következtében a szélfújta mélyedésben kialakult tavi rendszer vízszintje valószínűleg szezonálisan, a vegetációs periódus során lecsökkenhetett. A vegetáció alapján rekonstruált periódikus vízszintváltozások, a szikkadás párhuzamosan fejlődött ki az édesvízi mészkő kialakulásával és a szelvényen belül a Na-tartalom növekedésével.

Megközelítőleg 9300 BP (8600 CAL BC) évtől a hárs fokozatosan visszaszorult és a tölgy (*Quercus*), fűz (*Salix*) pollenek aránya emelkedik jelentősen és csekély arányban, de megjelennek a bükk (*Fagus*) és a jegenyefenyő (*Abies*) virágporszemcsék is a szelvényben. Egy kiegyenlített éghajlaton indult meg a tölgyerdő terjedése és valószínűleg a hárserdők ekkor szorultak a bátorligeti parabolabucka déli lejtőjére. A *Fagus* pollenek jelenléte több szempontból is jelentős. Légáramlással nehezen terjedő pollenjei következtében feltételezhető, hogy a bükkfa a bátorligeti atlantikumi kiterjedt tölgyerdő vegetációjának, még ha jelentéktelen számban is, de része volt. Ezt támasztja alá a parti szelvényből származó, egyértelműen az egykori helyi vegetációból eredő, autochton beágyazódású faszénminták antrakológiai vizsgálata, amelyben mintegy 8600 BP (7600 CAL BC) évtől a bükk faszének folyamatos jelenlétét lehetett bizonyítani. A bátorligeti adatok szerint a bükkfának több reliktum területe is kialakulhatott a Kárpát-medence peremén, a medencét környező hegységekben (Erdély, Északi Kárpátok, Cseh-medence), így a bükkfa terjedése, alföldi megtelepedése többirányú folyamat lehetett, illetve több irányból is megtörténhetett. A vízi növények pollen arányának változásai, a gyékény, békaszőlő, hídőr dominancia hullámváltozásai alapján a periódikus vízborítás tovább folytatódhatott ebben a vegetációs fázisban is, bár a tündérrózsa (*Nymphaea*) megjelenése a tó vízszintjének általános emelkedését, a jelentősebb vízborítás kialakulását jelzi (57. ábra).



57. ábra.

A bátorligeti láp 9300–7200 BP (8500–6000 CAL BC) évek közötti vegetációjának rekonstrukciója (Sümegi, 2002 nyomán).

A pollenösszetétel alapján a termelő gazdálkodást folytató emberi hatásoktól mentes, a döntően tölgyerdővel, a parabolabucka magasabb részein a hársfa uralmával jellemezhető mozaikos kifejlődésű, a vízparti részekben fűz, éger, gyékény dominanciájú vegetáció mintegy 7142 BP (6008) CAL BC évig maradhatott fenn. Az erdei pollenek aránya ekkor hirtelen lecsökkent, szántóföldek, legelők peremén, emberi bolygatásra terjedő gyomok (*Plantago*, *Rumex*) jelentek meg. A pollenek arányának változását egy erőteljes pernyecsúcs előzte meg. Ilyen pernyemaximumok a mérsékletövi lombos erdők stabilizálódását követően általában égetéses erdőirtás hatására, a vadászösvények, lakott területek, szántóföldek, legelők kialakításakor jönnek létre. Ez a pollen összetételbeli változás azonos időben fejlődött ki a korai neolitikumban a Kárpát-medencében megjelent, termelő gazdálkodást folytató Körös-kultúra közösségeivel. Valószínűsíthető, hogy a Körös-kultúra közösségei a bátorligeti láp környékén is megtelepedtek és megtelepedésük, termelő tevékenységük során a lágyszárúak terjedésének kedvező területeket alakítottak ki növénytermesztés (szántóföldek) és állattenyésztés (legelők) céljából. A szántóföldi művelés kialakulását a gabonafélék pollenjének megjelenése is alátámasztotta. Ez jelenleg a gabonatermesztés kialakulását jelző legidősebb pollenadat Közép- és Délkelet-Európában. A Körös-kultúra telephelyeinek feltárása során előkerült növénymaradványok között, elsősorban a paticsokban (boronafalak átégett maradványai) és a kerámiákban szemtermés, kalászka, villa lenyomatokat már korábban is találtak és ezeknek a legkorábbi gabonamaradványoknak a korát a Krisztus előtti 6000 körülire tették. A gabonamaradványok alapján a kora neolitikumban az *alakor* (*Triticum monococcum*), a *tönke* (*Triticum dicocum*), a *vad alakor* (*Triticum boeoticum*), az *árpa* (*Hordeum vulgare* ssp. *distichum*) is a termesztett növények között volt. Ezek a növénymaradványok és a Körös-kultúra telepei azt jelzik, hogy kisebb területű, de intenzíven művelt, kertjellegű, többféle gabona termesztésén alapuló földművelés alakult ki a kora-neolitikumban, a Körös-kultúra elterjedése során.

Földtani térképező fúrásaim és a radiokarbon adatok alapján egyértelműen rekonstruálható, hogy a bátorligeti láp medrének centrumában réteghiány alakult ki. A réteghiány kialakulása a CAL AD 984 alapján a X. századra, a honfoglaló magyar közösségek megtelepedésének időpontjára tehető. A térségben ismeretes több olyan őskörnyezeti, régészeti adat, amely azt bizonyítja, hogy több helyen kis méretű halastavakat, itatóhelyeket alakítottak ki a magyar honfoglalás és a hazai középkor idején. A bátorligeti középkori rétegekben a gyékény, békabuzogány, hídőr mellett ismét megjelenik a tündérrózsa (*Nymphaea*), a vízitök (*Nuphar*). Ezek a változások a szélfújta mélyedésben kialakult tavi rendszer mélyülését, a vízborítás növekedését, mintegy 1.5 méteres vízmélység kialakulását tükrözi. Egyúttal jól mutatják a magyar honfoglaláskorban kialakult emberi hatások mértékét, mert a már feltöltődött, mocsári rendszert az ember visszabillentette az atlantikumi éghajlati optimum idején természetes fejlődés útján létrejött tavi állapotba. A középkorban a vizsgált területet egy fajgazdag tölgyes erdő vette körül, amelyben még szálanként, jelentéktelen arányban, de jelen volt a bükk is. A tölgy mellett – csak úgy, mint napjainkban – a hárs, a gyertyán, a nyír, a fűz és a szil jelentkezett jelentősebb arányban. Ezek a pollenadatok azt bizonyítják, hogy a középkortól kezdődően – a bükkfa hiányát leszámítva – nem változott jelentősen a bátorliget környéki vegetáció, mindössze az erdővel borított területek aránya csökkent erőteljesen. Az első osztrák katonai térkép történeti ökológiai értékelései alapján az Aporliget környékén található láp körüli 20 km-es

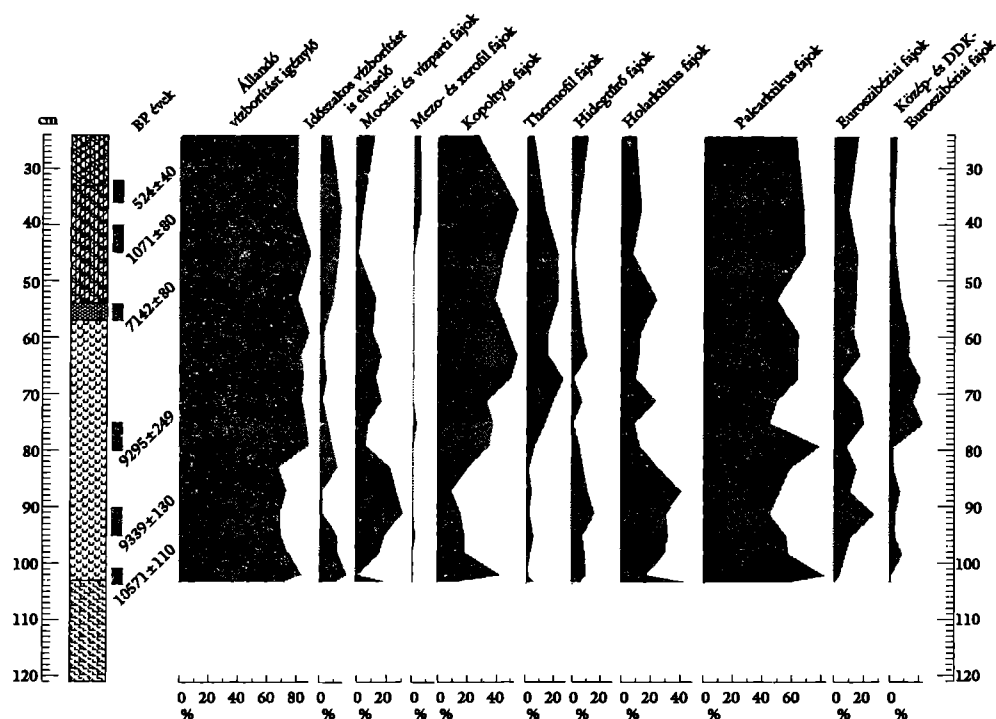
sugarú körben az erdőszűlség mértéke még meghaladta a 90%-ot, amely ma már csak 30%-osnak mondható. A középkori rétegekben jelentős mennyiségű gabonapollent lehetett kimutatni. A paleobotanikai adatok köztük a sásfélék (*Cyperaceae*), a libatopfélék (*Chenopodiaceae*), a fészkesvirágzatúak (*Compositae*) pollen arányának növekedése az erőteljes emberi hatás kialakulását jelzik a X. és a XIV. század között. Ezek az adatok jó egyezést mutatnak a Nyírség más területein végzett pollenanalitikai vizsgálatok eredményeivel, az erőteljes, de környezeti diverzitást nem romboló középkori emberi hatás kialakulásával. A pollenadatok azt bizonyítják, hogy a középkori magyar agrotechnika az erdő/nyílt terület arányát változtatta meg, de nem csökkentette a területen a növényzeti sokszínűséget. A középkori rétegek pernyekoncentrációjának csökkenése is alátámasztja a fentebb leírtakat, mert azt bizonyítja, hogy a neolitikori égetési technikával szemben a középkori agrotechnikában az értékes faanyagot már kitermelték, felhasználhatták, és nem pusztították el, mint a neolitikum során.

Az iszapolás során jelentős mennyiségű szenesült famaradvány, ritkábban maganyag is előkerült. A szenesült famaradványok – bár a kora holocéntól jelen vannak a szelvényben – csak a kora neolitikus kortól kezdődően mutathatók ki jelentősebb arányban. Feltűnő, hogy a szöveti kép alapján a kelta kor előtt a famaradványok közt jelen voltak az égett faszenek is, míg a kelta kort követően csak szenesült, de nem égett famaradványok kerültek elő. Ezek az adatok azt bizonyítják, hogy az őskorban a láp környezetében nagyobb nyitott tereket alakítottak ki, majd a kelta kort követően megváltozhatott a terület hasznosítása és valószínűleg a faanyag felhasználása is, mert a bemosott szenesült famaradványok aránya lecsökkent. Ennek az is oka lehetett, hogy a középkor során a neolitikus mezőgazdasági tevékenység már nem növelte meg jelentősebb mértékben a szenesült fák mennyiségét. A bükkfa aránya a kelta kor során a bemosott szenesült faanyagban megemelkedett, de a faszenek recens beágyazódási vizsgálata alapján ez nem jelenti azt, hogy a bükkfa a kelta korban terjedésnek indult, mert az erdőirtásnál ugyanabból a fás szárú egyedből jelentős számú famaradvány keletkezhet és szóródhat szét az irtvány felszínén. A talajfelszín pusztulásával a famaradványok könnyen bemosódhatnak az irtvány közelében lévő kisebb mélyedésekbe, üledékgyűjtő medencékbe, így a faszenek aránya és az üledékgyűjtő körüli fás szárú vegetációban az egyes fafajok jelenléte és borítottsági mutatója között nincs szoros összefüggés. A faszeneknek a szelvényen belüli eloszlása azt bizonyítja, hogy a bükk már 8.600 BP (7.600 CAL BC) évtől megjelent a bátorligeti fás szárú vegetációban. Ez az adat alátámasztja a bükknek a pollenanalízis alapján korábban már feltételezett autochton jelenlétét a boreális korú bátorligeti erdőben. A bükk ugyan alárendelten mutatkozott a faszenek között, de a Krisztus születését követő első évszázadban aránya jelentősen megemelkedett és a tölgy mellett az egyik legjelentősebb fás szárú elemmé vált, majd aránya a középkor folyamán erőteljesen csökkent. A bükk rendkívül korai megjelenése alapján feltételezzük, hogy az Erdélyi-középhegység peremén (Partium területe), és/vagy az ÉK-i Kárpátokban, hegyláb felszínen (Kárpátalja) a bükknek önálló refugiuma alakult ki. A bátorligeti szelvényben a faszenek döntő részét a kocsánytalan tölgy (*Quercus robur*) adta, ezért feltételezem, hogy ez a faj alkotta a bátorligeti holocén erdők legjelentősebb részét. Az antrakológiai adat jó egyezést mutat a pollenanalitikai vizsgálatok eredményeivel. A *Quercus* mellett a *Carpinus* és a *Betula* famarad-

ványok száma is jelentős. Ezek az adatok azt bizonyítják, hogy a bátorligeti láp medre körül, csak úgy, mint napjainkban, elsősorban a kemény- és puhafás ligeterdő növényei élhettek. Ugyanakkor valamennyi, a pollenkép összetételében jelentősebb arányban megjelenő fás szárú növényt sikerült az antrakológiai vizsgálatok során kimutatni és autochton beágyazódású paleobotanikai leletekkel helyi előfordulását bizonyítani.

A pollen, faszénanyagok mellett jelentős mennyiségű Mollusca héjat is sikerült kinyerni a fúrásokból. A bátorligeti láp centrumában mélyített fúrás 24 és 103 cm közötti szakaszából 40 faj (22 vízi csiga, 14 szárazföldi csiga, 4 kagyló) 2.055 egyede került elő, míg a part mentén kialakított szelvényből 71 faj (19 vízi csiga, 49 szárazföldi csiga, 3 kagyló) 40.318 egyedét vizsgáltuk meg. A két szelvényből összesen 78 faj (23 vízi csiga, 51 szárazföldi csiga, 4 kagyló) 42.373 egyedét dolgoztuk fel. A bátorligeti Mollusca-faunának faj- és egyedgazdagsága messze kiemelkedik az alföldi holocén szelvények közül, de más magyarországi holocén, sőt nagyobb időintervallumot átfogó pleisztocén Mollusca-faunával összevetve is kiemelkedők a vizsgált bátorligeti szelvények. A fajsám alföldi környezetben egyedülálló, de a hegyvidéken is ritka Mollusca fajok jelenléte és jellegzetes arányváltozásai alapján nyugodtan állíthatom, hogy a bátorligeti szelvénynek különleges hazai, sőt nemzetközi jelentősége van quartermalakológiai szempontból. A bátorligeti szelvényekből előkerült faunában 14 (4 vízi csiga, 10 szárazföldi csiga) olyan fajt sikerült kimutatnom, amelynek a bátorligeti recens faunájában élő egyedét ez ideig nem sikerült megtalálni. A recens Mollusca-faunaelemek közül – a kárpáti elterjedésű *Perforatella dibo-*
thrion – kivételével valamennyi fontosabb faunaelem előkerült a fosszilis anyagban. A bátorligeti szélfújta mélyedésben kialakult üledékgyűjtő medence negyedidőszaki malakológiai vizsgálata során az előkerült Mollusca-fauna összetételében egyértelműen látható a szelvények egykori környezeti helyzete. Az üledékgyűjtő medence centrumában a vízi fajok, a láp peremén pedig a szárazföldi fajok dominanciája emelkedett ki (58. és 59. ábra).

A láp centrumában mélyített fúrásszelvényben az első malakológiai zóna 103 és 94 cm között található. Ebben a szintben a palcarktikus, euraszibériai, hidegtűrő, nagy tűrőképességű és állandó vízborítást igénylő vízi fajok (*Valvata pulchella*, *Lymnaea palustris*, *Planorbis planorbis*, *Bithynia leachi*, *Gyraulus riparius*) aránya jelentős. A szárazföldi faunaelemek közül csak a vízparti sávban elterjedett, víz feletti növények szárain, levelein, vagy mohákon élő *Carychium minimum*, *Succinea putris* fajok kerültek elő ebből a szintből. A kopoltyús vízi fajok, köztük a hidegtűrő *Valvata pulchella*, *Bithynia leachi* egyik dominancia maximuma alakult ki ebben a szintben. A fauna összetétele alapján a késő-glaciálisban, a 10.000–11.000 BP (9.600–11.100 CAL BC) évek közötti tavi állapot legjelentősebb vízborítottsága mintegy 1,5 m mély lehetett. A fauna összetétele rendkívül hasonló a pleisztocén végi, késő-glaciális korú artéri üledékekben, az infúziós löszökben talált Mollusca-faunához. 94 cm-nél, mintegy 10.000 BP (9.600 CAL BC) évnél a holocén során elterjedő első Mollusca fajok (*Bithynia tentaculata*) is megjelentek és együtt éltek a pleisztocénre jellemző, a pleisztocén végén fokozatosan visszaszoruló hidegtűrő fajokkal. A két eltérő környezeti igényvel jellemezhető, hidegtűrő, illetve melegkedvelő faunacsoport együttes jelenléte más magyarországi pleisztocén végi–holocén kori szelvényekben 12.000–9.000 BP évek között mutatható ki, míg a bátorligeti fúrásszelvényben ennek a két faunacsoportnak a folyamatos, bár eltérő arányú jelenléte tapasztalható a holocén folyamán. Ezek az adatok azt mutatják, hogy a területen kettős refugium-hatás fejlődött ki,



58. ábra.

A bátorligeti láp centrumában leemlyített Mollusca-fauna paleoökológiai vizsgálatának eredményei (Willis és munkatársai, 1995 nyomán módosítva).

a felmelegedés során a hidegtűrő, a lehűlések során a melegkedvelő faunaelemek maradhattak fenn. A melegkedvelő, holocén folyamán elterjedő faunaelemek megjelenése 9.600 BP évnél erőteljesebb felmelegedést jelez. Az időszakos vízborítást is elviselő, holarktikus elterjedésű, vízi tüdőcsigák (*Basommatophora*), valamint a mocsári, vízparti környezetben élő fajok előretörése figyelhető meg a 94–60 cm, mintegy 10.000–9.200 BP (9.600–8.400 CAL BC) évek között képződött üledékes horizontban. Ezek a változások egy szárazabb periódus kialakulását, a bátorligeti szélfújta mélyedésben kialakult tó vízszintjének erőteljes, periodikus csökkenését tükrözik. Ennek a szárazabb és enyhébb éghajlati viszonyokat mutató faunaszintnek kialakulása megközelítőleg egybeesik a pollenösszetételben megfigyelhető, hasonló klimatikus fázis létrejöttét jelző hárs dominanciaszintnek kifejlődésével. A két, eltérő beágyazódású bioindikátor csoport alapján rekonstruált szárazabb éghajlat kialakulását 10.000 és 9.000 BP évek közé (9.800–8.000 CAL BC) tehetjük.

Mintegy 9.200 és 5.500 BP (8.400–4.300 CAL BC) évek, 80 és 50 cm között a Mollusca-fauna ismét megváltozott. Melegkedvelő, DDK-európai elterjedésű vízi (*Anisus vorticulus*) és szárazföldi (*Pomatias rivulare*) fajok jelentek meg a szelvényben. A kozmopolita jellegű, holarktikus elterjedésű vízi tüdőcsiga fajok aránya a szelvénynek ebben a szakában

XIV–XV. század közötti szakaszában. Ugyanakkor a hidegtűrő fajok aránya ismét jelentősen megemelkedett a XIV–XV. század közötti szintben. A fokozatos feltöltődést jelző fauna-összetétel mellett a szárazföldi faunában a legkülönbözőbb élőhelyeket kedvelő Mollusca fajok kerültek elő. Ezek alapján a bátorligeti üledékgyűjtő medence körül a zárt erdőfoltok mellett, az erdei és nyitott vegetációzóna között széles szegélyzónát, és nyitott vegetációs foltokat rekonstruálhatunk. Ez a középkorban is fennálló környezeti mozaikosság jelenthette a flóra és fauna nagymértékű sokszínűségének alapját. A hidegtűrő, a pleisztocénben elterjedt, míg a recens faunában a tűzetes faunisztikai kutatás ellenére is hiányzó *Gyraulus riparius* ismételt bátorligeti megjelenése (1.406, 1.414 AD radiokarbon adatok alapján a XIV–XV. században lerakódott üledékben) egy rövid, hűvösebb éghajlati szakasz, a középkori kisjégkor első szakaszának (1.300–1.500 AD évek közötti) kialakulását jelzi az Árpád-kor végétől a török korig. A hidegtűrő, mocsári élőhelyet kedvelő *Cochlicopa nitens* fajnak a *G. riparius* fajjal szinkronban történt megjelenése is alátámasztja az eddig leírtakat. Ez az első eset, hogy hidegtűrő Mollusca fajok megjelenése alapján kimutatható volt a középkori kisjégkor kialakulása. Korábban lápok, tavak pollenelemzése, évggyűrűk, fiatal morénahalmok, eljegesedési nyomok, a grönlandi jég izotópgeokémiai vizsgálata, valamint az írott források, agrártörténeti elemzések alapján rekonstruálták a középkori kisjégkor kialakulását.

A láp peremén kialakított földtani szelvényből a felszíntől 97 centiméterig tartó szakaszból kerültek elő puhatestű héjak. A mintánkénti egyedszám minimum 102, maximum 8.200 db volt, de több esetben is meghaladta a 3.000 egyedet. Az első malakológiai horizont 97 és 88 cm, mintegy 11.500–10.000 BP (11.500–9.600 CAL BC) között található. Az állandó vízborítás igénylő fajok aránya a parti szelvényen belül ebben a horizontban a legjelentősebb és a faunában enyhébb klímát kedvelő (*Pomatias rivulare*, *Discus perspectivus*, *Vertigo angustior*), és hidegtűrő elemek (*Valvata pulchella*, *Bithynia leachi*, *Gyraulus riparius*, *Discus ruderratus*) egyaránt előfordulnak. A vízi fauna összetétele teljesen hasonló, mint a láp centrumában mélyített fúrás szelvényében talált pleisztocén végi vízi fauna összetétele és ez alapján egy hidegvízi, növényzettel kevésbé benőtt, oligotróf tavat rekonstruálhatunk. Viszont a szárazföldi faunában a pleisztocén hidegebb szakaszaiban elterjedt, hidegtűrő, erdei, boreo-alpin (*Discus ruderratus*) és a holocén során szétterjedő, erdei környezetet és enyhébb klímát kedvelő közép-európai (*Discus perspectivus*), pontikus (cuxin) elterjedésű fajok (*Pomatias rivulare*) egyaránt előfordultak. Ezt a quartermalakológiai horizontot a *Valvata pulchella*–*Discus ruderratus*–*Pomatias rivulare* paleoasszociáció jellemzi. A parti szelvény szárazföldi faunájának összetétele szinte teljes mértékben korrelálható a láp centrumában mélyített fúrás pollenelemzésének eredményeivel, a pollen alapján megrajzolt termomezofil lombos erdei elemekből és tűlevelűekből álló, zárt vegyes lombos tájgaerdő keveredésének, a tájga/lombos erdő váltásának szintjével. Feltűnő, hogy ezeknek a pleisztocén/holocén határán kialakult Mollusca-faunát alkotó fajoknak recens areája nem átfedő napjainkban. Ezért a bátorligeti láp környezetében a pleisztocén végén, holocén kezdetén mára már kihalt csigaközösségek alakultak ki. A kihalt, ma már Európában ilyen összetételben sehol sem található bátorligeti csigaközösségek a pontos recens analógiával már ugyancsak nem jellemezhető pleisztocén végi/kora holocén korú pollenasszociáció összetételéhez hasonlóak. A bátorligeti, pleisztocén végi, helyi környezeti tényezőket tükröző szárazföldi Mollusca-fauna különleges összetétele egyrészt bizonyítja, hogy a bátorligeti területen egy termomezofil erdei elemeket is megőrző erdei re-

fugium fejlődött ki. Másrészt arra bizonyítottuk, hogy a korábbi megállapításokkal szemben a pleisztocén/holocén határán a Kárpát-medencében nemcsak hideg sztyepp / nyír-fenyő erdő, hanem tajgaerdő/lomboserdő váltás is rekonstruálható. Az euxin, a közép-európai és a boreo-alpin fajok jelenléte mellett holarktikus, palearktikus és eurosibériai elemek dominálnak ebben a szintben. Az erdei fajok kiemelkedő, 90%-ot meghaladó aránya mellett a szegély zónát és nyílt területet kedvelő fajok is megjelentek ebben a szelvénytaszakaszban. A fauna-összetétel tehát már a pleisztocén végén, a holocén kezdetén rendkívül sokszínű volt. Úgy tűnik, hogy az élővilág napjainkban is megfigyelhető nagyfokú sokszínűsége (a mai hazai fauna mintegy negyede, a flórának a harmada megtalálható a lápon!) már a pleisztocén végétől fennállt a batorligeti lápon.

10.000–9.200 BP (9.600–8.400 CAL BC) évek között az állandó vízborítást kedvelő fajok, köztük a hidegtűrő elemek aránya, valamint az erdei fajok dominanciája lecsökkent, az időszakos vízborítást kedvelő elemek, a szegély zónában élő fajok aránya emelkedett. Ezek a változások egy szárazabb éghajlati szakasz, egy nyitottabb, jól átvilágított, valószínűleg erőteljesebb cserjevegetációval rendelkező erdőtípus kialakulását valószínűsítik és jól párhuzamosíthatók a láp centrumában mélyített fúrás szelvényéből megismert, a kora-holocén során kifejlődött pollen-összetételbeli és faunisztikai változásokkal. A Mollusca-faunában visszaszorulnak a boreo-alpin elemek, a hidegtűrő fajok aránya tovább csökken, megjelennek a közép-európai erdei elemek és fokozatosan emelkedett a délkelet-európai, erdei környezetet igénylő fajok aránya is. A délkelet-európai erdei fajok közül a batorligeti láp területén ma még jelenlévő *Aegopinella minor* és a recens faunában már nem található *Aegopinella pura* együttes jelenléte is igazolja a fentebb leírt összefüggéseket. Mivel az erdőssztyepp jellegű növényzetnél a nyitottabb növényzeti borítást igénylő fajok arányának is növekedni kellett volna, ezért egy különleges, jó fényáteresztő lomboszattal rendelkező és nem erdőssztyepp jellegű erdei növényzet kialakulását rekonstruáltuk ebben a szintben. Ezt a quartermalakológiai horizontot a *Planorbis planorbis*–*Aegopinella pura*–*Aegopinella minor* palcoasszociációval jellemeztük.

A következő quartermalakológiai horizont mintegy 9.200–6.000 BP (8.400–4.800 CAL BC) évek között fejlődött ki. Az állandó vízborítást igénylő fajok aránya tovább csökkent, míg az időszakos vízborítást igénylő fajok aránya pedig tovább emelkedett és a két, eltérő vízi környezetet igénylő paleoökológiai csoport aránya ebben a szintben átfordult. Ez faunaváltozás a vízszint változása mellett elsősorban egy széles, mocsaras parti övezet és valószínűleg a keményfás ligeterdő kialakulását jelezheti. Ezt támasztja alá a parti élőhelyekre, nádas, gyékényes, sásos övre jellemző *Carychium minimum* és az erdei környezetre jellemző *Carychium tridentatum* kiemelkedően jelentős aránya, a mintánként több ezer egyeddel történő előfordulása is. A tóparti mocsaras övezet kialakulását jelzi a *Vallonia pulchella*, *V. enniensis* fajok jelentős %-os aránya is. A recens elterjedés alapján rendkívül sokszínű fauna összetétel rajzolódott ki, mert a faunában a holarktikus, palearktikus, eurosibériai, európai elterjedésű fajok szinte azonos arányban jelentek meg. Ugyanakkor délkelet-európai, euxin és közép-európai (kárpáti) elterjedésű elemek is jelentős arányban fordultak elő ebben a szintben. A Mollusca-fauna összetétele alapján a Magyar Nagyalföldön kialakult holocén erdei ökológiai rendszer biodiverzitásának egyik csúcspontja, a kora-holocén zárt erdei környezet, az eredeti közép-európai őserdő kialakulását rekonstruálhatjuk 9.200 BP (8.400 CAL BC) évnél. Ebben a holocén faunában olyan ritka, az Alföldön egyedülálló, csak a középhegységi zónában, a Kárpátokban, az Erdélyi-közép-

hegységben előforduló faunaelemek éltek, amelyek kiemelkedő öskörnyezeti és rétegtani jelzőértékkel rendelkeznek, mert az interglaciális szakaszok legenyhébb, legcsapadékosabb szakaszaiban fordultak elő a negyedidőszak során. A gazdag, egyenletesen jelentős arányban jelenlévő erdei Mollusca-fauna olyan fajokból áll, amelyek a zárt erdei környezeten belül már viszonylag nagy tűrőképességűek, így a közép-európai hegyvidéken, a Balkán-félsziget északi részétől a Baltikumig mindenütt elterjedtek. Az orsócsigák mellett kiemelkedő jelentősége van a bátorligeti lápon ma is megtalálható kárpáti elterjedésű, endemikus, erdőlakó *Perforatella vicina*, az európai elterjedésű *Oxychilus glaber* és kárpátipodolikus elterjedésű *Helix lutescens* fajok kora-holocén korú jelenlétének is, mert a balkáni, ponto-mediterrán kapcsolatok mellett egy önálló, a balkáni refugiumoktól is elkülönülő, kárpáti endemizmusokat és a közép-európai hegyvidéken elterjedt elemek fennmaradását biztosító reliktum kialakulását valószínűsítik a bátorligeti területen. A fauna döntő része, az erdei elemekkel együtt jelentős arányban előkerült félárnyékkedvelő, a szegélyvegetációban elterjedt fajok (*Vallonia costata*, *Vitrea crystallina*, *Punctum pygmaeum*, *Nesovitrea hammonis*) is a zárt, gazdag cserjeszintű, kiterjedt szegélyzónával rendelkező lombos erdő kialakulását valószínűsítik ebben a malakológiai szintben. Ezt a quartermalakológiai horizontot az *Anisus spirorbis*-*Ruthenica filograna*-*Discus perspectivus* paleoasszociáció kialakulása jelzi.

A zárt erdei elemek abszolút dominanciája mellett már ebben a fauna szintben is sikerült kimutatni néhány enyhe éghajlatot kedvelő, xeromezofil, sztyepp, erdőssztyepp fajt (*Cepaea vindobonensis*, *Granaria frumentum*). A zárt erdei környezetben ezek a fajok nem fordulnak elő és holocén megjelenésük és szétterjedésük elsősorban a magyarországi erdőssztyepp környezetre jellemző, illetve a termelő gazdálkodás, a neolitizáció kialakulását követő növényzeti átalakulások során telepedtek meg. Jelenlétük az erdei környezeten belül nyitottabb, szárazabb, sztyeppjellegű növényzeti foltok kialakulását jelzi. Ezek a sztyeppfoltok vagy a természetes úton kialakult környezet mozaikos kifejlődését vagy emberi hatásra kialakult kisebb növényzeti változás kialakulását jelzik mintegy 7.500–8.000 BP (6.500–6.900 CAL BC) évek között. Hasonló korú, lokális kiterjedésű, a termelő gazdálkodást folytató közösségek megjelenése és megtelepedése előtti, ún. „*pre-neolit*” emberi hatások, így a nyitottabb növényzeti területek kialakítása, a szegélyvegetáció kiterjesztése más lelőhelyeken is kimutathatók a Kárpát-medencében. A nyitottabb növényzet kialakulása összefüggést mutathat az erdei környezetben a vegetációs periódusban megjelenő mezolit vadászközösségek megtelepedésével, a táborhelyek kialakításával. Hasonló vegetációs változások alakulnak ki a gyűjtögetett, napfénykedvelő, szegélyvegetációban terjedő növényeknek, például a mogyorónak a kezdetben talán spontán, később tudatosan elősegített terjesztésével is. Az erdei környezetet kedvelő, vadászott állatok (őstulok, szarvas, őz, vaddisznó, bölény) mozgását befolyásoló ún. „*vadászösvények*” kialakításával, vagy a lombtetés megjelenésével párhuzamosan sztyeppjellegű növényzeti foltok terjedtek el. Ezek a malakológiai adatok arra mutatnak, hogy a Kárpát-medencében és a bátorligeti láp környezetében (Hugyaj/Érpaták, Tarpa-Márki-tanya, Ciumesti II, Kamenitsa I) a kora-holocén során már bizonyítottan jelenlévő mezolit közösségek, saját tapasztalataik nyomán vagy a Balkán északi felén ekkor már megtelepedett, termelő gazdálkodást folytató neolit közösségek kulturális hatására alakították át az eredeti közép-európai őserdei környezetüket és használni kezdték a termelő gazdálkodás néhány egyszerűbb elemét. A bátorligeti láp peremén készített földtani szelvényben mért

radiokarbon adatok alapján ezek a prencolitizáció lehetőségét felvető, Magyarországon először rekonstruált malakológiai változások közvetlenül a kárpát-medencei kora-neolit közösségek, a Körös és Starčevo kultúrák legidősebb megjelenése előtt fejlődtek ki.

Ezeket a rövid ideig tartó, vagy periodikusan jelentkező emberi hatásokat tükröző és/vagy a természetes mozaikos környezet hatására létrejött malakológiai változásokat követően egy jóval erőteljesebb kvartermalakológiai változás jött létre mintegy 7.200–6.200 BP (6.000–5.000 CAL BC) évek között. A vízi, még az időszakos vízborítást is elviselő fajok szinte teljes mértékben visszaszorulnak. Az üledékben található szárazföldi Mollusca héjak mennyisége (g/kg) mintegy tízszeresére emelkedett a korábbi mintákhoz képest. Ezek az adatok a jelzett időszakban a héjak bemosódását, az erózió intenzívebbé válását, a medence parti sávjának gyors feltöltődését, a tó felületének csökkenését mutatják. A parti szelvényben kimutatott erőteljes erózió párhuzamosan fejlődött ki a láp centrumában mélyített fúrás szelvényében a gabonafélék megjelenését, a gyomnövények terjedését bizonyító pollen összetétel változással. Ezért feltételeztük, hogy a területen megjelent kora-neolit közösségek környezet-átalakító tevékenysége nyomán alakult ki az erőteljes erózió és következett be a bátorligeti láp parti részének gyors feltöltődése. Igen fontos környezettörténeti adat, hogy az erdei fajok aránya bár csökkent, de továbbra is jelentős maradt a Mollusca-faunában, sőt a bemosódás növekedése következtében egyébként ritka, az előző malakológiai zóna ismertetésénél felsorolt Mollusca fajoknak több száz, sőt több ezer egyede is előkerült. A vízi faunaelemek visszaszorulása mellett uralkodóvá vált a nyitottabb erdőtípusra jellemző, a szegélyvegetációban is terjedő, európai elterjedésű *Vitrea crystallina* faj. Ugyanakkor a korábban csak jelentéktelen mértékben és csak egy-két mintában megjelenő termofil, xerofil elemek (*Granaria frumentum*, *Cepaea vindobonensis*) folyamatos és jelentősebb arányú jelenléte mutatható ki. A boreo-alpin, hidegtűrő *Discus ruderalis* faj utolsó néhány bátorligeti egyedének a *Discus perspectivus* faj 450 egyedével együttes megjelenése igazi kvartermalakológiai szenzáció. Mivel a *Discus ruderalis* ettől a szinttől kezdődően már nem került elő, ezért feltételeztük, hogy a területről a termelő gazdálkodás megjelenése következtében szorultak vissza a késő-glaciális korból fennmaradt hidegtűrő fauna bizonyos elemei. Így a hidegtűrő, hegyvidéki, a bátorligeti lápon ma is megtalálható növények a védettebb, kevésbé bolygatott részekben glaciális reliktumként máig fennmaradhattak. Ugyanakkor az is felmerül, hogy a neolitikum előtti bátorligeti élővilág biodiverzitása még a mai, a magyarországi flóra egyharmadát és a fauna egynegyedét kitevő, kiemelkedő sokszínűséget és fajgazdagságot is meghaladó mértékű lehetett. A neolitizáció által okozott környezeti változások tehát a fajok kihalását indították el a vizsgált területen. A mintegy 7.200 BP (6.000 CAL BC) évnél stabilizálódott faunakép, a *Carychium tridentatum*–*Vitrea crystallina*–*Helix lutescens* palcoasszociáció, egy nyitottabb, jobban átvilágított, gazdag cserjeszinttel és kiterjedt szegélyvegetációval rendelkező erdei környezetre utal. Ez az erdőtípus egészen a középső bronzkor végéig, mintegy 3100 BP (1500 CAL BC) évig fennállt.

3.100 BP (1.500 CAL BC) évnél a bemosódó szárazföldi Mollusca héjak aránya a 7.200 BP (6.000 CAL BC) évnél bekövetkezett változáshoz hasonlóan jelentősen megemelkedett. A mezofil, nyílt területet kedvelő, nagy tűrőképességű fajok jelentős arányával az erdei környezetre jellemző *Carychium tridentatum* faj mellett a mocsári környezetre utaló *Carychium minimum* faj magas dominanciájával a *Carychium minimum*–*Carychium tridentatum* palcoasszociáció alakult ki. Ebben a kvartermalakológiai horizontban a Ver-

tigo pusilla, *Vitrea crystallina*, *Sphyradium dolium*, *Discus perspectivus*, *Bulgarica cana* fajok visszaszorulnak. Ez a faunaszint megközelítőleg 1500 éven keresztül, a Krisztus születését követő első évszázadig fennállt. Ezek a változások azt mutatják, hogy a középső bronzkor végén az emberi hatások ismét felerősödtek a bátorligeti láp környezetében és a neolitizáció során létrejött környezetátalakuláshoz hasonló, jelentősebb mennyiségű üledék-bemosódás, a tavi rendszer feltöltődése, a parti övezet elmocsarasodása következett be. A Krisztus születését követő első évszázadban a bátorligeti láp parti szelvényében talált malakofauna összetétele erőteljesen megváltozott. Az erdei elemek, köztük a *Carychium tridentatum* korábbi dominanciája – a fajösszetétel sokszínűségének fennmaradása mellett – erőteljesen lecsökkent és alacsony szinten stabilizálódott. Ezzel párhuzamosan a növényzeti borítottsággal szemben közömbös, vagy a nyílt területet kedvelő csigák, mint a *Succinea oblonga*, *Granaria frumentum*, *Vallonia pulchella*, *Vallonia enniensis* fajok százalékos aránya jelentős mértékben megemelkedett. Az emberi hatásra, az erdőirtások következményeként a nyílt területet kedvelő, xerotermofil fajok (pl.: *Granaria frumentum*) terjedésének kedvező száraz, meleg mikroklimatikus foltok, élőhelyek alakultak ki, miközben az éghajlat hűvösebbé és csapadékosabbá válása a hidegtűrő és higrofil elemek (pl.: *Succinea oblonga*) terjedésének kedvezett. A Mollusca-faunából előkerültek a késő-vaskori, római kori erdőirtások nyomán a Balkán-félsziget északi részéből a kárpát-medencei láprétekre, mocsarakra kiterjedő *Monacha cartusiana* faj egyedei is. A fejlett vasszűzőkkel rendelkező kelta közösségek erdőirtásai nyomán ez a nedves aljzatú, nyitott területeket, láp- és mocsárréteket kedvelő faj meg tudott telepedni a Kárpát-medencében. Ennek az antropogén hatásokra terjedő fajnak először sikerült a Kárpát-medencében radiokarbon-méréssel megadni a megjelenési idejét (1.925 BP év = Krisztus utáni 77) és azt összehangolni a régészeti lelőhelyeken már korábban megismert Mollusca-fauna összetételével. Ezek a malakológiai adatok azt bizonyítják, hogy az egyes kultúráknak a környezettel kialakított viszonya, a növényzet átalakítása jelentős változásokat okozhatott az egykori Mollusca-faunában. Ilyen változásnak és adventív terjedésnek tekintem a *Monacha cartusiana* faj megjelenését a bátorligeti láp területén a Krisztus születése körül, mert ugyanebben az időben az Alföldön, közte a vizsgált területen jelentős lélekszámú kelta közösségek telepedtek meg, amit a bátorligeti láp közelében feltárt kelta temető is alátámasztott. Ezt a kétezer éve kialakult, emberi hatásra erőteljesen módosult Mollusca-faunát *Carychium minimum*-*Vallonia enniensis*-*Monacha cartusiana* paleoasszociációnak neveztük el.

A bátorligeti Mollusca-faunát és az élővilág összetételét alapvetően meghatározta, hogy a területen kettős és speciális refugium hatás alakult ki. A kárpáti, balkáni lombos (és tűlevelű) erdei elemek csökkenő arányú fennmaradása mellett a holocén éghajlati hatások és az egyre erőteljesebb antropogén erdőirtások nyomán megjelent fajok révén alakult ki a mai élővilág.

A Mollusca-fauna mellett jelentős számú gerinces lelet került elő a bátorligeti parti szelvényből. A gerinces leleteket Kordos László dolgozta fel. A gerinces maradványok megtartási állapota alapján két szintet lehetett elkülöníteni, mert 40 cm felett (szerves anyagban dúsabb üledék) és alatt (mésziszap, édesvízi mészkő) teljesen más volt a csontok megtartási állapota. A gerinces anyag, a csontok fosszilizációs foka a mésziszap képződésének lezárulását követően, a jelentősebb szerves anyag tartalmú közegben megváltozott. A gerinces maradványok között különböző, elsősorban mérsékelt és humid erdei

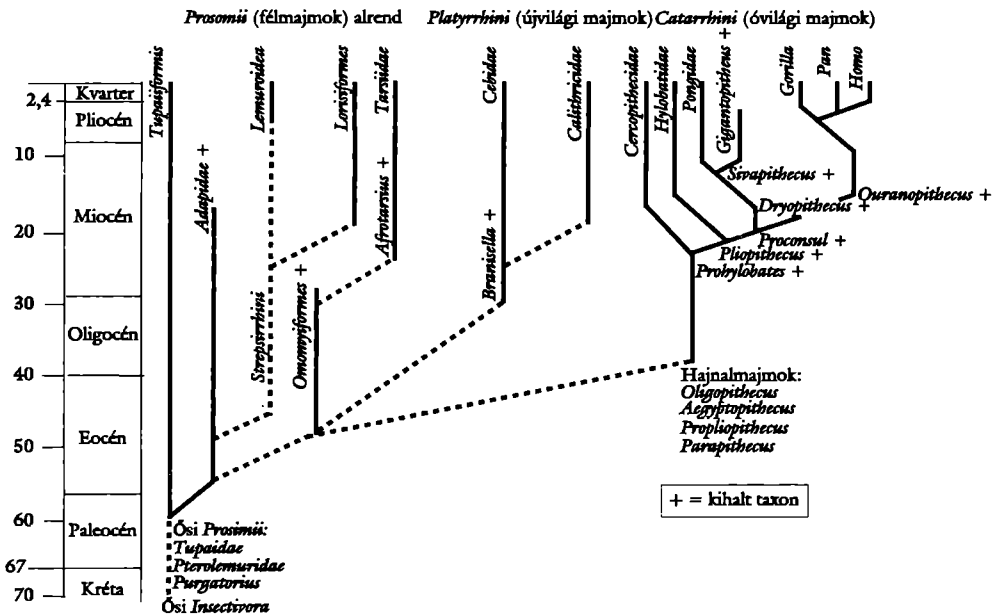
környezetben élő pocok (*Pitymys subterraneus*, *Myodes glareolus*), pele (*Muscardinus avelanarius*), egér (*Apodemus sylvaticus/tauricus*) és cickány (*Sorex cf. minutus*) fajok dominálnak. Ugyanakkor megtalálhatók a nyíltabb területet kedvelő, bokros és füves területekre jellemző mezei pocok (*Microtus arvalis*), vakond (*Talpa europaea*), gyík (*Lacerta*) és a nedves környezetet igénylő vízi pocok (*Arvicola terrestris*) fajok is. A rágcsálók mellett alárendelten, de jelen voltak a nedves, vizes élőhelyekre jellemző békák (*Rana*), kígyók (*Ophidia*) csontjai is, sőt halmaradvány (*Pisces*) is előkerült a rétegsorból, alátámasztva a Mollusca-fauna alapján rekonstruált tavi állapotot. A medencében felhalmozódott gerinces fauna alapján igen sokszínű, eltérő környezet, egy biofációs sor rajzolódik ki a zárt erdőtől a nedves réteken, vízparti mocsarakon keresztül a sekély tavi állapotig. A faunában nem csak megtartási állapotban, hanem fajgazdagságban is megfigyelhető egy erőteljes változás 40–50 cm közötti az emberi, kora-neolit kori termelő gazdálkodás megjelenését követően. A neolitikum előtti viszonylag gazdag fauna a kora-neolit közösségek hatására fokozatosan elszegényedett, sokszínűsége, fajgazdagsága és a gerinces fauna egyedszáma lecsökkent, előtérbe kerültek a nyílt növényzeti területet kedvelő fajok. Ez a gerinces faunában bekövetkezett változás párhuzamosan alakult a Mollusca-fauna alapján rekonstruált nyitottabb erdőtípus kifejlődésével. A fauna összetétele alapján a 40–50 cm közötti szint az atlantikum során létrejött éghajlati optimum idején alakulhatott ki, amikor a lápon az egykori júliusi középhőmérséklet 17,6°C fok volt a pocokhőmérő alapján. A gerinces mintával azonos anyagból származó radiokarbon adat (7.142 BP év, 6.008 CAL BC) alátámasztja az atlantikus kort, a Mollusca-fauna összetétele pedig a meleg és csapadékos éghajlatot, bár a malakofauna alapján az egykori júliusi hőmérséklet magasabb volt, mint a pocokhőmérő alapján számított érték. A döntően holocén felmelegedés kialakulását követően szétterjedő fajok mellett pleisztocén maradványelemként fogható fel az *Ochotona* (fütyöntő nyúl) holocén jelenléte.

7. Az ember és környezete kapcsolatának rövid története

Az eddigi tudományos eredmények alapján a főemlősök (*Primates rend*) fejlődése, az emlősöktől történő elkülönülése, már a kainozóikum kezdetén, paleocén időszakban, mintegy 60–70 millió évvel ezelőtt megkezdődött (60. ábra). Evolúciójuk több szakaszra osztható. A legelső főemlősök, a mai mókuscickányra (*Tupaia*) emlékeztető állatok voltak, amelyek a legkorábbi, még differenciálatlan rovarvőktől (*Insectivora*) származtak, ezért ezt a szakaszt *tupaia*- vagy korai evolúciós szakasznak nevezzük. A mókuscickányok ma Ázsia DK-i részén élnek és szerkezeti felépítésük rendkívül hasonló a félmajmokéhoz (*Prosimii* alrend), ezért a félmajmok legősibb csoportjának tartják őket. A korai *Tupaia*-félék az észak-amerikai és az eurázsiai kontinensekből álló, egységes nagy Laurázsiai (északi) kontinensen éltek. Ugyanebben az időben Laurázsia keleti részén (*Pterolemuridae*) és Afrikában (*Purgatorius*) más korai, már kihalt félmajmok is megjelentek. Így a korai főemlősöknek a csontjai ezeken a kontinenseken, a harmadidőszak kezdetén lerakódott szárazföldi rétegekben mindenütt megtalálhatók. Ezeknek a legősibb főemlősöknek, hasonlóan a csak Dél-Amerikában élő, ún. „újvilági” vagy szélesorrú majmokhoz – eltérően a két előzárpfogú ember és az „óvilági” vagy keskenyorrú majmok fogszerkezettől – három előzárpfoguk, míg az afrikai *Purgatorius* csoportnak 4 előzárpfoguk volt.

A globális lemeztektonikai események hatására szétváló, elszigetelődő kontinenseken eltérő evolúciós fejlődésen estek át az egyes főemlős csoportok. Európában viszonylag hamar kihaltak, míg Dél-Amerikában, Ázsia délkeleti részén napjainkig fennmaradtak. A *Tupaia*-szakasz során már megjelentek a makik legősibb csoportjai, Európában az *Adapis*, Amerikában a *Northarctus* fajok és a félmajmok fejlődése során kialakult a *lemur-tarsoid* evolúciós szakasz. Ebben a szakaszban formálódtak ki a ma élő makik (*Lemuroidea*), koboldmakik (*Tarsiidae*), lajhármakik (*Lorisiformes*) ősei. A félmajmok őseinek szétterjedését követően megindult evolúciós változások hatására jöttek létre a magasabb rendű vagy valódi majmok (*Anthropoidea*) alrendjének legősibb taxonjai. A lemeztektonikai események hatására végbement izolált fejlődés következtében már az oligocén végén megjelentek a Dél-Amerikában elterjedt szélesorrú (*Platyrrhini*) vagy más néven újvilági (*Ceboidae*) majmok első csoportjai (60. ábra). Az ember származása szempontjából oldalági fejlődésnek tekinthető csoportba sorolhatók a csuklyásmajmok (*Cebidae*) és a selyemmajmocskák (*Callithricidae*). A félmajmok és a szélesorrú majmok jellegzetesen trópusi, esőerdei környezetet igényelnek, főként gyümölcs-, lomb-, és magfogyasztók. Kialakulásuk

és evolúciójuk során elterjedésük a kiegyenlített hőmérsékleti, jelentős csapadékmennyiséggel jellemezhető zárt trópusi erdőkhöz kötődött.



60. ábra.

A főemlősök (Primates) rend fejlődése

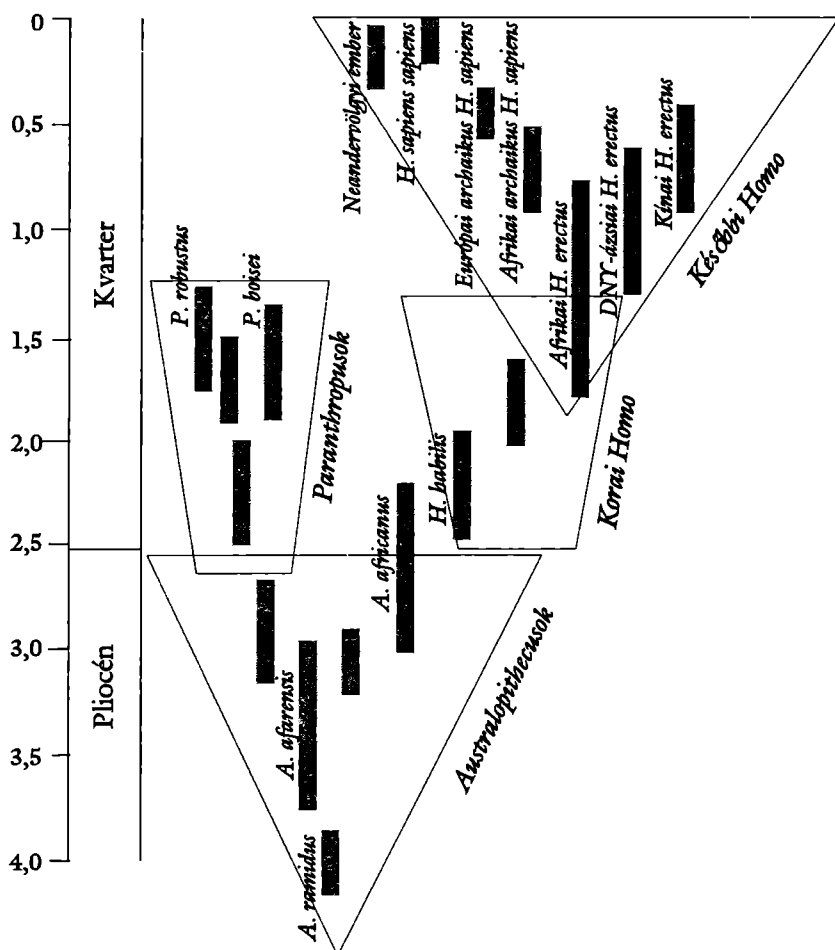
(Szalai-Delson, 1979, Simpson, 1962, Groves, 1995 munkái nyomán megszerkesztve).

Ugyanekkor indultak fejlődésnek az óvilágban a keskenyorrú majmok (Catarrhini) is. A leletek alapján az Afrika északi részén élő félmajom csoportok jelentős fejlődésnek indultak és a fayumi oázisban, 37–25 millió éves tavi rétegekben talált maradványok alapján az első valódi majmok, köztük, az ember és a majmok közös őseit is tartalmazó, emberszabású majomősők, az ún. „hajnalalmajmok” ezen a területen fejlődtek ki. A hajnalalmajmok közé soroljuk az oligocén során kialakult, az eocén félmajmoknál már jóval fejlettebb óvilági majmok őseit (*Oligopithecus*, *Aegyptopithecus*, *Parapithecus*, *Propliopithecus*). Ezek az ősi csoportok a harmadidőszak folyamán, Kelet-Afrikában fejlődtek tovább. Az Antarktiszi déli pólus közelébe sodródása, a Kelet-Afrikai-hegyvidék és afrikai árokrendszer fokozatos kialakulása következtében Afrikának ez a területe a relatív lehűlés hatására fokozatosan átalakult, így az őserdei, paleotrópusi növényzet Afrika egyenlítői, etiópiai területein és Eurázsia déli részein maradt csak fenn és Kelet-Afrikában pedig szavanna-szerű növényzet fejlődött ki. A megváltozott környezetbe került erdei ősmajmok, a *Dryopithecus*-félék, valamint az emberré válás evolúciós vonaláról levált, fán függeszkedő, ún. „brachiátor” életmódot folytató gibbonok (*Hylobatidae*) a környezetváltozás hatására, a mintegy 15 millió éve kialakuló arábiai földhídon vándoroltak át és terjedtek szét a paleotrópusi növényzettel borított eurázsiai területeken. Ennek a környezeti hatásra megindult rendkívül progresszív fejlődésnek a hatására a miocén korú ősmajom plasztikus, diffe-

renciálatlan, ősi csoportjainak óvilági fejlődése során alakultak ki az emberszabású majmok és maga az ember is (60. ábra). A bonyolult, máig tisztázatlan evolúciós folyamat egyik láncszemét alkotják a kezdetben a *Ramapithecus*-, majd a *Dryopithecus*-félékhez sorolt, leghíresebb magyarországi ősmajom maradványok, a legszerencsésebb kezű „majomvadász”, *Hernyák Gábor* geológus által Rudabányán megtalált, *Kretzoi Miklós* paleontológus és tanítványa, *Kordos László* által feltárt és feldolgozott, eredetileg *Rudapithecus hungaricus*-ként leírt leletek is. A miocén ősmajmok és az első emberszerű lények megjelenése között több millió éves, máig feltáratlan, lelethiányos űr tátong, így az egyes evolúciós változások rendkívül nehezen, hipotetikusán rekonstruálhatók csak.

De mi alapján különítjük el az első embereket az ősmajom ősöktől? A legfontosabb különbségek: a stabil két lábon járás, az agykoponya egészének és arányainak átfarmálódása, az agykoponya térfogatának megnövekedése, az arckoponyarész csökkenése, a fogazat emberszerűvé, a fogív parabolikussá válása. Vagyis a csontokon megfigyelhető anatómiai tulajdonságok alapján különíthetjük el az első embereket az ősi majmoktól. Az itt leírt csonttani jellegzetességekkel két jelentős csoport is rendelkezett: a pliocén során, mintegy 6 millió éve kialakult, Afrikát mintegy 3 millió évvel ezelőtt benépesítő és a negyedidőszak során kihalt, már kőszközöket is használó *Australopithecus*-félék, és a negyedidőszak kezdetén megjelent, kezdetben az *Australopithecus*ok között élő, *Homo* nemzetség első tagjai. A paleoantropológiai adatok alapján az első *Homo* egyedek agytérfogata már meghaladta a csimpánzét, kétszerese volt a korai *Australopithecus*ok agytérfogatának és fogazatában alig jelentkezett különbség közte és a modern ember között. Az eddigi adatok alapján úgy tűnik, az *Australopithecus*okból nem alakulhattak ki az emberek, mert anatómiai felépítésük több vonásban is más irányban specializálódott (koponyaszerkezet, fogazat, stb.). Ezek alapján a kutatók egy része feltételezi, hogy az emberre válás útján két (mások szerint több), majdnem párhuzamos evolúciós kísérlet történt és az *Australopithecus*oké sikertelen volt, míg a *Homo* alternatíva (ezideig) sikeresnek tekinthető. Az eddigi adatok arra mutatnak, hogy a negyedidőszak kezdetén a fokozatos és ciklikus éghajlatváltozás hatására bekövetkezett környezetátalakulás a táplálék-specifikus *Australopithecus*-félék viaszosorulásához, majd kihalásához vezetett, míg ugyanezek a változások az igen sokféle környezethez, változó éghajlati feltételekhez alkalmazkodni képes *Homo* nemzetség tagjainak elterjedését okozták (61. ábra). Így a *Homo* taxonok a negyedidőszaki éghajlat- és környezetváltozás során egyre sikeresebb és elterjedtebb csoportokat alkottak.

Ameddig az ember és a majmok közös, differenciálatlan ősi csoportjai léteztek, környezetükre nem gyakoroltak jelentősebb hatást, mint bármely másik, a Földünk biológiai rendszerét alkotó élőlény. A fogazat alapján ezek az ősi főemlősök, ősmajom taxonok elsősorban gyümölcsöket és különböző növényi részeket, ízeltlábúakat, esetleg kisebb rágcsálókat fogyaszthattak. Valószínűleg az előbb felsorolt teljes spektrum alkotta az étrendjét a negyedidőszak kezdetén megjelent, a mindenevőkre jellemző gumós fogazattal rendelkező első embereknek is. Ez a sokirányú alkalmazkodást tükröző és lehetővé tevő anatómiai bélyeg az sugallja, hogy az emberiség kialakulása kezdetén, a táplálékpiramisban primer fogyasztó lehetett. Az ember táplálékláncban történő felemelkedésére a stabil, jelentős tömegű fehérjeforrások, a nagytestű, afrikai szavannán élő növényevő állatok hújának megszerzése nyújtott lehetőséget. A kutatók egy csoportja szerint a vadászat igen fontos szelektáló tényező lehetett a korai emberekénél, és az összehangolt csoportos vi-



61. ábra.

A *Homo* taxonok előretörése és az *Australopithecus* csoportok visszaszorulása a harmadidőszak végén, a negyedidőszak kezdetén (egy lehetséges alternatíva) (Groves, 1995 nyomán megszerkesztve).

selkedés kialakulását, a sokirányú idegrendszeri fejlődést, az emberi nem biológiai változását indíthatta el. A korábbi elméletek és leletértelmezések alapján a korai emberfajták felemelkedésében, átalakulásában, csoportos viselkedésének kialakulásában a nagytestű növényevők vadászata lehetett a legfontosabb mozgató tényező. A legújabb kísérleti régészeti, palcoantropológia elemzések, a leletek újrvizsgálata alapján felmerült a lehetőség, hogy a korai emberek nagyragadozókat követő (ún. „lopakodó dögevő”) életmódot folytattak, és a ragadozók által elejtett és meghagyott zsákmányt fogyaszthatták, ezáltal jutottak jelentős fehérjeforrásokhoz. Ez az életmód, a nyílt, magas fűvel borított szavannákon kialakult rendkívüli veszélyek, a ragadozók közelsége, a szavannai dögevőkkel ki-

alakított *kompetitor* (vetélytársi) viszony is igen jelentős mértékben segíthette az idegrendszer és a társas viselkedés fejlődését.

Hogy mennyire sikeres lehetett a korai embereknek ez az újfajta életmódja, a „*nagyragadozókat követő életmód*” modell megalkotói szerint az bizonyítja legjobban, hogy a biológiai vetélytársak közül három dögevő hiénafaj is kihalt az alsó-pleisztocén során, a korai ember elterjedésének színterén, az afrikai szavannán, feltételezhetően az új és sikeres vetélytárs, a korai emberek kompetíciós nyomásának a hatására. Úgy tűnik, hogy a korai emberfajták „*lopakodó vagy gyűjtögető dögevő*” vagy más néven „*nagyragadozókat kísérő kompetitor*” életmódja a táplálékpiramison belüli felemelkedés lehetőségét teremtette meg. Viszont ez a felemelkedés törvényszerűen együtt járt más állatfajok visszaszorulásával, a kompetitor modell szerint a vetélytárs hiénák kihalásával. Ezt a változást, a dögevő vetélytársak kihalását tekinthetjük az antropogén környezetterhelés kezdetének. Az emberi faj felemelkedése tehát már a kezdeti szakaszban is környezeti változással járt együtt, vagyis az emberi közösségekben bekövetkezett életmódbeli (mondhatni „*társadalmi*”) változások következményei a környezetre ható változásként jelentkeztek már az emberi faj kialakulásakor is. Természetesen ebben a periódusban még a környezeti átalakulások hatása több nagyságrenddel haladta meg az emberi befolyás mértékét, mégis a környezettörténeti adatok és modellek azt sugallják, hogy a korai „*habilin*”-nek nevezett emberfajták is jelentős, bár nem döntő hatással lehettek környezetükre. A dögevő életmód jól megmagyarázza a *habilin* csontleletekkel együtt megtalált csontfeltörésre (csontvelő megszerzésére) alkalmas nagyobb köcsközők és a hús gyors leválasztására jól használható éles eszközök korai megjelenését, mert ezek az eszközök a ragadozók által hátrahagyott állatok gyors feldarabolását és elszállítását tették lehetővé. Így a korai emberfajták a biológiailag a dögevésre specializálódott és alkalmasabb élőlényekkel (hiénák, sakálók, keselyűk) szemben is versenyzépesek lehettek. A dögevő életmód nem igényelt munkamegosztást, bár a szavannán élő korai emberhordákon belül feltehetően olyan agresszivitáson, erőn alapuló rangsor és vonulási sor fejlődött ki, mint az a mai pávián csoportoknál megfigyelhető. Stabil lakóhely ekkor még nem alakulhatott ki, inkább alvóhelyek, állatmaradékokat rejtő helyek, valamint az ezeket körülvevő vonulási övezetek, gyűjtögetésre, nagyragadozók követésére alkalmas jelentős kiterjedésű területek, ahol a *habilin* csoportok – hasonlóan a mostani páviánhordákhoz – napközben mozoghattak, táplálékot gyűjtögethettek, vagy a nagyragadozók hátrahagyott zsákmányait megszerezhették.

A korai emberek fejlődése következtében, mintegy másfél–kétfélmillió évvel ezelőtt új, progresszív humán csoportok, az előemberek (*Homo erectus*) jelentek meg és a negyedidőszaki igen erőteljes éghajlatváltozásokat követő tengervízszint változásokat, a szárazföldi hidak, földnyelvek kialakulását kihasználva ezek a korai *Homo erectus* csoportok szétterjedtek Földünkön és Afrika északi részein, Európában, valamint Ázsiában is megjelentek (61. ábra). A korai emberekhez képest az előemberek anatómiai bélyegei jelentősen megváltoztak. A legfeltűnőbb változás az agykoponya erőteljes növekedése, az arckoponya – különösen az orr alatti arcrészt – nagyfokú redukciója volt. Ennek a változásnak a következménye, hogy a hátsó fogak, amelyek meglehetősen nagyok voltak az intenzív használat következtében, olyan helyzetbe kerültek, hogy használatuk és ezzel méretük is lecsökkent. Több kutató is feltételezi, hogy ezekkel a változásokkal egy időben – valószínűleg vízparti területekhez köthető – adaptív változás is lejátszódott és az előemberek kialakulásával az ősi csoportokra jellemző vastag szőrzet erőteljesen lecsökkent és megje-

lentek a bőrön az izzadságmirigyek. Bár már néhány bizonytalan jel arra utal, hogy a negyedidőszak kezdetén élő korai emberi csoportok is használhatták a tüzet, de az előember lelőhelyek vizsgálata alapján a *Homo erectus* egyértelműen és általánosan elterjedten használta azt. A lelőhelyeken felhalmozott csontanyag elemzése alapján az előember bizonyos csoportjai már biztosan vadásztak. Az észak-afrikai leletek alapján az ott élő népesség szinte minden, a területen élő rágcsálóra és növényevőre vadászott, míg a pekingi leletek alapján már specializálódott, döntően két szarvas fajra koncentrálni vadászatot is folytatott az előember. A korai, a negyedidőszak kezdetén kialakult emberi csoportokkal azonos rétegben talált, helyenként bizonytalan emberi alakítások nyomait viselő, rendkívül egyszerű eszközökhöz képest az előembernek sokféle elkészítési technikát igénylő, változatos eszközkészlete volt. A franciaországi és olduvai lelőhelyek alapján növényekből készült szárnyékot, szélfogót, kunyhót is készítettek. A leghíresebb előember lelőhelyek, a Peking melletti Csoukoutieni-barlangban, a jávai Trinil, Modjokerto, az afrikai Ternifine, Koobi Fora, Olduvai-hasadék, a görögországi Petralona, a németországi Steinheim, az angliai Swanscombe és a magyarországi Vértesszőlős.

Hazánk méltán leghíresebb ősrégészeti lelőhelyét, az előember egyik megjelenési pontját Pécsi Márton találta meg 1962-ben, egy egyetemi terepgyakorlat során, amikor a vértesszőlősi édesvízi mészkőterületet feltáró kőbányában alsó-paleolit kavicseszközöket (choppereket) talált elszennsenedett csontokkal együtt. A lelőhelyet Vértesszőlős László tárta fel egy kutatócsoporttal (Járvainé-Komlódi Magdolna, Kretzoi Miklós, Krolopp Endre, Moldvay Loránt, Pécsi Márton, Skoflek István stb.) együtt. A leletek édesvízi mészkőrétegek közé zárt mészszipban, illetve löszös homok és édesvízi mészkő közötti mészszip rétegben összefüggő, csontokkal, eszközökkel teli, több, egymást követő járósintzből kerültek elő. Az egész területen öt, egymástól nem nagy távolságra lévő táborhelyet mutattak ki, de feltételezhetően az eredeti táborhelyek száma több is lehetett. A táborhelyeken 4–5 kultúrréteget is sikerült feltárni. A táborhelyeken talált égett csontok alapján a vértesszőlősi előember zsíros csontokkal tüzelt, egészen pontosan zsíros csontokat égetve őrizte a tüzet. A lelőhely különlegessége, hogy jelentős mennyiségű állati és egy bizonytalan, vitatott emberi lábnyom is előkerült a diagenizálódott mészszip felszínéről. A lelőhelyről előkerült több ezer darab, egyértelműen ember által készített alsó-paleolit kavicseszköz került elő, amelynek szerepe máig nem tisztázott, de az vizsgálatok alapján nem vadászatra használt eszközök. A kultúrrétegek iszapolásakor több, egyértelműen az előemberhez sorolható gyerekfog került elő, majd a táborhelyektől elkülönülve egy *Homo erectus* nyakszirt-csontot is sikerült feltárni. A kultúrrétegek gerinces faunájában nem lehetett kronológiai különbséget kimutatni. A gazdag faunában kiemelkedik az ősi medvék (*Ursus deningeri*, *U. stehlini*), oroszlánok (*Leo gombaszoegensis*, *Leo spelaeus wuermi*), patások (*Equus mosbachensis*, *Bison priscus*) jelentős aránya, a kis méretű sztyeppe farkasok (*Canis mosbachensis*) jelenléte. A lelőhely pontos korát néhány utólag vett minta elemzése alapján vitatják, de az alsó rétegekből előkerült kihalt, meglekvedelő alakok, az őshód (*Trogontherium*), etruszk orrszarvú (*Rhinoceros etruscus*), az ősi egér- és pocokfajok (*Mus synantropus*, *Pitymis arvalidens*), valamint a kardfogú tigris (*Machairodus*) jelenléte alapján a lelőhely egyértelműen a középső-pleisztocén felső-bihari szakaszának tarkói hullámaival párhuzamosítható. A paleobotanikai leletek, a Mollusca és a gerinces fauna nyomán, a lelőhelyen a profil mentén felszín felé haladva, időben fiatalodva egy fokozatos lehűlést, egy interglaciális / glaciális ciklus határának kialakulását sikerült kimutatni. A vértesszőlősi Mol-

lusca-faunában, a *Helicigona vertesi* biozónába sorolható szintben jelentkeznek utoljára az idősebb pleisztocénra jellemző, a középső-pleisztocén végén kihalt ún. „egzotikus” alakok (pl.: *Aegopis klemmi*, *Zonitoides sepultus*). Uránium–thórium vizsgálatok alapján a telep megközelítő kora 350 ezer év. Annak ellenére, hogy vadászszerszám nem került elő, a vértesszőlősi telepen talált állatok döntő része növényevő csordaállat, míg a telep közelében található természetes kitöltésű hasadéokban a csordaállatok aránya 10% körül mozog. Ugyanakkor a medvék aránya a hasadéokban meghaladta a 60%-ot, míg a telep szintjében nem érte el a 10%-ot. Ezek az adatok egyértelműen az állatok közötti emberi szelekcióra utalnak. Az archeozoológiai adatok és az eszközök elemzése közötti látszólagos ellentmondás alapján a telep embere feltehetően az édesvízi mészkőrétegeket létrehozó tetratiták, források és az Által-ér csúszós, mészsízzal borított, meredek partjain zavarhatták meg a nagyobb tömegben inni járó csordaállatokat és a pánikban, az eltiport, vagy megsérült állatokat, valamint a ragadozók által elejtett, hátrahagyott friss maradékot gyűjthették össze. Ez a tevékenység már csoportos, koordinált viselkedést, a szociális evolúció megindulását feltételezi és a préda megismerésének alapelemeit hordozza magában. A táborhelyek kiterjedése alapján is a csoportos, koordinált életmódra következtethetünk.

A különböző előemberi lelőhelyekről összegyűlt paleoantropológiai, geológiai és őslénytani adatok alapján a *Homo erectus* az elődeihez képest jelentős anatómiai, életmódbeli és szociális fejlődésen ment keresztül. A társas viselkedés, az eszközkészítés által is indukált erőteljes encephalizáció, a tűz használata, az épített, ideiglenesen használt táborhelyek kialakítása mellett a nagyragadozókat követő, ún. „gyűjtögető dögevő” életmód is megváltozott és megjelenik a vadászat, sőt a néhány fajra koncentrált specializált vadászat is. Ezek a változások azt mutatják, hogy a másfél-kétmillió éve megjelent előemberek a középső-pleisztocén második felére, mintegy 300 ezer éve eljutottak odáig, hogy a kifejlődött társas viselkedésük és a biológiai evolúciójuk eredményeként, valamint a tűz felhasználásával a táplálékpiramison a ragadozók pozíciójának megfelelő szintre léptek. Ennek a változásnak hatására az előemberek a csoportosan vadászó kisragadozók konkurenciáját alkották, a csoportos ragadozók vetélytársaivá váltak. Az emberi faj az előemberi szinten már jelentősebb hatással lehetett környezetére, mint a korai emberek. Ez a hatás a biológia rendszerek szintjét nem haladta meg, a Föld növényzetét, állatvilágát, talajait átalakító legjelentősebb módosító tényező ekkor még a globális éghajlatváltozás volt.

A legújabb paleoantropológiai adatok alapján már a középső-pleisztocén végén megjelent az értelmes ember és az ősi koponyaszerkezeti jegyekkel rendelkező előemberek és a modernbb koponyaszerkezettel rendelkező ősemberek az előkerült maradványok alapján több helyen együtt éltek. Afrika és Európa majd minden területén, Közel-Keleten, Közép-Ázsiában, Távol-Keleten is előkerültek, bár eltérő korban, a *Homo sapiens* legősibb csoportjainak maradványai és eszközei. Mind a neandervölgyi ősember, mind a modern ember korai csoportjai jellegzetes kultúraalkotó, fejlett, családi-törzsi szerveződésű társadalmi lények voltak. A lelőhelyek, vadásztáborok száma százszorososan múlja felül az előember korát, de egy-egy lelőhelyen többszöri megtelepedési szintet, megismétlődő időszakos megtelepedést is ki lehetett mutatni, így az előember korához képest mindenképpen jelentős népességnövekedéssel, az emberiség történetének legkorábbi demográfiai hullámának kialakulásával kell számolnunk a középső-paleolitikum, az ősember kialakulásakor. A megtalált több száz csontváz alapján az ősember agykoponyájának a mérete jelentősen megnőtt, helyenként még a mai emberét is meghaladó mértékű lett. A tarkórész

lekerekedett, a homlok felboltozódott, állkapocs szerkezete átalakult. A legújabb adatok alapján a ma élő emberek ősei és a kihalt, az első felismert leletek alapján neandervölgyinek nevezett ősember csoport párhuzamos fejlődéssel alakultak ki, maga a neandervölgyi ősember (*Homo sapiens neanderthalensis*) a modern ember egyik kihalt rasszának tekinthető. A neandervölgyi csoportok igen fejlett, mai embert meghaladó méretű agykoponyával, ősi típusú, erős homlokeresszel és állkapocssal, laposan boltozódó koponyával, kontyos tarkócsonttal, általában archaikus felépítésű, erős csontvázsal rendelkeztek, bár ezek a jellegek területenként változtak, és eltérő mértékben fejlődtek ki. A neandervölgyi ősember telephelyeinek elemzése és tafonómiai vizsgálata alapján az ekkor élt ősembereknek már fejlett halottkultuszuk, valószínűleg kultikus szertartásaik is voltak. A szertartások részeként – a mai pápuák egyes csoportjainak viselkedéséhez hasonló – a halottkultusz megnyilvánulásaként értelmezik az égett és feltört emberi csontokat az ősemberi lelőhelyeken. A neandervölgyi ősember telepein az előemberhez képest sokkal változatosabb, minden eddigénél bonyolultabb technológiával készített – helyenként több ezer-köszkő került elő. Volt olyan lelőhely, ahol a rétegben lévő föld nem látszott az egymás mellett beágyazódott kőeszközöktől. A würm glaciális hideghullámában Európába vándorló neandervölgyi ősember elsősorban barlangokban vagy azok környékén éltek, jégkorszaki állatokra (mamut, vadló, bölény, kőszáli kecske, gyapjas orrszarvú, barlangi medve) vadásztak.

Magyarországon több középső-palcolit lelőhely is található. Az elsőnek feltárt és az egyik legfontosabb lelőhely a Bükk-hegységben, Cserépfalu határában a Hór-völgyben, a Subalyuk-barlangban található. A barlang termét a *Dancza János* által megkezdett, Kadić Ottokár által 1932-ben befejezett és 1938-ban monografikusan publikált ásatáson feltárt, 6–7 méter vastag, 18 különböző színű és eltérő összetételű üledékréteg töltötte ki. A Kadić-féle ásatáson nem nyertek ki mikrogerinces anyagot, bár utólag Vértes László néhány szintből, ásatásból fennmaradt üledékanyagot gyűjtött. Ennek alapján megállapítható, hogy a rétegsor a riss/würm interglaciális kortól a würm első hideghullámának végéig halmozódott fel. A rétegsoron belül két, finomabb felbontás alapján valószínűleg több szintre is bontható kultúrréteget lehetett kimutatni. A barlang két szintjében talált kőeszközök vizsgálata alapján ugyanannak az embercsoportnak az utódai tértek vissza. A barlang felső rétegében egy felnőtt nő és egy 6–7 éves gyermek csontvázának maradványa került elő. Mindkét subalyuki kultúrrétegben több tüzelési helyet lehetett kimutatni. A faszenek vizsgálata alapján az alsó kultúrréteg horizontjában a vegyes lomboserdő, tűlevelű és lombos fák alkották a Subalyuk-barlang környéki erdőket. A csontmaradványok alapján jelentős mennyiségű kőszáli kecske (*Capra sewertzowi ibex*), barnamedve (*Ursus arctos*), barlangi medve (*Ursus spelaeus*), gímszarvas (*Cervus elaphus*), alpi farkas (*Cuon alpinus*) került elő. A madarak között a császármadár (*Tetrastes bonasia*), a nyírfajd (*Lyrurus tetrrix*) és a siketfajd (*Tetrao urogallus*) csontjai jelentős mennyiségben kerültek elő. A gerinces fauna összetétele is alátámasztja, hogy a subalyuki neandervölgyi embereket erdei környezet vette körül. A felső kultúrrétegben a barlangi medve a leggyakoribb állatmaradvány, de jelentős számban találhatók nagy testű vadló (*Equus abeli-mosbachensis*), zerge (*Rupicapra rupicapra*) maradványok, valamint előkerültek rénszarvas, mamut és kőszáli kecske csontok is. Ugyanebben a szintben a faszenek alapján a hidegtűrő cirbolyafenyőt (*Pinus cembra*) is tartalmazó tajgaerdőket lehetett rekonstruálni. A Subalyuk-barlang régészeti leletei döntően moustérien típusú kőeszközökből álltak, az alsó

szintben háromszögletű, csúcsba futó, mindkét élén kagylós pattintással retusált, finoman kidolgozott hegyek, hosszított, pengeszerű formák az uralkodóak. A felső szintben az eszközök kisebb méretűek, a technikai fejlődés következtében mikrolitizálódtak és változatos felépítésű kaparóformákat tartalmaznak. A mostérien eszközkészletben 4-6 cm hosszú, falevél vagy szilvماغ alakú mindkét oldalán megmunkált, helyi kőipari specialitásnak tekinthető hegyek is előkerültek. Ezek a helyi eszközök a felső szintben az eszközkészletnek már 25%-át alkották. A subalyuki neandervölgyi embereknel a vadászati magatartásukban is megismerhettünk egyedi vonást, mégpedig a kőszáli kecskére specializálódott vadászatot.

A subalyuki lelőhely fiatalabb szintjével párhuzamosítható a tatai gimnázium alatt található ősember lelőhely, ahol az egyik, a riss-würm interglaciális során még aktív, majd elapadt melegvízű forrás, egy kiszáradt tetarata tál alakú medencéjében felhalmozódott, talajosodott lösz, illetve lösz felszínén telepedtek meg a középső-paleolitikum emberei. *Kormos Tivadar*, a Magyar Állami Földtani Intézet paleontológusa jelentetett meg monográfiát a lelőhely feldolgozásáról, majd *Vértés László* végzett a területen újabb kutatásokat, napjainkban pedig *Dobosi Viola* dolgozik a lelőhely feltárásán. A Kormos-féle ásatáson jelentős mennyiségű mamutborjú csontot, apró kőeszközöket, tűzhelyfoltokból származó faszeneket tártak fel. Ez alapján egy mamutra specializálódott ősemberi vadásztáborot rekonstruáltak. A Kormos- és a Vértés-féle ásatások anyagait *Kordos László* és *Ringer Árpád* vizsgálta újra. Véleményük szerint az olaszországi Grotta Guattari Würm I korú ősember lelőhellyel párhuzamosítható a tatai anyag és tayacoid típusú hegyek találhatók az igen kisméretű kavicsokból és radiolaritokból készült kőeszköz anyagában. A lelőhely rétegsorának koráról jelenleg 33–100 ezer évig terjedő adatokat találunk a szakirodalomban.

A subalyuki ősemberi lelőhellyel megközelítőleg azonos korú az érdi ősember lelőhely, ahol *Hunyadi László* az ELTE Földtani Tanszékének munkatársa talált először kőeszközöket. Majd *Gáboriné Csánk Vera* ősrégész vezetésével egy régészekből és földtani, őslénytani szakemberekből álló kutatócsoport tárta fel az ősember lelőhelyet. A telephely egy feltöltődött völgyben húzódó, lösszel fedett, szarmata mészkősziklák között kifejlődött sziklafülke előtt található megtelepülési szintekből állt. A lefedettség következtében teljes mértékben bolygatatlan, a 112 m² kiterjedésű középső-paleolit telep érintetlenül megmaradt. A különösen jó beágyazódás következtében a tűzfoltok elnyúlása alapján még az egykori szélirányt is sikerült megállapítani az érdi lelőhelyen. A faszenek alapján döntően erdei fenyőből (*Pinus silvestris*), lucfenyőből (*Picea abies*) álló, de helyenként cirbo-lyafenyőt (*Pinus cembra*) is tartalmazó tűlevelű erdőkre következtethetünk. A feltárás alsó szintjeiben a barlangi medve dominált, helyenként földdel fedett húsraktárakban tárolták. A felszín felé haladva a nyílt vegetációjú, füves sztyeppén élő vadlovak, a vadszamar és az orrszarvú mennyisége lett egyre jelentősebb. Az előkerült, döntően helyi kvarcit kavicsból, helyenként kovásodott fatörzsből készült dél-nyugat európai kapcsolatokat tükröző *charentien* típusú eszközök alapján ugyanaz a népesség jelent meg többször is több ezer éven keresztül az érdi völgykatonban. A csontanyag részletes elemzése azt mutatja, hogy a középhegység és a Duna-völgy között húzódó vadváton helyezkedett el a vadásztábor, ahol a tavaszi évszakhoz köthető vadászat folyt.

Miért volt ennyire sikeres élőlény az ősember, mi tette lehetővé, hogy olyan rideg és zord körülmények között megéljen, mint a würm kori Európa, amelynek északi részét, mintegy 5 millió km²-ét a würm glaciálisai során több száz, helyenként több kilométer

vastag jég fedte? Úgy tűnik, hogy a fejlett vadászati módszerek kialakulása volt az ősemberek sikereinek egyik titka. Hogyan is fejlődtek ki ezek a vadászati módszerek? Mint láthattuk, az előembernél a gyűjtő-gyűjtő életmód mellett már megjelentek a vadászati, sőt a specializált vadászati életmód kezdetei is. Valószínűleg mind az előembereknél, mind a korai ősemberknél előfordult a vadgyűjtögetés is, amikor a frissen elhullott állatokat, sérült egyedeket, ragadozók által meghagyott vagy elragadott friss zsákmány megszerzése volt a cél. Ide sorolhatjuk a téli álmod alvó, csökkent aktivitású medvék „begyűjtését” is. Ebből a vadgyűjtésből fejlődhetett ki egy-egy nagyobb húsmennyiséget biztosító nagyvadra specializálódott vadászat. Természetesen ez területenként változott, mert más környezeti feltételek között más állatok voltak a meghatározók. A Kelet-Európai síkságon a mamut, az Alpokban a medve, a Dráva-Száva közötti síkságon az orrszarvú, a Krím-félszigeten a vadszamar és a vadló alkotta a zsákmány akár 90%-át is. Bár a specializált vadászatot elsősorban felső-paleolitikumi innovációnak tekintik, de az előbb bemutatott példák alapján egyértelmű, hogy már a középső-paleolitikumban, sőt a pekingi előemberi lelőhely alapján már az alsó-paleolitikumban megkezdődött. Ha a specializálódás folyamatában a vadásztáborok időrendjét is figyelembe vesszük látható, hogy az ősember vadászszákmányában egyre inkább előtérbe kerülnek – a fokozódó lehűlés és éghajlatromlás következményeként is – a füves pusztai csordaállatok. Ez különösen a nyílt területeken található lelőhelyeken figyelhető meg, ahol a specializált vadászat erőteljesebben jelentkezik, mint a mozaikosan erdei környezettel is övezett barlangokban.

A paleoklimatológiai adatok azt jelzik, hogy a würm hideghullám kialakulása és elmélyülése során a specializáció mértéke egyre előre haladottabb volt. Ez a változás egyre fejlettebb, szociális evolúcióra is ható vadászati magatartás, egyre fejlettebb eszközök kialakítását tette lehetővé, és ekkor ez lendítette előre az egész civilizációt. Ezek az adatok azt jelzik, hogy az őséghajlati változások technikai, kulturális, szociális evolúcióra ható változásokat okozhattak, így civilizációs változásokat idéztek elő az ősember korában. Ilyen változásnak tekinthetjük Európa centrális és keleti részének fokozatos, Délnyugat-Európa és a transzkaukázusi területek felől történő benépesülését, a sokszínű technológiát, helyi specializációt tükröző eszközök kialakulását. A Földünk első demográfiai hulláma, Európa benépesülése során kialakult, technológiailag és kulturálisan is sokszínű középső-paleolit vadászok a korábbi korokhoz képest fejlettebb, jellegzetes táborokat, vadászati módszereket, életmódot alakítottak ki. Ennek eredményeként sok ágra bomló civilizáció fejlődött ki Európában. A növekvő létszám, a fejlettebb eszközök, az egyre jelentősebb létszámú közösségekbe szerveződött vadászok már jelentős hatással lehettek a környezetük nagyvadaira, de ez a hatás még nem haladta meg az éghajlati változások által okozott faunaváltozások mértékét. Az eddigi adatok alapján a középső-paleolitikumban kialakított vadászat, az ősember fokozatosan csúcsragadozó pozícióba kerülése még nem okozott kihalást az élővilágban, bár feltételezhető, hogy az agresszívebb, sikerebb vadászati módszerek kialakulásának hatására egyes nagyvadak magatartása, elterjedése megváltozott.

A középső-paleolitikum végén, mintegy 35.000 évvel ezelőtt kihalt a neandervölgyi ember. Ez a változás valószínűleg az új, agresszívebb emberi rassz, a *Homo sapiens sapiens*, a ma élő ember elterjedésének köszönhetően következett be. Miben különböztek a ma élő emberek ősei a neandervölgyi ősembertől? Az anatómia különbségeknél az állcsúcs megjelenést, a homlok további felboltozódását, a fejforma átalakulását, az arckoponya további

redukcióját lehet kiemelni. A vadászfegyvereknél robbanásszerű változásokat lehet kimutatni, díszített, finoman megmunkált csont- és kőeszközök, íjak, hajítódárdák, dárdák, szigonyok, kő- és csontkéspengék változatos típusai, csonttűk, agancskapák kerültek elő a felső-paleolitikumi rétegekből. Agancskapákkal és agancslapátokkal termeltek ki festék-földet, kovaanyagot. Bőrből készült ruháikon törzsi jelzéseket, csontból és sokszor kereskedelmi úton, több száz kilométer távolságról beszerezett csigákból, kagylókból, fossziliákból készített díszeket, totemizmus kialakulására utaló jelzéseket hordtak. Barlangokban és mamutcsontokból, fákból, bőrből készült, földdel fedett kunyhókban, sátrakban éltek a törzsi és nemzetiségi szervezettségű, törzsfőnökök és sámánok irányítása alatt álló felső-paleolit emberek. Magas színvonalú kultúrájukat a nőkrol, a korabeli „*Vénuszokról*”, valamint vadállatokról készített kő- és agyagszobraik, csontfaragásaik jelzik. Használtak többhangú csontsípót, csontfurulyát is. De legmegdöbbentőbb emlékeik a barlangok falára festett, élethű vadállatokat (franko-kalabiai területek), stilizált embereket, vadászátokat (kelet-ibériai területek) bemutató festmények. A festmények vázlatait, 8–10 cm átmérőjű lapos kavicsokba karcolták. Halottaikat vörös okkerrel, csiga-, kagylóláncokkal, medvefog nyakékekkel, mamutagyardból, csontból, halcsigolyákból készült gyöngyökkel díszítették. Ezek a régészeti emlékek az emberi pszichében, az agy minőségi fejlődésében, az agytevékenységben bekövetkezett igen jelentős mértékű változásokat tükröznék.

Ezeket a változásokat valószínűleg már nem tudták követni a neandervölgyi csoportok és a technikai, kulturális, szociális fejlődésben lemaradva, fokozatosan visszaszorultak, kihaltak, illetve beolvadtak az új, terjedőben lévő, agresszívebb emberi csoportokba. Ugyanakkor néhány ősrégészeti lelet arra mutat, hogy a neandervölgyi emberek visszaszorulása, kihalása – valószínűleg csak néhány területen – a mai emberek őseivel történt fizikai összeütközés során történt meg. A mai humán csoportok genetikai vizsgálatai elmentmondásos eredményre vezettek, mert azok egy része azt mutatja, hogy bizonyos területeken a neandervölgyi csoportok genetikailag beolvadtak a mai emberek közé. Más eredmények, értelmezések azt bizonyítják, hogy a neandervölgyiek és a mai emberek genetikailag erőteljesen különböznek és eltérő fajba sorolhatók. Akármelyik alternatíva is valósult meg a neandervölgyi ősember története és az emberi nem egyik önálló kulturális, anatómiai fejlődésű alternatívája így a középső-paleolitikum végén, a felső-paleolitikum kezdetén lezárult Földünkön. Ezzel egy időben, Európában már több olyan (pl.: *brünnpredmosti*, *cro magnoni*) embertípus is kialakult, amelyeknek anatómiai bélyegeit megfigyelhetjük a mai utódokon is. Az egyik ma is fellelhető felső-paleolit embertípus, a dél-nyugat-európai, mediterrán, ún. „*combe capeller*” ember, amelynek ipara az egyik legjelentősebb európai felső-paleolit ipar, az ún. „*aurignacien*” volt. A sokféle kőeszköz mellett ebben a kultúrában terjedt el a csonteszközök használata. Geometrikus mintákkal díszített lándzsahegyeiket, csontkéseiket a nagyvadak hasított csontjaiból, bordákból, mamutagyardból készítették és a telephelyeken feltárt csont nyílveesszőik alapján ennek a kultúrának az emberei használtak először íjat. Legfontosabb zsákmány-, és totemállatuk a barlangi medve volt és ehhez az állathoz kötődtek kultikus szertartásaik is. A főleg délnyugat-európai elterjedésű aurignacien kultúra mellett kiemelkedő fontosságú volt a kelet-európai, síksági elterjedésű *gravetti* kultúra is. A gravetti kultúra vadászái főként mamutra és évszakos mozgású vadakra vadásztak. Ezek vándorlását követve bizonyos területeken évszakos ritmusban megtelepedtek. Ezeken a területeken félig földbe mélyített, ma-

mutcsontokból, bőrökből készült kunyhókat építettek. Magas színvonalú totemekhez, ősanákhoz kötődő szellemi életük volt.

A középső-paleolitikum végi és a felső-paleolitikumi magyarországi leletek nagy jelentőségűek ősrégészeti szempontból, mert a felhalmozódott üledékekben, elsősorban barlangi agyagokban, jelentős mennyiségű régészeti anyagot sikerült feltárni. A legfontosabb lelőhelynek – a magyarországi ősrégészeti kutatások kiindulópontja, a Szeleta-barlang 1906-ban feltárt, 12 méter vastagságú, 22 rétegében, két fejlett kultúrréteget tartalmazó bizonyult, ahol a feltételezhetően középső-paleolitikumi moustérien előzményekhez kötődő alsó-, és középső-würm korú kultúrrétegben, szürke színű kalcedonból készült levél alakú, kétoldali megmunkálású eszközök kerültek elő. A csonteszközök teljes mértékben hiányoztak. Az alsó szintben a vadászsákmány barlangi medve, gímszarvas, mamut, kőszáli kecske, vadló volt és bükk-tölgy lombos erdőkre utaló faszenek kerültek elő. Hasonló vegetációt jelző paleobotanikai maradványok találhatók az egész rétegsorban. Ugyanakkor a felső-kultúrrétegben, az alsóval megegyező gerinces maradványok mellett előkerültek rénszarvas csontok is és a korai kultúrrétegből előkerült eszközöktől szinte teljesen eltérő, de abból levezethető fejlett szeletien kultúra hátrahagyott kőeszköz leletei. Ennek a kultúrának az elterjedése a Bükk keleti oldalára szorítkozott. A szeleta-barlangi leletekhez hasonló eszközöket tártak fel több dunántúli barlangban is (Jankovich- és Bivak-barlang, csákvári és pilisszántói kőfülkék), de a leghíresebb dunántúli lelőhely, a balaton-felvidéki Lovas község melletti őskori festékbánya, ahol a jávorszarvas csontokból és agancsokból készült bányászati eszközökkel vasas málladékat, a vörös okkerföldet fejtettek 5–6 méter mély gödrökben.

Szinte hihetetlen, de amikor a kőeszközöket használó Szeleta-kultúra emberei a Szinva-völgyben vadásztak és gyűjtögettek, ugyanakkor a Bükk-hegység nyugati oldalán egy másik, a Szeleta-kultúrától elkülönült, aurignacien kultúra emberei éltek az Istállóskői-, és a Peskői-barlangokban. Az Istállóskői-barlang alsó rétegéből a 10–18 cm hosszú, hasított alapú csont lándzsahegyek, csont hajítólánzsák mellett 2–4 cm hosszú csont nyílhegyek, Európa legkorábbi, mintegy 36 ezer éves íjhasználatának bizonyítékai is előkerültek. A barlang felső kultúrrétegéből egy medvecsontból készült, 5 hangú furulya is előkerült, míg a barlang hátsó részében egy repedésbe helyezett három ép medvekoponya talán a finnugoroknál, szibériai népeknél ma is megfigyelhető medvekultusz, az ősvallás kialakulásának kezdetét jelzi.

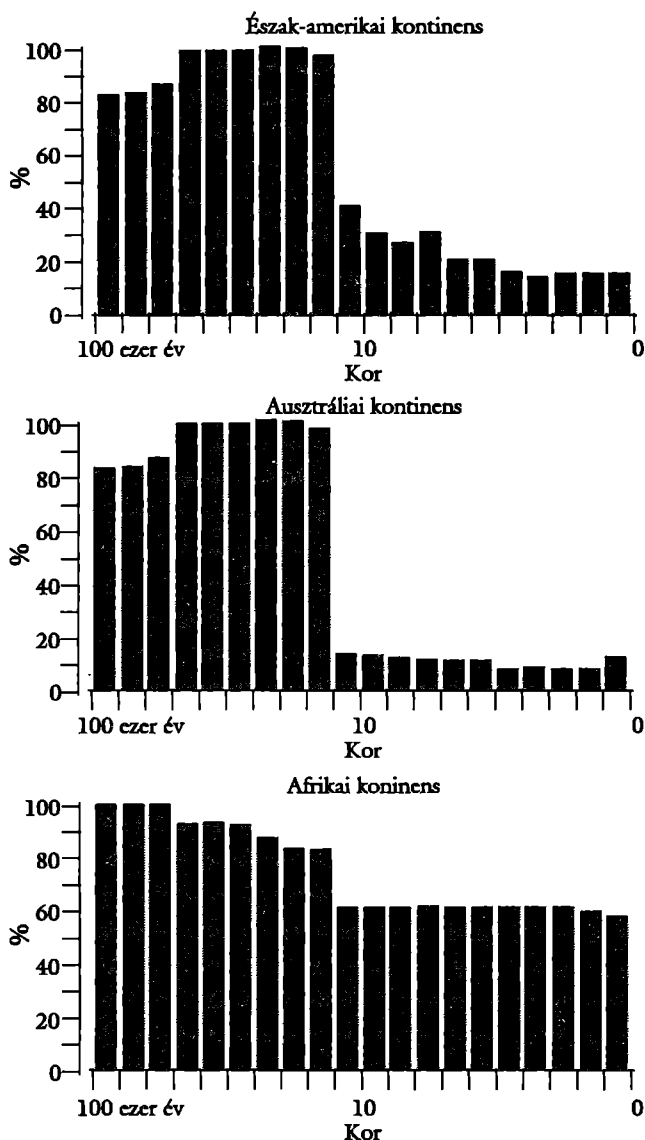
Miközben a Bükkben két eltérő kultúra emberei is elsősorban barlangi medvékre vadásztak a középső-würm végén, a felső-würm kezdetén egy harmadik paleolit csoport, a kelet-európai, mamutra vadászó, sátraikkal szinte falvakat alkotó gravetti kultúra közösségei is megjelentek a Kárpát-medencében, mégpedig több hullámban. Ennek a kultúrának a legidősebb megjelenése a bodrogkeresztúri Henye-tető, a megyaszói Szeles-tető, a püspökhatvani Diós, a parassapusztai Orgonás lelőhelyeken feltárt 30.000–29.000 cal BP közé tehető felső-paleolit táborhelyek. Az első gravetti hullám Magyarországon egy jellegzetes talajképződéshez, a Mende Felső fosszilis talaj szintjéhez, egy interstadiális/stadiális váltáshoz kapcsolódott. A gravetti kultúrához sorolható többi lelőhely is rövid idejű felmelegedésekhez, vagy a lehűlések és felmelegedések váltásaihoz köthető. Az interstadiális során az Északi-Kárpátok előterében található lelőhelyeken lucfenyő dominanciával jellemezhető, foltszerűen erdei fenyőt, cirbolyafenyőt, borókafenyőt, vörösfenyőt is tartalmazó sztyeppés tajgát, vagy tajgás sztyeppét lehetett rekonstruálni.

A mai ember szétterjedése mintegy 100 ezer évvel ezelőtt kezdődött el és a modern ember ősei mintegy 50 ezer éve jelentek meg Ausztráliában, 20 ezer éve ÉK-Szibériában és megközelítőleg 15 ezer éve az amerikai kontinensen. Az egyes kontinenseken, eltérő környezetekben lezajlott kulturális, technikai és környezeti alkalmazkodás következményeként az emberiségnek különböző földrajzi rasszai alakultak ki, így az emberiség fenotipikus jellegeiben és genetikailag is különbözővé vált már a felső-paleolitikum során. A jelentős evolúciós, technikai és kulturális fejlődés következményeként a felső-paleolitikumban a ma élő emberek ősei nemcsak szétterjedtek Földünk felszínén, hanem a táplálékpiramison belül a csúcsragadozó szintre jutottak, azaz valamennyi nagyvad és ragadozó elejtésére képessé váltak. Így az ember a környezetében a vadászfegyvereivel, a kialakult csoportos vadászati szokásaival a rivális ragadozókat visszaszoríthatta, számukat már a táplálékversengés következtében is csökkenthette, alacsonyabb szinten állandósíthatta. Az alsó-paleolitikum végén és a középső-paleolitikum során kialakult, egy-egy csordaállatra specializálódott vadászat a felső-paleolitikum során érte el csúcspontját. Vadlovakra, mamutra, rénszarvasra, bölényre, antilopokra specializálódott vadászat esetében a vadászott állatok egy-egy vadásztábor zsákmányállatainak 80–90%-át is alkothatták. Természetesen a gyűjtögetés és a halászat is jelentős szerepet játszott a felső-paleolit közösségek fennmaradásában, de a leletek alapján egyértelműen a vadászat dominált, így a felső-paleolit vadászok életét a környezeti feltételek – a zsákmányállat populációkon keresztül – alapvetően meghatározták. Jól mutatja ezt a felső-paleolitikum végén, az epi-paleolitikum kezdetén a fejlett vadászati eszközökkel rendelkező nyugat-európai magdaléni kultúra embereiről készült modell is. A karibura vadászó indiánok, a lappok, eszkimók és szibériai vadász néprajzi adataira is támaszkodó modell alapja az, hogy a zsákmányállat csontok alapján a magdaléni vadászok fő húsforrása a rénszarvas volt. A mai néprajzi párhuzamok alapján a modell szerint a magdaléni vadásznak évente mintegy 100 rénszarvasra volt szüksége a fennmaradáshoz, egy rénszarvas életben maradásához viszont megközelítőleg 60 km² kiterjedésű legelő kellett. Így egy átlagos, öttagú felső-paleolit család fennmaradása minimum 500 rénszarvast fenntartó 300 km²-es vadászterületet kívánt meg. Természetesen ez egy átlagos érték, mert a jégtakaró peremén lévő fajszegény, a legelő állatok számára kisebb hasznosítható növényi mennyiséget (*fitomasszát*) produkáló tundraterületeken egy ember eltartásához minimum 200 km²-re, a délebbre elhelyezkedő, melegebb, fajgazdagabb, jelentősebb fitomassza produkcióval rendelkező európai löszszteppeken mintegy 20 km² vadászterületre volt szükséges. Így jelentős népsűrűségbeli különbségek alakulhattak ki ugyanazon kultúra elterjedési területén belül is. A zsákmányállat fennmaradásához szükséges területek nagysága a vadász-közösségek létszámát erőteljesen korlátozó tényezőként, az élelem oldaláról limitáló faktorként jelentkezett.

Ugyanakkor az emberi közösségek oldaláról is jelentkezett több, a létszámot befolyásoló rendkívül fontos tényező, például a genetikai korcsosulás veszélye és a kultúra átadásának kérdése. Az utóbbi kérdéskörök – csak úgy, mint a betegségek és a rendkívül kemény életfeltételek – arra hatottak, hogy az emberi közösségek minél jelentősebb létszámúak legyenek. Nem véletlen tehát, hogy a női termékenységi mítosz olyan kiemelten jelentkezett a felső-paleolitikum művészetében. A mai improduktív (halász-vadász-gyűjtögető) társadalmakban a csoport létszámát a túlélés és a csoporton belüli agresszió alapvetően meghatározza. A természeti népeknél végzett néprajzi megfigyelések alapján

a csoporton belüli agresszió 70–100 fő körüli lélekszámnál ugrásszerűen megemelkedik és ez a tényező a nagyobb csoportoknak a felbomlásához vezet. Feltételezhető, hogy ez a pszichés tényező a felső-paleolitikum során is ugyanígy hatott. A különböző rekonstrukciós modellek alapján egy magányos ember túlélési esélye felső-paleolitikumi körülmények között egy-két évre tehető, míg az 5–6 fős családok már egy generációnyi időre (30–40 évig) is fennmaradhatnak. Tartós kultúraátadás nyomán több kiscsalád által kialakított nagycsalád (csoport) akár 500 évig is fennállhatott, ha nem következett be jelentős mértékű, genetikai veszélyekhez vezető beházaság. Ezt elkerülendő a nagycsaládok között házassági kapcsolatok alakultak ki. Vagyis a nagycsaládok nagyobb egységekbe, törzsekbe szerveződtek. A nagycsaládok létszáma a csoportokra ható pszichológiai és genetikai nyomás következtében valahol 20 és 100 fő között mozgott, míg a lazán, házasságok révén összekapcsolódó, nagycsaládok alkotta törzsek – hasonlóan a természeti népeknek ma is megfigyelhető módon – minimálisan 500–800 főből állhattak. Ezért egy-egy felső-paleolit törzs vadászterülete több ezer km² kiterjedésű lehetett, az eltérő életfeltételek következtében a tundraterületen a törzsek mintegy 100 ezer, Ibériai-félszigeten kb. 10 ezer km² kiterjedésű vadászterülettel rendelkeztek. A vadászterület nagyságához is köthető életben maradási feltételek következtében területiális, vadászterületet védő, más törzsek tagjait kizáró magatartással kell számolnunk már a felső-paleolitikum során is. Az emberiség létszámának növekedése eltérő földrajzi környezetben igen különböző volt a felső-paleolitikumban és egy-egy új család kialakulásához 200–1000 évre volt szükség egy-egy törzs területén, vagyis a növekedési ráta kisebb mértékű és a létszámnövekedés lassú lehetett.

Ennek ellenére a felső-paleolitikum 20 ezer éve során az emberiség létszáma a becslések alapján megháromszorozódott. A táplálékpíramis szempontjából lefordítva ezeket a történeteket azt mondhatjuk, hogy a felső-paleolit világ egyik kiemelkedő jelentőségű csúcsragadozójának a létszáma igen jelentős mértékben megnövekedett. Ennek hatására jelentős mértékű, a környezetre nehezedő emberi hatás jöhetett létre. A ragadozók és a zsákmányállatok között ugyanis szoros populációdinamikai egyensúly alakul ki a biológiai rendszerekben. Amikor a zsákmányállatok létszáma megemelkedik a ragadozók létszáma kis időbeli késéssel, de szintén megemelkedik. A jelentősebb ragadozó létszám következtében ezután a zsákmányállatok létszáma törvényszerűen lecsökken, és ez magával vonja a ragadozók létszámának csökkenését is. Természetesen ezeket a folyamatokat a zsákmányállatok rendelkezésére álló táplálék mennyisége, minősége, az elágazó tápláléklánc következtében a ragadozók által fogyasztott többi zsákmányállat mennyisége is befolyásolja. Ezek a populációdinamikai egyensúlyváltozások jelentős szerepet játszhattak a pleisztocén végén a paleolit vadászok és a zsákmányállatok viszonyában. Néhány gerinces paleontológus véleménye (pl.: az amerikai *Paul Martin overkill – túlvadászat* modellje) alapján a pleisztocén végén a nagyvadak (pl.: mamut, masztodon, óriáshód, amerikai vadlovak, antilopok és tevék) kihalása (62. ábra) az egyre fejlettebb technikai szinten álló vadászó közösségek hatására következett be. Sőt az overkill modell szerint a tengerszint csökkenés következtében szárazzá vált Behring-szoroson, a *Behringián* keresztül az észak-amerikai területekre beáramló felső-paleolit közösségek észak-dél irányú vándorlásait követve alakult ki egy kihalási front, amely mintegy 1000 km/100 éves lépésben végighaladt az egész amerikai kontinensen és a front mentén a csordaállatok, nagyvadak fokozatos kipusztulása következett be. Hasonló overkill modellre alapított kihalási hul-



62. ábra.

A nagyvadak kihalása az amerikai, ausztráliai és az afrikai kontinenseken a negyedidőszak végén (Paul Martin, 1967, 1984 nyomán).

szárazföldi élőlények esetében jelentkezett (a száz és ezer kg közötti fajok 75% pusztult ki az Újvilágban, Ausztráliában és mintegy 40%-uk Európában), ez pedig ellentmond az éghajlati változások által okozott kihalásnak, mert miért szelektált volna a klimatikus változás testtömeg szerint?

lámot feltételeztek Ausztráliában is (62. ábra). A modell többek között az egykori vadászközösségeknek a szigetfaunákra, köztük a maoriknak Új-Zéland faunájára gyakorolt pusztító hatásán alapulnak.

A legnagyobb probléma ennek a modellnek az, hogy a felső-paleolit vadászok megjelenése és a nagyvadak kihalása között – a korábbi vizsgálatokkal szemben – jelentős időbeli eltérés tapasztalható. Jó példa erre a mamut, amelynek eurázsiai populációi 9.000 éve, észak-amerikai csoportjai mintegy 7.000 éve, törpe növényű példányai mintegy 6.000 éve, sőt a Vrangelszigeten az európai bronzkornak megfelelő időben, mintegy 3.700 BP (Krisztus előtti 2.100) éve haltak ki. Más kutatócsoportok szerint a pleisztocén végén kialakult éghajlati változás, a globális felmelegedés okozta a nagyvadak visszaszorulását és jelentős mértékű kipusztulását. A kihalás viszont a holocén kezdetén meghaladta a korábbi glaciális/interglaciális ciklusok mértékét és elsősorban a 200 kg-nál nagyobb súlyú

A kihalást rekonstruáló legelfogadottabb modellek szerint az éghajlati változás nyomán jelentős vegetációátalakulás kezdődött el és Földünk vegetációs övei olyan mértékben átalakultak, hogy az már kedvezőtlenül befolyásolta a pleisztocén nyíltabb vegetációhoz alkalmazkodott növényevő nagyvadakat, így azok populációinak létszáma csökkenni kezdett. Ezekre a csökkenő létszámú populációkra még erőteljesebben hathatott a növekvő létszámú, egyre hatékonyabb vadászó és egyre fejlettebb technikai szinten álló közösségek. Így az éghajlati változás nyomán kifejlődő környezetátalakulás és a növekvő emberi hatás együttesen okozta a nagyvadak létszámának jelentős mértékű csökkenését, genetikai valenciájának vesztes beszűkülését és ez utóbbi már közvetlenül a kihaláshoz vezethetett. Afrikában hasonló kihalási hullám nem következett be, csak az auchelian kultúra megjelenésekor csökkent a nagyvad fajok száma. Ennek okát abban látják, hogy az ember kialakulása, fejlődése ezen a kontinensen következett be, így az afrikai nagyvadak negyedidőszaki evolúciójuk során alkalmazkodni tudtak a különböző vadászati eszközökhöz és magatartási formákhoz, így azok nem okozhattak drasztikus változást a faunában (62. ábra).

A pleisztocén végén kialakult globális hőmérsékleti változások hatására kialakult környezeti átalakulások fejlődési válaszul elé állították a pleisztocén végi improduktív kultúrákat. A hagyományos beállítottságú kultúrák követték az átrendeződő növényzeti övekhez alkalmazkodó, a visszahúzódó jégtakarót kísérő, hagyományosan vadászott állatcsordákat (például rénszarvas, vadlovak) és északra, illetve a kialakuló mérsékeltövi sztyeppék területére húzódtak vissza. A globális éghajlati változás azonban nem csak növényzeti átrendeződéssel járt együtt, hanem megváltoztatta a kontinensek alakját, a tenger/szárazföld arányát is, mert az elolvadó több millió km² kiterjedésű jégtömeg nyomán a világtengerek szintje megemelkedett és elöntötte a selfterületeket. Az átrendeződött vízterek, a felmelegedő, jelentős kiterjedésű sekélyvizek, a téli, jeges évszakok tartalmának csökkenése a halászat, az intenzívebb puhatestű, madártojás, stb. gyűjtögetésnek a lehetőségét, a korábban folyamatosan mozgó csoportoknál az időszakos megtelepedés feltételeit teremtette meg. A felső-paleolit vadászoknak a mérsékeltövi, szubtrópusi és trópusi övezetben maradt utódai számára hasonló alkalmazkodási lehetőséget biztosítottak az éghajlati javulás során terjedő gyűjtögethető növények. A környezeti változás átalakította a vadászható nagyvad faunát is, a korábban vadászott csordaállatok jelentős része visszaszorult, elvándorolt, kihalt és az eddig mérsékelt jelentőségű nagyvadak (őstulok – *Bos primigenius*, bölény – *Bison*, vadlovak – *Equus*, őz – *Capreolus capreolus*, szarvas – *Cervus elaphus*, vaddisznó – *Sus scrofa*) terjedtek el. Az új, terjedőben lévő csordaállatok megváltoztatták a vadászati szokásokat és hagyományokat is. Az éghajlati változások tehát átalakították a pleisztocén végén – holocén kezdetén kialakult életmódot, a vadászat szerepe lecsökkent, a gyűjtögetés és a halászat szerepe a közösségek fenntartásában jelentősebbé vált. A kőszköz készítése technika is megváltozott, megjelentek a kis méretű kőszközök, a mikrolitok és a geometrikus (előbb háromszög, majd trapéz alakú) pengéformák. A környezeti változás tehát egy jelentős társadalmi változást, kulturális átalakulást indított el, így a pleisztocén végén előbb az *epipaleolit*, majd a *mezolit* kultúra fejlődött ki. A hagyományos halászó–vadászó–gyűjtögető életmód is ekkor az epipaleolitikumban, a mezolitikumban, érte el csúcspontját. Így ezeknek a kultúráknak a mintegy 15–10 ezer évvel ezelőtti kialakulását rendkívül progresszív társadalmi folyamatként értékelhetjük. Ezekre a kultúrákra úgy tekinthetünk, mint az éghajlati változás által megin-

dított környezeti átalakulásra adott humán adaptációs válaszokra. Jelentőségüket az is bizonyítja, hogy szemben a paleolit kultúrákkal, a mezolit kultúrát hordozó közösségek – az elmúlt 10 ezer évben lejátszódott hatalmas méretű és mértékű technikai, kulturális és társadalmi változások ellenére, bár civilizációs szempontból perifériális területeken – mindmáig fennmaradtak.

Az epipaleolit és mezolit kultúrák progresszivitását az is bizonyította, hogy kialakulásuk során kezdődött el az emberi környezet-átalakítás folyamatának talán legjelentősebb vonása, a domesztikáció, a házasítás folyamata. A jelenlegi felfogásunk alapján az első házasított állatfaj a kutya volt, bár a szibíriák és urjánháj vadászok által lovaglásra is használt, még a XIX–XX. században is háziállatként, tej-, szőrme-, és húsiállatként tartott jávorszarvas és rénszarvas házasításának kora rendkívül bizonytalan. Néhány szibériai régészeti lelet arra utal, hogy ezeknek az állatoknak a domesztikációja visszavezethető egészen a paleolitikum végére, a mezolitikum kezdetére. Sőt a kutatók egy része, a dél-franciaországi felső-paleolit faragványok, a gyeplővel (?) ábrázolt lőfejek nyomán feltételezi, hogy a lovak házasítása is elkezdődött már a paleolitikum végén. Ezek a régészeti és környezettörténeti adatok, hipotézisek mind azt bizonyítják, hogy a mezolit közösségek kialakulása olyan jelentős társadalmi változás volt a pleisztocén végén, a holocén kezdetén, amely magában hordozott több technikai, kulturális és életmódbeli változást is.

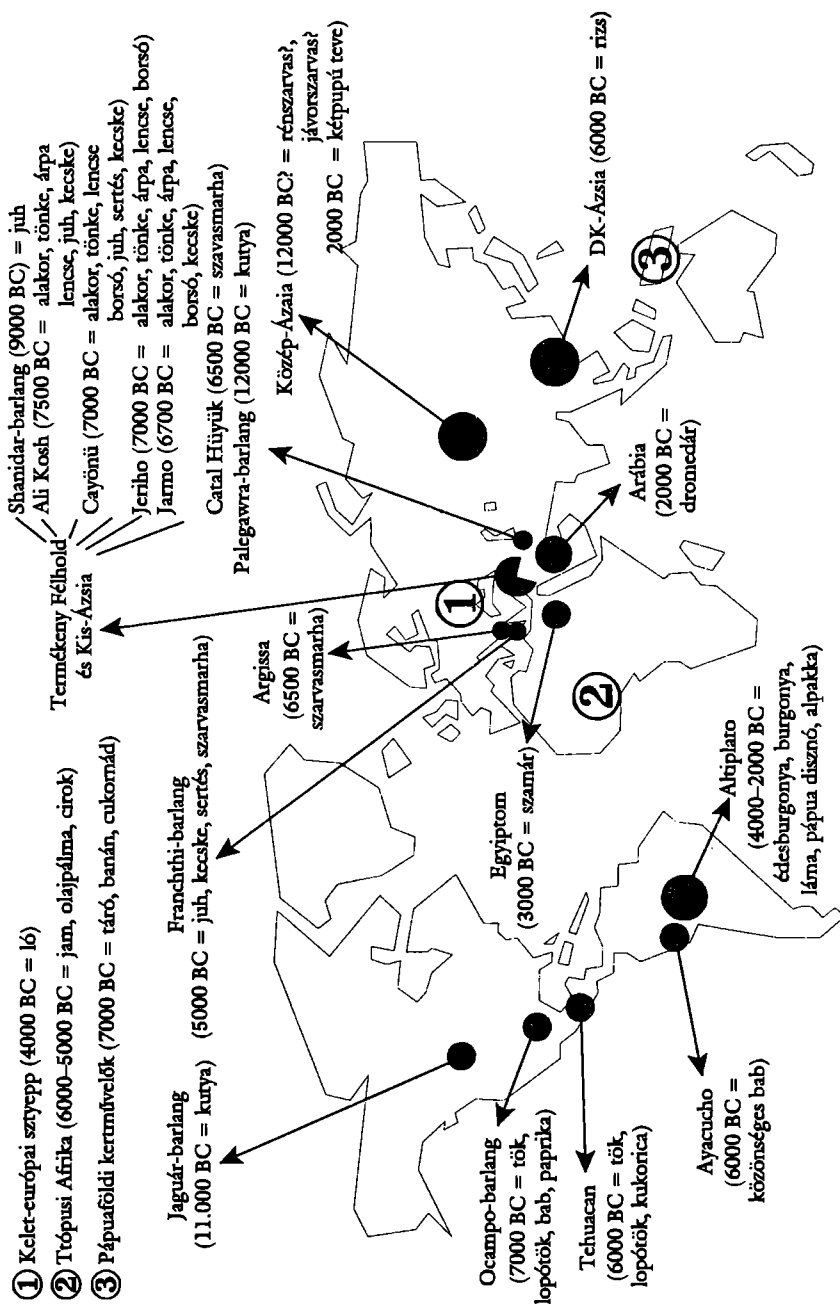
A mezolit közösségek kialakulása és fejlődése mellett, de már az epipaleolit, a mezolit, közösségek bázisán egy új kulturális, technikai adaptációs alternatíva is kialakult a jelenkori felmelegedés kezdetén: a Földünk antropogén átfarmolásában alapvető szerepet játszó társadalmi folyamat, a neolitizáció. A termelő gazdálkodás kialakulásában fontos szerepet játszottak azok a területek, ahol a megváltozott környezeti viszonyok következtében tartósabb megtelepedésre lehetőség nyílt (jó halászati, kagylógyűjtőgetési helyek, vándorló madarak, állatok vonulási útvonalai, pihenőhelyei – tengerparti régiók, folyamok völgyei). Ezeken a területeken a letelepült életmód kialakulását követően az emberi populációk gyors növekedése indult meg. Ennek oka az lehetett, hogy a gyermekhalandóság a vándorló életközösségekhez képest jelentősen csökkent. A megnövekedett létszám következtében a korábban csak kevésbé hasznosított élelemforrások is felhasználásra kerültek. Így kerülhetett előtérbe a gabonafélék ősi, vad alakjainak intenzívebb gyűjtőgetése, a kiskérődzők (gazella, juhok, kecske) vadászata és befogása, hústartalékként történő hasznosítása. Az intenzívebb gyűjtőgetés mellett kialakult a haszonnövények területének növelése, a gyomnövények visszaszorítása, majd a haszonnövények szelekciója is. A földművelés kialakulásával párhuzamosan a kiskérődzők növekvő mértékű hasznosításával, a tenyésztési ciklus ellenőrzésével, az állatok szelekciójával fokozatosan létrejött az állattenyésztés is, így a letelepült életmódot követően fokozatosan létrejöttek az első agárgazdálkodási formák. Bár az újkőkori társadalmak, a neolit közösségek több centrumban és különböző időpontokban alakultak ki Földünkön (63. ábra), mégis valamennyi alapvetően átfarmolta környezetét. Ennek oka az, hogy a kialakult agrárcentrumokban, a falvakban, illetve az élelmiszertermelés színterein, a falvak közvetlen környékén a tartós megtelepedés hatására az eredeti növényzet, állatvilág, talajtakaró átalakult.

Az újkőkori falvakban jelentős számú és növekvő népesség tömörült, melynek világképe, szociális energiái, ember és ember közötti kapcsolatrendszerei a vadászkultúrákhoz képest gyökeresen megváltozott. A neolit településeket távolabb övező területeken viszont fennmaradtak a mezolit életformák és a mezolit kulturális csoportok. Így az újkőkori

létrejött falvakat tekinthetjük az emberiség első társadalmi központjainak, ahol a technikai, kulturális és gazdasági fejlődés gyorsabban zajlott, mint a centrumon kívüli területeken, a perifériákon. A legkorábbi társadalmi központokban kialakult termelési, technikai vagy kulturális innovációk úgy terjedtek szét, hogy a neolitikus életforma és a stabilabb élelmiszerellátás jelentős népességnövekedést eredményezett, így a neolit falvak és közvetlen környékük néhány generációt követően relatíve túlnépesedett környezetté váltak, ahonnan a neolit technikai és termelési tapasztalatokat hordozó emberek egy része új területekre vándorolt és az új területeken is elterjesztették a neolitikus életformát. Így a neolit technikai, gazdasági, termelési újítások (csiszolt kő, állattenyésztés, növénytermesztés, agyagedény készítés) a centrumokból szétterjedt. Így időben egyre fiatalabb horizontban, és térben a kiindulási helytől fokozatosan távolodó ún. „*időtranszgresszív*” folyamat, a neolit civilizáció terjedése vette kezdetét. A neolitizációs hatására a neolit életmód kialakulását követő néhány ezer év alatt az emberiség döntő részének életformájává, gazdasági alapjává vált.

A neolitizáció kialakulásával, terjedésével az ember és környezet viszonya teljes mértékben átalakult Földünkön. A növénytermesztés során az ember a célnövények környezetéből fokozatosan kiszorította a gyomnövényeket, homogenizálta a termesztett növényállományt. Ez a növényzeti fedettség csökkenésével, a talajerózió felerősödésével járt együtt. A növényfajták szelekciójával, keresztezésével a neolit ember fokozatosan megváltoztatta a növények génállományát és új növényfajtákat hozott létre. A neolit génátalakító hatásra a legjobb példa a – különböző búzafajták kialakítása mellett – a közép- és dél-amerikai neolitizációs centrumban nemesített kukorica morfológiai és genetikai átalakulása a termesztés hatására. A Krisztus előtti VII. évezredben a kukorica gyűjtögetett vad alakja (*Zea mexicana*) mindössze egy 3 cm hosszú, mindössze 3–5 kukorica-szemet tartalmazó, rothadó csuhéval és a magokat a talajra szóró csővel rendelkezett. Az emberi szelekció következményeként a nemesítés kezdetét követő 2000 év múlva már a kukoricacső 10 cm hosszú, 20–30 szemet tartalmazó, zárt csuhéjú, magszórásra képtelen növény lett, amely emberi morzsolás és ültetés nélkül már nem tudott terjedni. A kukorica, és a termesztett növények döntő része a nemesítés hatására koevolúciós kapcsolatba lépett az emberiséggel, azaz a fennmaradásuk az emberiségtől, az emberi munkától vált függővé.

Még jelentősebb változások érték a tenyésztett állatokat. Ahogy azt már korábban is megfogalmaztuk valamennyi tenyésztett háziállat–csordaállat, amelyek a legrátermettebb, általában a legerősebb és legagresszívebb alfa-egyed, elsősorban hím irányítása alatt áll. Az alfa-hím genetikailag is védi a csordát, mert kizárólagos utódlásra törekedése révén testméretét, agresszivitását, fennmaradási képességeit a csorda utódai megöröklik. Az állattenyésztés során ezeket az agresszív egyedeket már a neolit ember kiszelektálta. Ezt bizonyítja, hogy a neolit centrumokban található állatcsontok mérete a vad alakokéhoz képest lecsökkent. Ez a változás a csordaállatok genetikai változását, génerózióját, a génállomány romlását, belteljesség kialakulását vonta maga után, ezért a vad alakok bekapcsolása az állattenyésztésbe időnként szükségessé vált. Az egyre növekvő állatcsordáknak, az emberiség hústartalékainak, egyre kiterjedtebb legelőkre, rétekre volt szüksége, így a neolit kialakulási centrumok, az innovációs magvak (neolit települések) környékén a növényzet átalakítás, talajerózió ugrásszerűen megemelkedett. A letelepült életmód, az állandó települések, a neolit falvak kialakítása, a falvakba vezető utak, csordahajtó utak létrejötte ugyancsak a környezet átalakítását vonta maga után.



63. ábra.

Neolitizációs centrumok, lelőhelyek, a háziiasítás kora és a háziiasított fajok (Vavilov, 1955, Bökönyi, 1969, Hillman, 1981, 1986, Renfrew, 1991, Zohary-Hopf, 1993, Smith, 1995, Simmons, 1996 munkái nyomán szerkesztve).

A letelepült életmód, stabilizálódott élelemellátás következményeként a neolit centrumokban élő, neolit innovációkat hordozó emberek létszáma ugrásszerűen megnőtt. A környezet eltartó képessége a neolit innovációk segítségével jelentősen megemelkedett. Míg egy ötfős felső-paleolitikus családnak 100–2000 km²-re volt szüksége, hogy fennmaradjon, addig egy mezolitikus családnak 50–200 km² terület biztosította a megélhetést. Ugyanakkor egy neolit családnak mindössze 5–10 hektár művelt terület is elég volt a fennmaradáshoz. Mivel a neolit életmód eltérő területi hasznosítást is jelent, ezért a mezolitikus és neolitikus kultúra emberei képesek egymás mellett élni, viszont a neolitikus családok fennmaradása és reprodukciója a mezolitikus családokhoz képest töredék területen is megvalósulhatott. Így a neolitikus életmódot folytató családok ugyanakkora területre kivetítve jóval több embert tudnak fenntartani, mint a mezolitikus életmódot folytatók, ezért egy neolitikus családnak a reprodukcióját nem kellett szabályozni. Ennek többféle következménye is lett. Az exponenciálisan növekvő lélekszám következtében néhány generációt követően a neolitikus életmódot folytató emberek létszáma többszörösen felül múlta a mezolitikus életmódot folytató emberek létszámát, így a neolitikus közösség gyorsabb szaporodása révén demográfiai értelemben „elnyelte”, beolvasztotta a mezolitikus közösségeket.

A megnövekedett létszám következtében viszont néhány generáció alatt még a neolitikus életmód mellett is elértek a terület eltartó képességét. Így az új, neolitikus életmódot folytató generációnak tovább kellett vándorolnia és újabb területeken megtelepednie. Ennek nyomán új és új területeken terjedtek el a neolitikus kultúra emberei, a neolitikus környezet átalakítás, a neolitikus civilizáció szétterjedt a kialakulási helyeiről. A terjedés sebességére jellemző, hogy a Termékeny Félhold területén mintegy 10.000 évvel ezelőtt kialakult neolitikus kultúra a neolitikus civilizáció terjedése következtében Krisztus előtt VII. évezredben már a Kárpát-medencében is megjelent, majd a Krisztus előtti IV. évezredben a tundraterületeket kivéve szinte mindenütt kiemelkedő jelentőségű életformává vált Európában. Az élelemtermelés létrejötté alapvetően átalakította az ember és környezet, ember és társadalom viszonyát és magát az embert is. Így a neolitizáció során nem csak a környezet, hanem az ember és az emberiség is – mind mentálisan, mind fizikálisan – átalakult. A mezolitikus életmód, a mezolitikus vadászok és emberek fokozatosan visszaszorultak, beolvadtak a neolitikus civilizációba, bár bizonyos – termelő gazdálkodás szempontjából periférikus vagy elszigetelt – területeken (Sibéria, Észak-Amerika, Ausztrália) a mezolitikus közösségek fennmaradhattak. Ennek következtében a mezolitikus emberek és a produktív közösségek találkozása még a XIX., sőt a XX. század során is – a termelő gazdálkodást folytató közösségek részéről, eredeti neolitikus civilizációhoz képest jóval fejlettebb és szervezettebb (és a rendkívül eltérő technikai szint következtében jóval drasztikusabb) formában – de tartott. A neolitikus falvak (társadalmi és innovációs centrumok) kialakulásával az emberi társadalom kettészakadt, centrumban lakó és periférián lakó közösségekre és ennek következtében megváltozott a társadalmi mozgás és a környezet átalakítás üteme is felgyorsult. A társadalmi centrumok és perifériák közötti társadalmi mozgások hatására az emberi környezet-átalakítás újabb, magasabb szintű szakasza kezdődött el a neolitikumban.

A régészeti geológiai adatok alapján úgy tűnik, hogy a neolitikum során a mediterrán, a meleg mérséklet és szubtrópusi területek nagy folyó völgyeiben zajlottak a legfontosabb társadalmi változások, amelynek csúcspontját az öntözéses földművelés által előidézett *preurbánus* fejlődés kialakulása jelezte. A folyamvölgyek környezeti adottságai, az árterek morfológiai mozaikossága már előre megrajzolta, mintegy preformálta a késői neoliti-

kumban kicsúcsosodó preurbánus fejlődést, a korai neolitikumban még csak funkcionálisan eltérő jellegű, központ és periféria rendszerének kialakulását. Ennek a rendszernek a felemelkedése és a központi helyek több száz éven keresztül lakott településekké, ún. „lakódombokká”, arab eredetű szóval telékké fejlődése az egyik legfontosabb társadalmi folyamat a neolitikum során. Úgy tűnik, hogy alapvetően a növekvő létszámú termelő közösségek irányítási mechanizmusai során fejlődtek ki a neolit falvak közösségeit koordináló központok, de ebben a folyamatban jelentős szerepet játszottak a környezeti feltételek is, mint a mozaikos ártéri adottságok, a kiemelkedő, ármentes, jó talajtani és növényzeti adottságokkal rendelkező, tartós megtelepedésre alkalmas pleisztocén maradványterületek. Ezek a tényezők olyan helyzeti előnyt jelenthettek az ártéren belül, amely révén nagyobb emberi csoportok tartós megtelepedését tették lehetővé. Természetesen a kulturális folyamatok voltak a döntőek a tell települések kialakulása szempontjából, de a tellek helyének, a központi hely kialakulásában a természetes környezet is fontos szerepet játszott. Nem véletlen, tehát az, hogy a kárpát-medencei, egyértelműen mezopotámiai kulturális kisugárzáshoz kapcsolható késő-neolit tellkultúra makroszinten csak azokon a területeken fejlődött ki például a Kárpát-medencében, ahol a szubmediterrán éghajlati hatás és a mozaikos környezettel rendelkező alluviális síkok egyaránt megtalálhatók. Ezek alapján feltételezzük, hogy az alluviális, térben heterogén környezeti tényezők fontos szerepet játszottak a hierarchikus településhálózat kialakulásában és a központok kifejlődésében. A centrum és periféria kapcsolata tehát a neolitikum során továbbfejlődött és ennek hatására funkcionálisan hierarchikus települési hálózat alakult ki a nagyobb folyamvölgyekben.

A neolitikum során jelent meg a „centrum” és „periféria” rendszer az emberiség történetében és ennek a társadalmi változásnak a hatására az emberiség elképesztő méretű környezet-átalakításba kezdett. A „centrum” és „periféria” társadalmi rendszer megjelenése ugyanis a társadalmi piramis fokozatos kialakulásához vezetett és egy folyamatos társadalmi mozgást, mondhatni „versenyt” indított el. A periferián élő emberek igyekeznek felzárkózni a központ szintjére, míg a centrumban élők szeretnék megőrizni a relatív előnyüket. Ez a „verseny” nem csak a társadalmi mozgásokat, hanem a technikai fejlődésre is hatott és technikai fejlődési spirál beindulásához vezetett. A technikai fejlődés pedig már a neolitikum során is a természetes környezet átalakulásával, rombolásával járt együtt, azaz az ember a társadalmi felemelkedésének, a jobb életszínvonalért tett erőfeszítésének következményeit már ekkor is a környezetére terhelte. Az előszóban feltett kérdésekre keresett válaszok esetében igen fontosnak tűnhet, hogy miért akar a periféria felzárkózni a központhoz? Ennek oka az, hogy a centrum/periféria rendszer technikai, ideológiai különbözőségeket, csoportos fenyegetettséget, kiszolgáltatottságot jelenthetett a periferián élők számára, amely nyomán a periféria jelentős energiákat mozgósított a felzárkózás érdekében. Ez a folyamat a neolitikum kezdetén még rendkívül lassú lehetett, de a preurbánus fejlődés során felgyorsulhatott.

A régészeti leletek, köztük az Alpokban a jégbe fagyott késő-neolit kori, jó megtartású emberlelet, népszerű nevén „Ötzi” rézbaltája, valamint a korábbi régészeti adatok, azt mutatják, hogy a réz felhasználása visszanyúlik a neolitikumba. Úgy tűnik, hogy a hierarchikus társadalommá rendeződött neolit csoportok a késő-neolitikumban eljutattak a tudatos rézfelhasználásig és metallurgiáig is. A rézkohászat kialakulása, a rézeszközök megjelenése újabb mélyreható változásokat indított el az ember és környezet viszonyában. A

réz felhalmozható, vagyónalkotó tényezővé vált és a rézből készült presztízstárgyak megjelenése az emberi közösségeken belüli hierarchia kiépülésének, a társadalmi mozgásoknak az irányát is megváltoztatta. A rézkorban a centrum és periféria viszonyrendszere, a társadalmi piramis kiépülése következtében már a kisebb emberi közösségeken (települések, nagycsaládok) belül is megjelent. A réz bányászata, kohászata, az eszközök kialakítása, a rézzel kapcsolatos kereskedelem, a bányászkozségek ellátása, a kohászathoz szükséges faanyag kitermelése jelentős élelmiszerfelesleg felhalmozását, egy fejlett gazdasági hálózattal rendelkező elosztóhálózat kifejlődését valószínűsíti. Ezek a változások az emberi társadalomban igen jelentős hatással voltak környezetükre, mert az ércbányászat, kohászat, rézművesség hatására az antropogén környezeti átfarmálás egy újabb fejezete kezdődött el és a növényzet, talaj átalakulás mellett megjelent a nehézfémek globális felszabadítása, a talajok, vizek fémszennyeződése is, bár az elemzések alapján ez még a grönlandi jégbe felhalmozódott globális nehézfém értékekben nem jelentkezett (64. ábra).

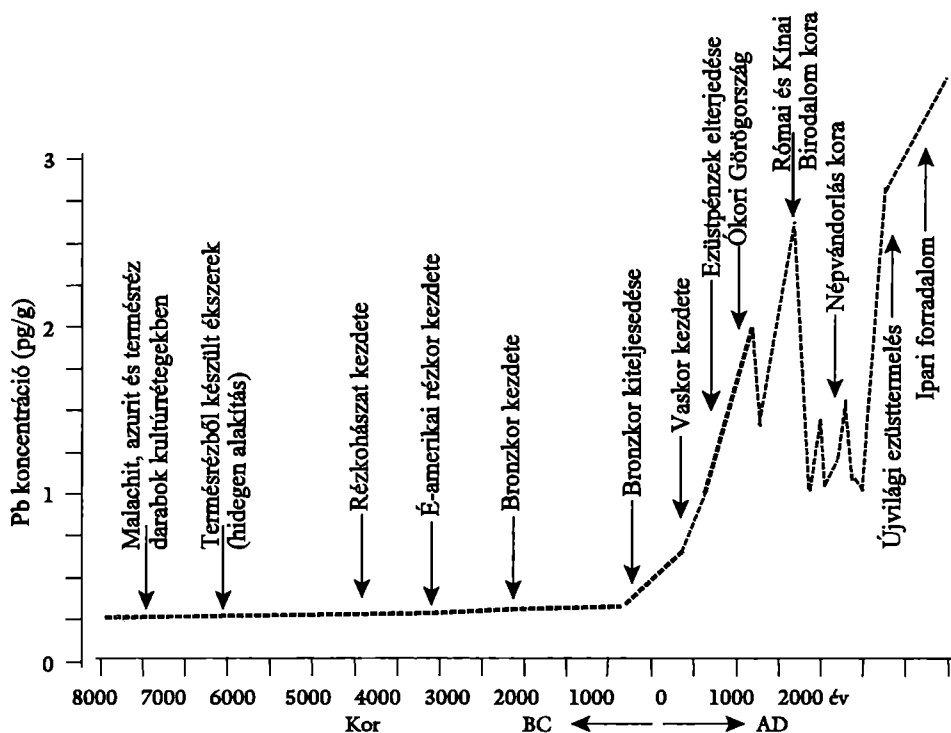
A rézkor folyamán az emberiség történetét befolyásoló másik fontos esemény is kialakult. A kelet-európai sztyeppén az ember domesztikálta a lovat. Bár kezdetben elsősorban húsállatként hasznosították, de bronzkor kezdetén már teherhordásra, igavonásra és csapatmozgásra is felhasználták. A ló domesztikációja mellett, a réznél sokkal keményebb, sokféle funkcióra alkalmazható eszköz előállítására is alkalmas, újra olvasható bronzeszközök megjelenése is jelentős változást okozott az ember és környezet viszonyában. Ezeknek a technikai és társadalmi innovációknak a nyomán megszületett a nagy távolságra ható, tervezett háború és egy új társadalmi csoport jött létre, amely hivatásának tekintette azt. Megjelent a katonaság és speciális eszközei, amelyek már elkülönültek a vadászegyekektől (pl.: kard). A nagy távolságról tervezett agresszióval szemben kialakult védekezési módszereknek, mint az erődített településeknek, erődítmény láncolatának megépítése minden korábbi emberi hatást meghaladó környezeti rombolást indított el, mert az erődített települések környékén az erdőket teljes mértékben kiirtották. Bár már a neolitikumból is ismeretesek körárkok egyes települések környékén, de úgy tűnik, ekkor még szakrális, térben elkülönítő funkciói voltak az árkoknak. Ugyanakkor további erőteltjes környezeti rombolást, talajerózió növekedést okozott a szekér rézkor végi megjelenése, bronzkori elterjedése és a hozzá kapcsolódó úthálózat kiépülése is. A bronzkori Európa egyik legfejlettebb régiója a Kárpát-medence volt és több, rendkívül fejlett gazdaságú közösség is megtelepedett ezen a területen. Az erődített telepek kiépítésének jelentős környezet-átalakító tényezői mellett a bronzkori közösségek több új hasznosnővényt is elterjesztettek, mint például a diót. Hogy a bronzkori erődített telepek milyen kiemelkedően fontos gazdasági és társadalmi központok voltak, jól bizonyítják az archeobotanikai leletek is, amelyek alapján a tellek környékén jóval gazdagabb természetű növényzettel és gyomvegetációval számolhatunk, mint a tellektől távolabbi területeken. A bronzkori kultúrák, építkezések, útépitések, településhálózat minden korábbi mértéket meghaladó léptékben alakították át Földünk környezetét, így nem véletlen, hogy több természetes faunaelem ebben a korban szorult vissza és pusztult ki.

A bronzkori településeken és közvetlen környezetükben kialakult környezeti átalakítás mértékét csak a vaskor végén megjelenő, fejlett vaseszközökkel rendelkező kelta közösségek tevékenysége haladta meg. Ezeknek a közösségeknek a tevékenysége nyomán a korábbi civilizációk tevékenységét felülmúló környezeti romboló hatások alakultak ki. Így nem véletlen, hogy az európai allúviumokon található holtágak, morotvatavak rétegszo-

rában jól kimutatható a kelta közösségek megtelepedését követő erdőirtások, település kialakítások, a növénytermesztés és az állattenyésztés hatására létrejött talajbemosódási szintek és a tavak feltöltődésének felgyorsulása is. A nyugat-európai területről kiáramlott kelták sikerrel alkalmazkodtak Európa különböző környezeti feltételeihez, és tartósan meg tudtak telepedni Európa majd minden részén. Valószínűleg két igen fontos tényező segítette a kelta közösségeket ebben a sikeres alkalmazkodási folyamatban, egyrészt azok a technikai eszközkészletet érintő újítások, amelyek révén a kor legjelentősebb környezet-átalakító munkáját kezdhették meg. Másrészt a kelta kultúra olyan mértékben nyitott volt más kultúrák irányában, hogy keveredni tudott Európa különböző kultúráival is.

A kelta közösségeknél fejlettebb társadalmi szerveződésben élő rómaiak megjelenésétől kezdődően Európában több helyen, így a Duna-völgyében visszafordíthatatlan környezet-átalakítások kezdődtek meg. Jelentős környezet-átalakítás kezdődött el ugyanebben az időben a Kínai Birodalomban is. Ekkor alakították ki a Sárga-, és a Jangce folyókat összekötő csatornát, az öntözött területek arányát többszörösére növelték, a Birodalom részeit összekötő úthálózat kiépítését kezdték el. Az építkezések, a járművek, a földművelés fejlődése, az ipari tevékenység jelentős és növekvő mennyiségű fémeket igényelt. Ennek nyomán a manufaktúrális bányászat, ércfeldolgozás, kohászat fellendült, viszont ennek következményeként a környezetszennyezés ugrásszerűen megemelkedett. Az intenzívebben művelt földterületek, a fejlettebb technikai eszközök használata következtében a talajerózió ugrásszerűen megemelkedett, a korábban használt tengeri kikötők egy része feliszapolódott, használhatatlanná vált a Mediterráneumban. Ezt a folyamatot tovább erősítette az építkezésekhez, a hajókhoz, a szárazföldi szállítójárművekhez, az érc és fémfeldolgozáshoz felhasznált fa mennyiségének, az erdőirtás mértékének növekedése. Nem véletlen tehát, hogy a császárkor során kialakult globális szennyeződés mértékét csak a XVII. század végén, a XVIII. század kezdetén, az ipusztériális társadalom bevezető szakaszának kialakulásakor haladta meg az emberiség (64. ábra). Önmagában már ez, a grönlandi jégtakaró elemzésből származó adat is jelzi a rómaiak környezet-átalakító tevékenységének a mértékét, de a rómaiak voltak az elsők, akik európai méretekben, több ezer km² területekben és régiókban gondolkodva építették ki úthálózatukat és védelmi rendszereiket. Terjeszkedésük során ismerték fel a Duna-völgy stratégiai jelentőségét, majd az európai történelemben az ideig páratlan építkezés vette kezdetét és kiépült a Duna völgyét követő, a Duna jobb és bal partján élő népeket kettéválasztó, a római birodalmat védő limes, a limeshez kapcsolódó őrtorony rendszer, úthálózat is. A limes kárpát-medencei kiépülését követően a rómaiak megkezdték a teljes dunai vízgyűjtő területének annectálását és a Krisztus utáni IV. század kezdetére az itt élő népeket különböző módon pacifizálták és a Római Birodalomnak egy elővédelmi rendszerét alakították ki. Ennek a része volt, hogy szarmata területen – a római katonai mérnökök hathatós közreműködésével – a szarmata nagysáncot, a Csörsz-árkát is megépítették a Krisztus utáni IV. század első harmadában. A római korban a centrum és periféria („*Barbarikum*”) közötti különbségek kihangsúlyozódtak, a technikai, kulturális és ideológiai eltérések felerősödtek és a központ a vezető pozícióját folyamatos, tudatos háborúkkal tartotta fenn. Mind a Római, mind a Kínai Birodalomban manufaktúrális alapokon nyugvó termelési móddal eljutottak az ipari társadalom határáig, ez tükröződik a globális nehézfém szennyeződés római kori csúcsának kialakulásában is (64. ábra), de az energiabázis hiányában (szénközeteket, mint energiahordozókat nem sikerült bekapcsolni a termelésbe)

és a társadalmi viszonyok következtében nem tudták átlépni az ipari civilizáció küszöbét. A technika- és gazdaságtörténeti megközelítések szerint a Római és a Kínai Birodalomban bekövetkezett ókor végi társadalmi fejlődés egy sikertelen kísérlet volt az ipari társadalom megteremtésének irányába. A sikertelen kísérletet követő népvándorlás az egész kontinensre kiterjedő, több generáció munkáját és életét felemészítő, korábban soha nem látott méretű háborúk kifejlődéséhez vezetett. Mivel ezek a háborúk szinte egyidősek a keresztény egyház európai kiteljesedésével és a kor legműveltebb embereit tömörítő, kollektív tudatot őrző egyházi szervezetek kiépülésével, ezért hatásuk, kiváltó tényezőik élénken fennmaradtak több száz év múlva is.



64. ábra.

A globális nehézfém szennyeződés növekedését tükröző, grönlandi jégtakaróból nyert ólomkoncentráció változására vonatkozó adatok és az emberiség technikai és kulturális váltásai közötti kapcsolat (Hong és munkatársai, 1994 nyomán kiegészítve).

A környezetben tehát már visszafordíthatatlan változások indultak meg a vaskor végén is, de sem a környezet rombolása, sem a technikai fejlettség még nem érte el az ipari civilizációra jellemző kezdeti értéket. Az emberiség ókor végi centrumaiban a technikai és társadalmi fejlődés lelassulásának viszont komoly következményei lettek és talán a Római Birodalom példáján mutatható ki legjobban a folyamatos fejlődésre (ún. „előre menekülésre” vagy más néven „meghaladó fejlődésre”) alapuló centrum/periféria társadalmi

berendezkedés legjelentősebb problémája. Ugyanis amikor a centrumban lelassult, vagy megállt a fejlődés, azaz a perifériával szemben kialakított előny relatíve csökkenni kezdett, a perifériákkal határos térségekből jelentős energiák vonódnak el a centrum irányába. Ekkor a periféria, amely a centrumtól elkülönülten szerveződött és fejlődött, de a civilizációs központban termelt, szervezettebb társadalom vagy a fejlettebb technika következtében „magasabb színvonalú” javakból részesedni kíván, és fel akar zárkózni a központ szintjére, rátelepszik a centrum határvidékére, majd a centrum válsága esetén az egész központra is. Ekkor a centrum/periféria rendszer felborul és az egész társadalomban kaotikus mozgások indulnak meg. Ilyennek tekinthető a népvándorlás is, amelynek elsősorban az Európába vezető irányát elemezték, pedig hasonló népességmozgások kezdődtek el a Kínai Birodalomnak a Közép-Ázsiával határos térségeiben is.

Éghajlattörténeti modellek nyomán feltételezik, hogy a Római Birodalom fennállása során néhány száz éves kedvezőbb klimatikus szakasz (*római optimum*) alakulhatott ki. A Földközi-tenger vízszintje meghaladta a jelenlegi értékeket és Krisztus utáni II. évszázadban a szőlőtermelést sikerült az Alpoktól Északra, sőt a IV. században a Brit-szigeteken is meghonosítani. Ugyanakkor Észak-Afrikában (Africa provinciában), ma már sivatagos részekben még jelentős gabonatermő területei voltak a Római Birodalomnak. A római korban kifejlődött enyhébb éghajlati szakaszt a Dunántúlról, az egykori Pannóniából előkerült római kori faanyagon *Grynaeus András* által elvégzett dendrokronológiai vizsgálatok is alátámasztják. Ezek az adatok azt bizonyítják, hogy a római kor gazdasági sikereiben a kedvezőbb környezeti feltételek is szerepet játszottak.

A római kor éghajlattörténeti adataiból, a grönlandi jégtakaró, az izlandi környezet-történeti bizonyítékokból kiindulva több kutató is feltételezi, hogy a Római Birodalom bukásában, az eurázsiai sztyepp övezetből a Birodalomra támadó nomád társadalmak mozgásában az éghajlat romlása döntő szerepet játszhatott. A XX. század kezdetétől több hipotézis is született a közép-ázsiai legelők népvándorlás kori kiszáradásáról és a nomád pásztortársadalmakra gyakorolt hatásairól. Mégis – czideig – az eurázsiai sztyeppövezetből a népvándorlás korára nézve döntő bizonyítékot, olyan alapadatokat, történeti forrásokat, vagy környezeti dokumentumokat, mint azt a római kor esetében láthattuk – még nem sikerült felmutatni. A Kaszpi-tó vízszintjének vélt vagy valós ingadozásaival kapcsolatban pedig már több környezettörténész is felhívta a figyelmet, hogy a területet tápláló legjelentősebb vízforrások vízgyűjtő területének csak elenyésző része található a sztyepp és erdőssztyepp övezetbe, tehát a tóba érkező vízutánpótlás meghatározó mennyisége más klímazónából, elsősorban a tajgából érkezett. Ez az jelenti, hogy a sztyepp- és erdőssztyepp zóna csapadékvizonyai döntően nem befolyásolhatták a Kaszpi-tó vízszintjét, viszont a tajga zóna éghajlata és lefolyási tényezői alapvetően módosíthatták azt. Így a Kaszpi- (vagy az Aral-) tó vízszintingadozásai alapján nem következtethetünk az eurázsiai sztyeppövezet egykori csapadékvizonyaira. Hogy ezeknek a nagyobb víztereknek a szintjét milyen erőteljesen befolyásolhatják a más (idegen) éghajlati régióból érkező folyók, jól mutatja a *Szir-Darja* és *Amu-Darja* példája, mert az Aral-tó vízszintjének változása a XX. században kimutatott közép-ázsiai kisebb csapadékingadozások ellenére is csak akkor következett be, amikor ezeknek a folyóknak a vizét a gypotültetvények öntözésére felhasználták. A rendszerszemléleti hibák mellett felmerült, hogy pontos kronológiai vizsgálatok sem történetek a népvándorlás korra vonatkozó környezettörténeti vizsgálatok esetében a fentebb bemutatott térségben. Hasonló problémák mutathatók ki a

feltételezések szerint az Avar Birodalom bukásához vezető Kárpát-medencére vonatkozó kiszáradási elméletekkel kapcsolatban is. Így környezettörténeti szempontból a római kori kedvezőbb éghajlati periódust követő, feltételezhetően kedvezőtlenebb éghajlati szakasz térbeli és időbeli kifejlődésére vonatkozó elképzeléseket és ezek társadalmi hatásait erőteljesen hipotetikusnak tartjuk.

A Római Birodalom bukását követően, a népvándorlás során a termelés egész Európában, de különösen a népvándorlás tengelyét, fő levezető irányát alkotó Kárpát-medencében igen jelentős mértékben visszaesett, mert a termelési és technikai tudást hordozó közösségek és a tudás átadásának, fennmaradásának rómaiak által kiépített rendszere folyamatosan pusztult, a népesség és településszám csökkent. Az eddigi, korántsem teljes környezettörténeti elemzések mégis azt bizonyítják, hogy az eredeti növényzet és a talajtani viszonyok ennek ellenére nem regenerálódtak Európában. Ezek az adatok jelzik, hogy a fejlett vaseszközökkel, már a kelta korban megindított természet átalakító munka olyan szintet ért el a római korban, hogy a neolit, rézkori, bronzkori népek által megzavart ökológiai rendszerek már nem tudtak regenerálódni. Úgy tűnik a technikai fejlődés következtében a késővaskor és a római kor során az emberi közösségek már átlépték az egyes környezeti egységek határát, feloldották ezeket a határokat és a környezeti mozaikosságot hordozó tényezőket (növényzet, talajtani viszonyokat) megváltoztatták.

A népvándorlás korának lezárulásával, a középkori államok kialakulásával és megszállásával párhuzamosan a korábbi fejlődéshez képest eltérő irányban alakult az ember és környezet kapcsolata. A középkorban kifejlesztett földművelési technikák (ugaroltatás, erdő- és legelőgazdálkodás, mezsgye stb.) nyomán az élővilág sokszínűsége szempontjából alapvető környezeti mozaikosság fennmaradt és stabilizálódott. A középkori gazdasági és társadalmi fejlődést erőteljesen befolyásolta a VIII.–XIII. század között kifejlődött viking optimum és a XIV. századtól bekövetkezett fokozatos lehűlés, a „*kis jégkorszak*” nevezett éghajlati változás is. A kis jégkor leghidegebb szakaszának kifejlődését például kapcsolatba hozzák a parasztháborúk kialakulásával is. Ennek ellenére Európa (és a világ) történelmét nem ezek a környezeti hatások változtatták meg alapvetően, hanem az Újvilág felfedezése. Az Újvilág gyarmatosítása során az emberi környezet-átalakítás is újabb szintre emelkedett, vagyis az emberiség által okozott globális környezeti terhelés tovább növekedett. Az új, amerikai területek és termékek (burgonya, kukorica, paprika, dohány, nemesfémek stb.) bekapcsolása a termelésbe, kereskedelembe átalakította előbb a középkori Európa agráriumát, iparát, népességét, társadalmát, létrehozva az ipari civilizációt, majd ez az új civilizáció szétterjedve, az egész Földünk gazdaságát és az emberiséget, valamint az ember és környezete viszonyát is átformálta. Az ipari civilizáció környezetre gyakorolt hatását legjobban az európai erdők kiterjedésének változásán lehet bemutatni. Az ipari társadalom előtt Európa mintegy 70%-a volt erdősült, az ipari civilizációt követően az erdők aránya fokozatosan 20% alá csökkent, de a regionális eltérések még jelentősebbekké váltak. A Germán-Lengyel Síkság egyes területein a közel 90%-os erdősültség az ipari civilizációt követő 100 évben 20%-ra, majd 10% alá csökkent. A globális környezeti terhelés a korábbi szintnek a többszörösére emelkedett (64. ábra).

Az Újvilág felfedezését követő történések (indianok kiirtása, amerikai és afrikai rabszolga kereskedelem) viszont más fontos tényezőkre is felhívják a figyelmet. Így arra is, hogy mi történik, ha a centrumhoz képest elszigetelt, elmaradt technikai színvonalú periferia és egy fejlettebb technikai szinten álló, jól szervezett társadalmi és gazdasági köz-

pont közösségei találkoznak. Az Újvilág meghódítása során amerikai őslakosság jelentős része, az európai centrumhoz képest technikai és kulturális másságot hordozó közösségek, a környezettel eltérő viszonyt kialakító, különböző hagyományokkal rendelkező csoportok pusztultak el, illetve szorultak kiszolgáltatott helyzetbe az Újvilág felfedezését követően, mert az elszigetelt perifériális fejlődés következtében ezek az emberek technikai és társadalmi szempontból lemaradtak a centrumból érkezőkkel szemben. Ezek az események azt bizonyítják, hogy milyen veszéllyel járhat a centrumtól történő elszigetelődés, a periféria lemaradása és elkülönült fejlődése.

Ugyanakkor az emberiség eddigi történelme azt is bizonyítja, hogy nem csak a biológiai és a környezeti sokszínűségnek van kiemelkedő jelentősége az emberiség és a földi élet jövője szempontjából, hanem a különböző kulturális, technikai megoldásoknak és a sokszínű földi környezettel eltérő kapcsolatokat kialakított közösségeknek is. Ennek oka az, hogy eddig valamennyi, a történelem során kialakult civilizációs megoldás egy idő után zsákutcának bizonyult és az emberiség fejlődésének új irányát általában már olyan közösségek képviselték, amelyek a korábbi fejlődési fázisban háttérben helyezkedtek el, perifériálisan fejlődtek. Így az emberiség jövője szempontjából kiemelkedő jelentőségű a kulturális, technikai, társadalmi sokszínűség fennmaradása, még akkor is, ha a jelenlegi gazdasági, társadalmi centrumok (Észak-Amerika, Nyugat-Európa, Japán) emberiségre gyakorolt homogenizáló hatása rendkívül erőteljes. A jövő legnagyobb kihívása és kérdése az emberiség számára az, hogy a biológiai és a környezeti diverzitással együtt megmenthető-e az emberiség kulturális, technikai és társadalmi sokszínűsége? Fennmaradhatnak-e a hagyományos, improduktív vagy paraszti, eltérő értékeket, kulturális elképzeléseket hordozó közösségek a különböző földi környezethez, természeti viszonyokhoz adaptálódott csoportok (pl.: eszkimók, őserdőkben, sivatagokban élő törzsek), társadalmak a gazdasági központok természeti és társadalmi viszonyokat homogenizáló hatásai ellenére is? Van-e annyi tolerancia, megértés a centrumokban élő közösségek vezetésében, hogy elfogadják a technikai, kulturális és értékrendbeli másságot annak a tapasztalatnak a birtokában, hogyha az emberiség valamely csoportja egy másik, eltérő kulturális megoldásokkal jellemezhető közösséget számol fel bármilyen módszerrel, akkor példát mutat arra is, hogy vele szemben egy másik fejlődési fázisban hogyan lépjenek majd fel?

8. Ajánlott irodalom

- Aitken, M. J. 1973. *Physics and Archeology*. Oxford Univesity Press.
- Albritton, C. C. 1975. *Philosophy of Geohistory: 1785–1970*. Dowden, Hutchinson and Ross Press.
- Bácskay E. 1980. A magyar holocénsztratigráfia régészeti dokumentációs pontjai az Alföldön. Neolitikum. Földtani Intézet Évi Jelentése 1978-ról, pp. 429–433.
- Bácskay E. 1981. A magyar holocénsztratigráfia régészeti dokumentációs pontjainak rétegtani adatai. Földtani Intézet Évi Jelentése 1979-ről, pp. 551–559.
- Bácskay E. 1980. A magyar holocénsztratigráfia régészeti dokumentációs pontjai a Dunántúlon. Korai és középső neolitikum. Földtani Intézet Évi Jelentése 1980-ról, pp. 543–551.
- Bácskay E. 1991. Régészeti kutatások földtani tanulságai magyarországi példákon. Földtani Intézet Évi Jelentése 1989-ről, pp. 613–621.
- Banner, J. 1956. *Die Pécelér Kultur*. Akadémiai Kiadó.
- Beck, C. W. ed. 1974. *Archeological Chemistry*. American Chemical Society, 138.
- Behre, K. E. 1981. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen Spores* 23. pp. 225–245.
- Behre, K. E. 1988. The role of Man in European vegetation history. pp. 633–672. In: Huntley, B.–Webb, T. III. eds. *Vegetation History*. Kluwer Academic Publishers.
- Behrensmeyer, A. K.–Hill, A. P. 1980. *Fossils in the Making: Vertebrate Taphonomy and Paleoecology*. University of Chicago.
- Beke, C. T. 1835. On the Geological Evidence of the Advance of the Land at the Head of the Persian Gulf. *London and Edinburg Philosophical Magazine and Journal of Science*, 7. pp. 40–46.
- Bell, M.–Walker, M. J. C. 1992. *Late Quaternary Environment Change*. Longman Press.
- Bennett, K. D.–Fossitt, J. A.–Sharp, M. J.–Switsur, V. R. 1990. Holocene vegetation and environment history at Loch lang, Shouth Uist, Western Isles, Scotland. *New Phytologist*, 114. pp. 281–298
- Berglund, G. E.–Ralska-Jasiewiczowa, M., 1986. Pollen Analysis and Pollen Diagrams. pp. 455–484. In: Berglund, B. E. ed. *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Wiley Press.
- Beug, H. J. 1982. Vegetation history and climatic changes in central and southern Europe. pp. 85–102. In: Harding, A. F. ed. *Climatic Change in Later Prehistory*. Edinburgh Univeristy Press.
- Bishop, P. 1980. Popper's Principle of Falsifiability and Davisian cycle. *Professional Geographer*, 32. pp. 310–315.
- Binford, L. R. ed. 1972. *An Archeological Perspective*. Academic Press.

- Binford, L. R. ed. 1977. *For Theory Building in Archeology*. Academic Press.
- Binford, S. R.–Binford, L. R. 1968. *New perspectives in Archeology*. Aldine Press.
- Birks, H. J. B. 1986. Late Quaternary Biotic Changes in Terrestrial and Lacustrine Environments, with Particular Reference to North-West Europe. pp. 3–65. Berglund, B.E.ed. *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Wiley Press.
- Birks, H. J. B.–Birks, H. H. *Quaternary Palaeoecology*. Edward Arnold Press.
- Bonsall, C. ed. 1985. *The Mesolithic in Europe*. Edinburgh.
- Boucot, A. J. 1953. Life and Death Assemblages among Fossils. *American J. Sciences*, 251. pp. 25–40.
- Boaz, N. T.–Behrensmeyer, A. K. 1976. Hominid Taphonomy: Transport of Human Skeletal Parts in an Artificial fluvial Environment. *American J. Physical Anthropology*, 45. pp.53–60.
- Bognár-Kutzián, I. 1963. The Copper Age Cemetery of Tiszapolgár–Basa-tanya. *Archeologia Hungarica*, 42.
- Bognár-Kutzián, I. 1972. The Early Copper Age Tiszapolgár Culture in the Carpathian Basin. *Archeologia Hungarica*, 48.
- Bóna, I. 1992. Bronzezeitliche Tell-Kulturen in Ungarn. pp. 9–216. In: Fodor, I.–Meier-Arendt, W.–Raczky, P. eds. *Bronzezeit in Ungarn. Forschungen in Tell Siedlungen an Donau und Theiss*. Walter Meier Arendt im Auftrage des Dezernats Kultur und Freizeit der Stadt Frankfurt a. Main, Frankfurt.
- Bökönyi, S. 1974. History of domestic mammals in Central and Eastern Europe. *Akadémiai Kiadó*.
- Bradley, R. S. 1985. *Quaternary Paleoclimatology. Methods of Paleoclimatic Reconstruction*. Chapman and Hall Press, London.
- Braun M.–Sümegi P.–Szűcs L.–Szöör Gy. 1993. A kállósejméni Nagy-Mohos láp fejlődéstörténete (Lápképződés emberi hatásra és az ősláp hipotézis). *Jósa András Múzeum Évkönyve*, 33–35. pp. 335–366.
- Breggren, W. A. 1980. Towards to a Quaternary Time Scale. *Quaternary Research*, 13. pp. 277–302.
- Buckland, 1823. *Reliquiae Diluvianae, or, Observations on the Organic Remains Contained on Caves, Fissures, and Diluvial Gravel, and on other Geological Phenomena Attesting to the Action of an Universal Deluge*. John Murray Press, London.
- Butzer, K. W. 1974. Geo-archeological Interpretation of Two Acheulian Calcpa Sites: Doornlagte and Rooidam (Kimberley, South Africa). *J. Archeological Science*, 1. pp. 1–25.
- Butzer, K. W. 1977. Geo-archeology in Practice. *Review of Anthropology*, 4. pp. 125–131.
- Butzer, K. W. 1982. *Archeology as Human Ecology*. Cambridge University Press.
- Chamberlin, T. C.1965. The Method of Multiple Working Hypotheses. *Science*, 148. pp.754–759.
- Chapman, J. 1994. Social power in the early farming communities of Eastern Hungary – Perspectives from Upper Tisza region. *Jósa András Múzeum Évkönyve*, 36. pp. 79–99.
- Chapman, J. 1994. The Origins of Farming in South East Europe. *Préhistoire Européenne* 6 1994, 133–156.

- Clark, J. D. G. 1972. *Star Carr: a case study in bioarcheology*. Addison-Wesley Modular Publication.
- Clark, J. D. G. 1988. Practice motion and the theory of charcoal analysis, source area, transport, deposition and sampling, *Quaternary Research*, 30. pp. 67–80.
- Clark, J. D. G.–Merkt, J.–Muller, H. 1989. Post-glacial fire, vegetation and human history on the northern Alpine forelands, South Western Germany. *J. Ecology*, 77. pp. 897–925.
- Craig, G. Y. 1953. Fossil Communities and Assemblages. *American J. Sciences*, 251. pp. 547–548.
- Craig, G. Y. 1966. Concept in Palaeoecology. *Earth Sciences Reviews*, 2. pp. 127–155.
- Cushing, E. J.–Wright, H. E. 1967. *Quaternary Paleocology*. Yale University Press, Connecticut.
- Davidson, D. A.–Shackley, M. L. 1976. *Geoarcheology*. Duckworth Press.
- Deevey, E. S. 1965. Environments of Geologic Past. *Science*, 147. pp. 592–594.
- Delcourt, H. R.–Delcourt, P. A. 1991. *Quaternary Ecology*. Chapman and Hall Press, London.
- Dimbleby, G. W. 1976. Climate, Soil and Man. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 275. pp. 197–208.
- T. Dobosi, V. 1994. Contribution to the Upper Palaeolithic Topography. *Acta Archaeologica Hungaricae*, 46. pp. 3–20.
- T. Dobosi, V.–Vörös, I.–Krolopp, E.–Szabó, J.–Ringer, Á.–Schweitzer, F. 1983. Upper Paleolithic Settlement in Pilismarót–Pálrét. *Acta Archaeologica Hungarica*, 35. pp. 288–311.
- Ellias, S. A. 1994. *Quaternary Insects and Their Environments*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Evans, J. G. 1972. *Land Snails in Archaeology*. Seminar Press, London–New York.
- Evans, J. G. 1975. *The Environment of Early Man in the British Isles*. Paul Elek Press.
- Evans, J. G. 1978. *An Introduction to Environmental Archeology*. Cornell University Press.
- Evans, J. G.–O'Connor, T. 1999. *Environmental Archaeology*. Sutton Publishing, Phoenix Mill.
- Füzes, M. 1990. A földművelés kezdeti szakaszának (neolitikum és rézkor) növényleletei Magyarországon. *Tapolcai Városi Múzeum Közleményei*, 1. pp. 139–238.
- Füzes, M. 1991. A Dunántúl korai növénytermesztése és növényleletei. A Starcevo kultúra és a Tapolcai csoport. *Tapolcai Városi Múzeum Közleményei*, 2. pp., 267–362.
- Gábori, M.–Gáboriné Csánk, V. 1957. Les stations de loess paléolithiques de Hongrie. *Acta Archeologica Hungaricae*, 8. pp. 3–116.
- Gleick, J. 1987. *Chaos*. Sphere Press.
- Geertz, C. 1963. *Agricultural Involution: The Process of Ecological Change in Indonesia*. University of California Press.
- Grynaeus A. 1998. *Dendrokronológia*. *Panniculus*, 3. pp. 357–366.
- Gyulai, F. *Archeobotanika*. Jó Könyvek, Debrecen.
- Harmon, R. S.–Thompson, P.–Schwarz, H. P.–Ford, D. C. 1978. Late Pleistocene palaeoclimates of North America as inferred from stable isotope studies of speleotherms. *Quaternary Research*, 9. pp. 54–70.

- Horváth F. 2001. Csengelei kunok ura és népe. Archeolingua Kiadó, Budapest. Appendix.
- Hempel, C. G. 1966. Philosophy of Natural Science. Prentice Hall.
- Hertelendi, E. 1998. Radiocarbon kormeghatározás. Panniculus, 3. pp. 311–334.
- Hertelendi, E.–Csongor, É.–Záborszky, L.–Molnár, I.–Gál, I.– Győrffy, M.–Nagy, S. (1989): Counting System for High Precision C-14 Dating. Radiocarbon, 32. pp. 399–408.
- Hertelendi, E.–Kalicz, N.–Raczky, P.–Horváth, F.–Veres, É.–Svingor, I.–Futó, I. and Bartosiewicz, L. 1996. Re-evolution of the Neolithic in eastern Hungary based on calibrated radiocarbon dates. Radiocarbon, 37. pp. 239–241.
- Herz, N.–Garrison, E. G. 1998. Geological methods for archeology. Oxford University Press, Oxford.
- Higgs, E. S. ed. 1972. Papers in Economic Prehistory. Cambridge University Press.
- Higgs, E. S. ed. 1975. Palaeoeconomy. Cambridge University Press.
- Horváth, F. Csengelei kunok ura és népe. Archeolingua Kiadó, Budapest.
- Horváth, F.–Hertelendi, E. 1994. Contribution to the 14C based Absolute Chronology of the Early and Middle Neolithic Tisza region. Jóna András Múzeum Évkönyve, 36. pp. 111–133.
- Horváth, F.–Trogmayer, O. 1985. A dél-alföldi újkőkori fejlődés kezdete és vége. Tudomány 1985/2, 30–37.
- Huggett, J. A. 1995. Geocology. Routledge Press, London.
- Huntley, B.–Birks, H. J. B. 1983. An Atlas of Past and Present Pollen Maps of Europe 0–13.000 years ago. Cambridge University Press.
- Iversen, J. 1941. Land occupation in Denmark's stone age. Danmarks Geologiske Undersøgelse, 66. pp. 7–68.
- Ilon, G. ed. 1998. Régésztechnikusok kézikönyve. Panniculus, 3. Szombathely.
- Ilon, G.–Ughly, I. 1996. Bevezetés a Kárpát-medence régészetébe. História Alapítvány, Szombathely.
- Imbrie, J.–Newell, N. 1964. Approaches to Paleocology. Wiley Press.
- Jacobson, G. L.–Bradshaw, R. H. W. 1981. The selection of sites for palaeovegetational studies. Quaternary Research, 16. 80–96.
- Jacomet, S., Brombacher, Ch. & Dick, M. 1989. Archäobotanik am Zürichsee. Ackerbau, Sammelwirtschaft und Umwelt von neolithischen und bronzezeitlichen Seeufersiedlungen im Raum Zürich. Berichte der Zürcher Denkmalpflege 7.
- Jakab G.–Magyar E. 2000. Új távlatok a magyar lápkutatásban: szukcessziókutatás paleobryológiai és pollenanalitikai módszerekkel. Kitaibelia, 5. pp. 17–36.
- Janovic, B.–Ottoway, B. S. 1976. Copper mining and metallurgy in the Vinca Group. Antiquity, 50. pp. 104–113.
- Jánossy D. 1979. A magyarországi pleisztocén tagolása gerinces faunák alapján. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Járainé-Komlódi, M. 1966. Adatok az Alföld negyedkori klíma- és vegetációtörténetéhez I. Botanikai Közlemények, 53. pp. 191–201.
- Járainé-Komlódi, M. 1969. Adatok az Alföld negyedkori klíma- és vegetációtörténetéhez II. Botanikai Közlemények, 56. pp. 43–55.

- Jerem E.–Facsar G.–Kordos L.–Krolopp E.–Vörös I. 1985. A Sopron Krautackeren feltárt vaskori telep régészeti és környezetrekonstrukciós vizsgálata. I. Archeológiai Értesítő, 111. pp. 141–169.
- Jerem E.–Facsar G.–Kordos L.–Krolopp E.–Vörös I. 1985. A Sopron Krautackeren feltárt vaskori telep régészeti és környezetrekonstrukciós vizsgálata. II. Archeológiai Értesítő, 112. pp. 3–24.
- Jerem E.–Bartosiewicz L.–Gyulai F.–Krolopp E. 1991. Környezetrégészeti vizsgálatok Ménfocsanak–Szeles lelőhelyen. Iparrégészeti és Archimetriai Tájékoztató, 8–9.
- Kalicz N. 1970. Agyagistenek. A neolitikum és rézkor emlékei Magyarországon. Corvina Kiadó, Budapest.
- Kalicz N. 1976. A neolitikus kutatás Magyarországon. Valóság 19/1. pp. 25–41.
- Kalicz N. 1983. Kultúráváltások a korai és középső réz korban a Kárpát-medencében. Archeológiai Értesítő, 110. pp. 3–13.
- Kalicz, N. 1990. Frühneolithische Siedlungsfunde aus Südwestungarn. Akadémiai Kiadó.
- Kalicz N. 1991. A legkorábbi fémleletek Délkelet Európában és a Kárpát-medencében az i.e. 6–5 évezredben. Archeológiai Értesítő, 118. pp. 3–12.
- Kalicz, N. 1984. Die Hatvan Kultur. pp. 191–218. In: Novotny, B.–Kalicz, N.–Brukner, B.–Tasic, N. eds. Kulturen der Bronzezeit des Karpatesbeckens und Nordbalkans. SANU, Beograd.
- Kalicz, N.–Makkay, J. 1976. Frühneolithische Siedlung in Méhtelek–Nádas. Mitteilungen des Archäologischen Instituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, 8. pp. 13–24.
- Kalicz, N.–Makkay, J. 1977. Die Linienbandkeramik in der Grossen Ungarischen Tiefebene. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Kalicz N.–Raczky P. 1977. Új-e az „újrégészet”? Valóság, 20. pp. 76–94.
- Kemenzsei T. 1970. A Kyjatice kultúra Észak Magyarországon. Hermann Ottó Múzeum Évkönyve, 9. pp. 17–78.
- Kertész, R.–Sümegi, P.–Kozák, M.–Braun, M.–Félegyházi, E.–Hertelendi, E. 1994. Archaeological and Paleoecological study of an Early Holocene settlement in the Jászság Area. Acta Geographica, Geologica et Meteorologica Debrecina, 32. pp. 5–49.
- Kertész, R.–Sümegi, P. 1999. Teóriák, kritika és egy modell: Miért állt meg a Körös–Starcevo kultúra terjedése a Kárpát-medence centrumában? Tisicum, 10. pp. 9–22.
- Kertész R.–Sümegi P. 1999. Az Északi-középhegység negyedidőszak végi őstörténete. Nógrád Megyei Múzeumok Évkönyve, 23. pp. 66–93.
- Kordos, L. 1977. Changes in the Holocene climate of Hungary reflected by the „voluthermometer” method. Földrajzi Közlemények, 25. pp. 222–2228.
- Kordos L. 1981. Éghajlatváltozás és környezetfejlődés. MTA X. Oszt. Közleményei, 14. pp. 209–221.
- Kordos, L. 1987. Climatostratigraphy of Upper Pleistocene vertebrates and the conditions of loess formation in Hungary. GeoJournal, 15. Pp. 163–166.
- Kordos L.–Ringer Á. 1991. A magyarországi felső-pleisztocén Arvicolidae sztatigráfiájának klimato- és archeosztratigráfiai korrelációja. MÁFI Évi Jelentése 1989 évről, pp. 523–533.
- Korok J.–Patay P. 1958. A bükk kultúra elterjedése Magyarországon. Régészeti Füzetek, II/2.

- Kovács T. 1977. A bronzkor Magyarországon. Corvina Kiadó, Budapest.
- Kovács, T. 1984. Die Füzesabony-Kultur. pp. 235–256. In: Novotny, B.–Kalicz, N.–Bukner, B.–Tasic, N. eds. Kulturen der Bronzezeit des Karpatbeckens und Nordbalkans. SANU, Beograd.
- Kraft, J. C.–Kayan, I.–Erol, O. 1980. Geomorphic reconstructions in the environs of ancient Troy. *Science*, 209. pp. 776–782.
- Kretzoi, M. 1957. Wirbeltierfaunistische Angaben zur Quartärchronologie der Janakovich-Höhle. *Folia Archeologica*, 9. pp. 16–21.
- Kretzoi, M. 1977. Ecological condition of the „loess” in Hungary as revealed by vertebrate fauna. *Földrajzi Közlemények*, 25. pp. 75–89.
- Kretzoi, M.–T. Dobosi, V. 1991. Vértesszöllös, Man, Site and Environment. Akadémiai Kiadó.
- Kretzoi, M.–Vértes, L. 1965. The role of Vertebrate faunae and Palaeolithic Industries of Hungary in Quaternary Stratigraphy and Chronology. *Acta Geologica Hungarica*, 9. pp. 125–144.
- Krolopp, E. 1962. Die Molluskenfauna. pp. 87–103. In: Vértes, L. ed. Tata, eine mittelpaläolithische Travertin-Siedlung in Ungarn. *Archeologia Hungarica*, 43.
- Krolopp, E. 1968. Notice sur la faune de Mollusques de la station d'Érd. pp. 57. In: Gáboriné Csánk V. ed. La station du paléolithique moyen d'Érd, Hongrie. *Monumenta Historica Budapestiensis*, 3.
- Krolopp E. 1989. A madarasi téglagyári löszfeltárás malakológiai vizsgálata. *Cumania*, 11. pp. 13–27.
- Krolopp, E. 1991. Malacological analysis of the loess from the archeological site at Esztergom-Gyurgyalag. *Acta Archeologica Hungarica*, 43. pp. 257–259.
- Krolopp E.–Sümegi P.–2002. A ságvári löszrétegsor csigafaunája. *Malakológiai Tájékoztató*, 20. pp. 7–14.
- Krolopp E.–Sümegi P.–Hertelendi E.–Kuti L.–Kordos L. 1995. Szeged környéki löszképződmények keletkezésének palaeoökológiai rekonstrukciója. *Földtani Közöny*, 125. pp. 309–361.
- Lawrence, D. R. 1968. Taphonomy and Information Losses in Fossil Communities. *Bulletin of Geological Society of America*, 62. pp. 449–464.
- Lawrence, D. R. 1971. The Nature and Structure of Palaeoecology. *J. Paleontology*, 45. pp. 593–607.
- Langohr, R. 1993. Types of tree windthrow, their impact on the environment and their importance for understanding of archeological excavation data. *Helinium*, 33. pp. 36–49.
- Lichardus, J.–Vladár, J. 1964. Zur Problemen der Ludanice-gruppe in der Slowakei. *Slovenská Archeológia*, 12. pp. 69–157.
- Lowe, J. J.–Walker, M. J. C. 1984. Reconstructing Quaternary Environments. Longman Group, Hong Kong.
- Lyell, C. 1863. The Geological Evidence of the Antiquity of Man, with Remarks on Theories of the Origin of Species by Variations. John Murray Press.

- Magyari E.–Jakab G.–Sümegei P.–Rudner E.–Molnár M. 2000. Paleobotanikai vizsgálatok a keleméri Mohos-tavakon. pp: 101–131. In: Szurdoki, E. (szerk.) Tőzegmohás élőhelyek Magyarországon: kutatás, kezelés, védelem, CEEWEB Munkacsoport, Miskolc.
- Makkay, J. 1982. A magyarországi neolitikum kutatásának új eredményei. Akadémiai Kiadó.
- Marosi S.–Somogyi S. 1990. A magyarországi kistájak katasztere. I–II. MTA Földrajz-kutató Intézet Kiadványa.
- Mellars, P. 1976. Fire, ecology, animal populations and man: a study of some ecological relationship in prehistory. *Proceedings of Prehistory Society*, 42. pp. 15–45.
- Nilsson, T. 1982. The Pleistocene. Geology and Life in the Quaternary Ice Age. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Oldfield, F. 1983. Man's Impact on the Environment: some Recent Perspectives. *Geography*, 68. pp. 245–256.
- Párducz, M. 1973. Probleme der Skythenzeit im Karpatenbecken. *Acta Archaeologica Hungarica*, pp. 27–63.
- Patay P. 1961. A bodrogkeresztúri kultúra temetői. *Régészeti Füzetek*, II/10.
- Patay, P. 1974. Die hochkupferzeitliche Bodrogkeresztúr-Kultur. *Bericht der Römisch-Germanischen Kommission*, 55. pp. 1–71.
- Paepe, R. 1991. Geo-archeology. pp. 147–148. Review Report, Symposium at 13th INQUA, Peking.
- Patek, E. 1973. Bericht über die Ausgrabung des spätbronzezeitlichen Burgwalles von Töröksánc bei Szilvásvárad im Jahre 1963. *Mitteilungen des Archäologischen Instituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften*, 4. pp. 25–30.
- Patek, E. 1974. Präsytische Gräber in Ostungarn. *Móra Ferenc Múzeum Évkönyve*, pp. 101–107.
- Pécsi, M. 1993. Negyedkor és löszkutatás. Akadémia Kiadó, Budapest.
- de Petres, J. B. C. 1847. *Anitquités Celtiques et Antédiluviennes*. Treuttel et Wurtz.
- Popper, K. R. 1972. *Objective Knowledge*. Oxford University Press.
- Popper, K. R. 1974. *Conjectures and Refutation*. Routledge and Kegan Paul Press.
- Pounds, N. J. G. 1990. *An historical geography of Europe*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Preswitch, J. 1860. On the Occurence of Flint-implements, associated with the Remains of Animals of Extinct Species in Beds of a late Geological Period, in France at Amiens and Abbeville, and in England at Hoxne. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 150. pp. 277–317.
- Rapp, G. 1975. „The Archeological Field Staff: The Geologist.” *J. Field Archaeology* 2. pp. 229–237.
- Rapp, G. J.–Gifford, J. A. 1982. *Archeological Geology*. *American Scientist*, 70. pp. 45–53.
- Rapp, G. J.–Hill, C. L. 1998. *Geoarcheology*, Yale University Press, London.
- Rapp, G.–Bullard, R.–Albritton, C. 1974. Geo-archeology? *The Geologist*, 9. pp. 1.
- Raczky, P. 1983 A korai neolitikumból a középső neolitikumba való átmenet kérdései a Közép- és Felső-Tisza-vidéken. *Archeológiai Értesítő*, 110. pp. 161–194.

- Raczky, P.–Hertelendi, E.–Horváth, F. 1992. Zur absoluten datierung der Bronzezeitlichen Tell-Kulturen in Ungarn. pp. 42–47. In: Fodor, I.–Meier-Arendt, W.–Raczky, P. eds. *Bronzezeit in Ungarn. Forschungen in Tell Siedlungen an Donau und Theiss*. Walter Meier Arendt im Auftrage des Dezernats Kultur und Freizeit der Stadt Frankfurt a. Main, Frankfurt.
- Rádai I. 1990. Régészet víz alatt és levegőben. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Renfrew, C. 1969. Anatomy of the South-East European Copper Age. *Proceeding of Prehistroic Society* 35. pp. 12–47.
- Renfrew, C. 1973. *Before Civilization*.
- Ringer, Á. 1983. Bábonyien, eine mittelpaläolithische Blattwerkzeugindustrie in Nordostungarn. *DissArch Ser. II, No. 11*
- Roberts, N. 1994. *The Changing Global Environment*. Blackwell, Oxford.
- Roberts, N. 1998. *The Holocene. An Environmental History*. Blackwell, Massachusetts.
- Rudwick, M. J. S. 1972. *The Meaning of Fossils. Episodes in the History of Paleontology*. McDonald Press.
- Shackleton, J. C.–van Andel, T. H. 1980. Prehistoric shell assemblages from Franchthi cave and evolution of the adjacent coastal zone. *Nature*, 288. pp. 357–359.
- Sherratt, A. 1981. Plough and pastoralism: aspects of the secondary products revolution. pp. 261–305. In: Hodder, I.–Isaac, G. and Hammond, N. eds. *Patterns of the Past*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sherratt, A. 1982. The development of Neolithic and Copper Age settlement in the Great Hugnarian Plain. Part 1: The regional setting. *Oxford Journal of Archaeology*, 1. pp. 287–316.
- Sherratt, A. 1983. The development of Neolithic and Copper Age settlement in the Great Hugnarian Plain. Part 2: Site surveys and settlements dynamics. *Oxford Journal of Archaeology*, 2. pp. 13–41.
- Smith, A. G. 1970. The infuence of Mesolithic and Neolithic man on British vegetation. Pp. 81–96. In: Walker, D.–West, R. G. *Studies in the Vegetational History of the British Isles*. Cambridge Univerity Press.
- Smith, A. G. 1981. The Neolithic. pp. 125–209. In: Simmons, I. G.–Tooley, M. J. eds. *The Environment in British Prehistory*. Duckwoth Press.
- Solecki, R. S. 1969. A copper mineral pendant from Northern Iraq. *Antiquity*, 43. pp. 311–314.
- Sümeği, P. 1998. Az utolsó 15000 év környezeti változásai és hatásuk az emberi kultúrákra Magyarországon. pp. 367–397. In: Ilon G. ed. *A régésztechnikusok kézikönyve*. Szombathely, Savaria Kiadványa.
- Sümeği, P. 1999. Reconstruction of flora, soil and landscape evolution, and human impact on the Bereg Plain from late-glacial up to the present, based on palaeoecological analysis. pp. 173–204. In: Hamar, J. –Sárkány-Kiss, A. eds. *The Upper Tisa Valley*. Tiscia Monograph Series, Szeged.
- Sümeği, P. 1999. Csigák és kagylók a régészeti kutatásokban. I. *Természet Világa*, 130. 10. 454–457.
- Sümeği, P. 1999. Csigák és kagylók a régészeti kutatásokban. II. *Természet Világa*, 130. 11. 513–515.

- Sümegei, P. 2000. A középkori Kárpát-medence éghajlati és környezeti viszonyai. pp. 9–25. In: Bende, L.–Lőrinczy G. eds. A középkori magyar agrárium. Ópusztaszeri TE KHT Kiadványa, Ópusztaszer.
- Sümegei, P. 2000. "Biharország" környezetregészeti elemzése. 7–18. In: Biharország neolitikuma. Régészeti kiállítás katalógusa, Déri Múzeum, Debrecen.
- Sümegei P. 2001. A negyedidőszak földtanának és öskörnyezettanának alapjai. JATEPress, Szeged, p.262.
- Sümegei P. 2001. Környezetregészet problémái Magyarországon. Mumosz, I. Fiatal Ős-koros Kutatók I. Összeövetelének konferenciakötete, pp. 17 – 49. Debrecen.
- Sümegei, P.–Bodor, E. 2000. Sedimentological, pollen and geoarcheological analysis of core sequence at Tököl. pp. 83–96. In: Poroszlai, I. –Vicze, M. eds. Szászhalombatta Archaeological Expedition. Archeolingua Press, Budapest, p.134.
- Sümegei P.–Krolopp E. 1995. A magyarországi würm korú löszök képződésének paleo-ökológiai rekonstrukciója. Földtani Közlöny, 124. pp. 125–148.
- Sümegei P.–Krolopp E. 2000, Palaeoecological reconstruction of the Ságvár–Lascaux interstadial. pp. 103–112. In: Mester, Zs. and Ringer, Á. eds. A la recherche de l'Homme Préhistorique, ERAUL 95, Liège.
- Sümegei P.–Kertész R. 1998. A Kárpát-medence öskörnyezeti sajátosságai – egy ökológiai csapda az újkőkorbán? Jászkunság, 44. pp. 144–157.
- Sümegei P.–Kertész R. 1998. Ablak az időre. Ember és környezet kapcsolata a Kárpát-medencében az időtudományok tükrében. Szolnoki Tudományos Közlemények, 1. pp. 66–69.
- Sümegei P.–Kertész R.–Hertelendi, E. 2002. Environmental Change and Human Adaptation in the Carpathian Basin at the lateglacial/postglacial transition. British Archaeological Report, 1043. pp. 171–177.
- Sümegei P.–Krolopp E.–Hertelendi, E. 1998. A Ságvár–Lascaux interstadiális öskörnyezeti rekonstrukciója. Acta Geographica, Geologica et Meteorologica Debrecina, 34. pp. 165–180.
- Sümegei P.– Hertelendi, E. –Magyari, E.–Molnár, M. 1998. Evolution of the environment in the Carpathian Basin during the last 30.000 BP years and its effects on the ancient habits of the different cultures. pp. 183–197. In: Költő, L.–Bartosiewicz, L. eds. Archimetric Research in Hungary. II. Budapest.
- Sümegei P.–Kozák J.–Magyari E.–Tóth Cs. 1998. A Szakáld–Testhalmi bronzkori tell geoarcheológiai vizsgálata. Acta Geographica, Geologica et Meteorologica Debrecina, 34. pp. 165–180.
- Sümegei, P.–Rudner, E.–Beszedá, I. 2000. Stratigraphical and palaeoecological investigation of the fossil soil comprising Upper Palaeolithic tools at Bodrogkeresztúr – Henye. pp. 217–220. In: T. Dobosi, V. ed. Bodrogkeresztúr – Henye (NE Hungary) Upper Palaeolithic site. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest.
- Sturdy, D. A. 1975. Some Reindeer economies in Prehistoric Europe. pp. 55–98. In: Higgs, E. S. (ed.): Palaeoeconomy. Cambridge University Press.
- Stuvier, M.–Pearson, G. W. 1993. High-precision Bidecadal Calibration of the Radiocarbon Time Scale. Radiocarbon, 35. pp. 215–231.

- Szabó M. 1971. A kelták nyomában Magyarországon. Corvina Kiadó.
- Thompson, R.–Oldfield, F. 1986. Environmental magnetism. George Allen and Unwin, London.
- Troels-Smith, J. 1955. Karakterisering af lose jordater. Danmarks geologiske Undersøgelse. IV. 3. (10).
- Trogmayer, O. 1968. Körös-Gruppe – Linienbandkeramik. Alba Regia, 12. pp. 71–76.
- Turner, J.–Greig, J. R. A. 1975. The evidence for land use by prehistoric farming communities: the use of the three-dimensional pollen diagrams. In: Evans, J. G.–Limbrey, S.–Cleere, H. eds. The effect of man on the landscape: the highland zone. C. B. A. Research report 11: 86–95.
- Vekerdi L. 1976. Újregészeti. Valóság, 19. pp. 26–41
- Vértes, L. 1962 Die Ausgrabungen in Szekszárd–Palánk und die archäologischen Funde. Swiatowit 24. 159–202.
- Vértes, L. 1962b Zwei paläolithische Gefäße aus der Theiss. Folia Archeologica 14. pp. 7–11.
- Vértes, L. 1963. A Szekszárd–palánki jégkorvégi őstelep. A Szekszárdi Balogh Ádám Múzeum Tudományos Füzetek 3.
- Vértes, L. 1965 Az őskőkor és az átmeneti kőkor emlékei Magyarországon. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Vörös, I. 1982. Faunal remains from the Gravettian reindeer Hunters' campsite at Ságvár. Folia Archeologica, 33: 43–69.
- Vörös, I. 1983. Lion remains from the Late Neolithic and Copper Age of the Carpathian Basin. Folia Archeologica, 34. pp. 33–50.
- Vörös, I. 1994. Animal husbandry and hunting in the Middle Neolithic settlement at Tiszavasvári–Deákalmi dűlő (Upper Tisza region). Jónás András Múzeum Évkönyve, 36. pp. 167–182.
- Watson, R. A. 1969. Exploration and prediction in geology. J. Geology, 77. pp. 488–494.
- Whittle, A. 1985. Neolithic Europe: a survey. Cambridge University Press, Cambridge.
- Whittle, A. 1996. Europe in the Neolithic. Cambridge University Press, Cambridge.
- Willis, K. J. 1994. The vegetational history of the Balkans. Quaternary Science Reviews, 13. pp. 769–788.
- Willis, K. J.–Bennett, K. D. 1994. The Neolithic Transition – fact or fiction? Paleoecological evidence from the Balkans. The Holocene, 4. pp. 326–330.
- Willis, K. J.–Sümegi, P.–Braun, M.–Tóth, A. 1995 The Late Quaternary Environmental History of Bátorliget, N. E. Hungary. Palaeoclimatology, Palaeoecology, Palaeogeography, 118. pp. 25–47.
- Willis, K. J.–Sümegi, P.–Braun, M.–Tóth, A. 1997 Does soil change cause vegetation change or vice versa? A temporal perspective from Hungary. Ecology, 78. pp. 740–750.
- Willis, K. J.–Sümegi, P.–Braun, M.–Keith, D. B.–Tóth, A. 1998. Prehistoric land degradation in Hungary: who, how and why? Antiquity, 72. pp. 101–113.
- Williams, M. A. J.–Dunkerley, D. L.–Deckker, D. E. P.–Kershaw, A. P.–Stokes, T. 1993. Quaternary Environments. E. Arnold, London.

- Wright, H. E.–Kutzbach, J. E.–Webb, T. III–Ruddiman, W. F.–Street-Perrott, F. A.–Bartlin, P. J. 1993. Global climates since the last glacial maximum. University of Minnesota Press.
- Zólyomi, B. 1952. Magyarország növénytakarójának fejlődéstörténete az utolsó jégkortól. MTA Biológiai Osztályának Közleményei, 491–530.
- Zvelebil, M. 1986. Mesolithic prelude and Neolithic revolution. pp. 5–16. In: Zvelebil, M. ed. Hunters in Transition. Cambridge University Press.
- Zvelebil, M.–Rowley-Conwy, P. 1986. Foragers and farmers in Atlantic Europe. pp. 67–93. In: Zvelebil, M. ed. Hunters in Transition. Cambridge University Press.



3.238. – vet. 07.06.18.

A tördelést a JATEPRINT,
a Bölcsészettudományi Kar Kiadványszerkesztősége végezte
WordPerfect 8 kiadványszerkesztő programmal.



Kiadja a JATEPress
6722 Szeged, Petőfi Sándor sugárút 30–34.
<http://www.jatec.u-szeged.hu/jatepress/>

Felölős kiadó: Dr. Pál József egyetemi tanár
Felölős vezető: Szőnyi Etelka kiadói főszerkesztő
Méret: B/5, példányszám: 600, munkaszám: 12/2003.

