

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
FÖLDTUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

**EGY EGYEDÜLÁLLÓ DÉL-ALFÖLDI LÖSZSZELVÉNY MALAKOLÓGIAI
VIZSGÁLATA ÉS A TERÜLET FELSZŐ-WÜRM PALEOKLIMATOLÓGIAI
REKONSTRUKCIÓJA**

HUPUCZI JÚLIA

TÉMAVEZETŐ:

PROF. DR. HABIL SÜMEGI PÁL

tanszékvezető egyetemi tanár



FÖLDTANI ÉS ŐSLÉNYTANI TANSZÉK

SZEGED

2012

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés	4
2. Malakológiai maradványok szerepe és jelentősége a negyedidőszaki környezettörténeti kutatásokban	6
2. 1. Lössös képződmények puhatestű faunája	6
3. Malakológiai vizsgálatok tudománytörténeti áttekintése	12
3.1. A madarasi löszszelvény vizsgálatának tudománytörténeti áttekintése	15
4. Vizsgálati módszerek	17
4.1. Terepi mintavétel, minta előkészítés	17
4.2. A malakológiai anyag határozása	20
4.3. Az adatok feldolgozása és kiértékelése	22
4.3.1. A paleoökológiai csoportok	23
4.3.2. A „malakohőmérő” módszer alkalmazása	28
5. A vizsgált lelőhely földrajzi környezete	31
5.1. A földtani háttér	31
5.2. Az éghajlat és a növényzet	33
6. A madarasi löszszelvény	35
6.1. A malakológiai elemzés eredményei	36
6.1.1. Az első paleohőmérsékleti horizont faunatartalma	36
6.1.2. A második paleohőmérsékleti horizont faunatartalma	38
6.1.3. A harmadik paleohőmérsékleti horizont faunatartalma	40
6.1.4. A negyedik paleohőmérsékleti horizont faunatartalma	43
6.1.5. Az ötödik paleohőmérsékleti horizont faunatartalma	44
6.1.6. A hatodik paleohőmérsékleti horizont faunatartalma	46
6.1.7. A hetedik paleohőmérséklet horizont faunatartalma	48
6.1.8. A nyolcadik paleohőmérsékleti horizont faunatartalma	53
6.1.9. A kilencedik paleohőmérsékleti horizont faunatartalma	54
6.2. Az elemzés nyomán megrajzolt környezettörténeti kép	56
6.2.1. Az első paleohőmérsékleti horizont értelmezése	56
6.2.2. A második paleohőmérsékleti horizont értelmezése	58
6.2.3. A harmadik paleohőmérsékleti horizont értelmezése	59
6.2.4. A negyedik paleohőmérsékleti horizont értelmezése	60
6.2.5. Az ötödik paleohőmérsékleti horizont értelmezése	61
6.2.6. A hatodik paleohőmérsékleti horizont értelmezése	62
6.2.7. A hetedik paleohőmérsékleti horizont értelmezése	64
6.2.8. A nyolcadik paleohőmérsékleti horizont értelmezése	65

6.2.9. A kilencedik paleohőmérsékleti horizont értelmezése.....	66
Összegzés.....	67
6.3. A szelvény kora.....	68
6.4. A malakológiai eredmények sztratigráfiai párhuzamosításai.....	70
6.4.1. A biosztratigráfiai párhuzamosítás	70
6.4.2. A globális rétegtani párhuzamosítás	75
7. Összehasonlító elemzés hazai löszös szelvények malakológiai adatai között.....	78
7.1. A katymári löszszelvény.....	78
7.2. A két löszprofil faunájának összehasonlítása.....	81
7.2.1. A melegkedvelők ökológiai csoportja.....	81
7.2.2. A hidegkedvelők ökológiai csoportja	82
7.2.3. A hidegtűrők ökológiai csoportja	83
7.2.4. A tágtúrásúek ökológiai csoportja	83
7.2.5. A „malakohőmérő” adatainak összehasonlítása	85
8. Összefoglalás	88
9. Summary	93
10. Köszönetnyilvánítás	97
11. Felhasznált irodalom	99
12. Ábrajegyzék	111
13. Táblázatok jegyzéke	112
14. Mellékletek	113

1. Bevezetés és célkitűzés

A negyedidőszak során felhalmozódott üledékekkel, ősmaradványokkal, antropogén leletekkel számos tudományterület foglalkozik. A nagyfokú érdeklődés és megkutatottság nem véletlen. Ezek a legfiatalabb üledékes rétegek, melyek nagyon sajátos és változékony környezeti feltételek mellett rakódtak le. Ugyanakkor ez az a földtani kor, melyhez az ember megjelenését és elterjedését köthetjük. A vizsgálatok, kutatások alapvetően két fő irányból közelítenek: az egyik a földtani-, földrajzi-, környezeti változások feltérképezését, megértését célozza, a másik az ember megjelenését-, letelepedését-, környezetének hasznosítását kutatja. A két irány egy ponton szükségszerűen összekapcsolódik, amikor az ember környezetre gyakorolt hatását vizsgáljuk (Sümei, 2003). Ilyen határtudomány a régészeti geológia és a történeti ökológia. A két tudományág az egykor élt emberek környezetével, a természetes környezet változásaival, illetve az ember által okozott környezeti változások rekonstrukciójával foglalkozik (Sümei, 2003). Különbség a vizsgálati terület kijelölésében van. Míg a régészeti geológia szorosan együttműködik a régészettel, vagyis egykori emberi megtelepedési pontokat vizsgál, addig a negyedidőszaki környezettörténet ezektől a területektől távol eső geológiai képződményekkel foglalkozik (Sümei, 2003). A legteljesebb eredmény érdekében mindkét tudományág vizsgálataira szükség van, azonban külön-külön is sok hasznos információt adhatnak (Sümei, 2003).

Napjainkban már nem csak a kutatók számára nyilvánvaló, hogy környezetünk válságban van. Közismert tény az is, hogy a jelenlegi válság okozója az ember. Lokális és regionális szinten egyaránt tapasztalhatóak az antropogén hatások káros következményei. A globális változások azonban kevésbé kézzel foghatóak a hétköznapi ember számára. A gleccserek, jégtakarók olvadása, fajok kihalása vagy a globális hőmérsékletemelkedés kevésbé kapcsolható össze a hétköznapi léttel, az emberi tevékenységgel. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy ezek a problémák előbb vagy utóbb be fognak gyűrűzni a mindennapi életünkbe és már nem csak a bioszférában, hanem az emberi társadalomban, a legkisebb emberi közösségekben is éreztetik majd a hatásukat.

Ezzel szemben talán még kevésbé ismert tény, hogy környezetünk minden eleme folyamatosan változik. Már az ember megjelenése előtt is voltak klímaváltozások, melyek természetesen erőteljes hatást gyakoroltak az akkori növény- és állatvilágra. Tekintélyes számú, a témával foglalkozó tudományos munka és kutatás támasztja alá, hogy néhány ezertől százezer évig terjedő ciklushosszú klimatikus változások sorozata játszódott le a negyedidőszak során. Feltehetően még kevésbé közismert, hogy mivel ez a legfiatalabb geológiai kor, ezért ez a rendkívül változékony éghajlattal és klímakilengésekkel jellemezhető

időszak még nem zárult le, napjainkban is tart. A negyedidőszaki éghajlati változások nyomán azt már tudjuk, hogy antropogén hatás nélkül is változik a Föld éghajlata, azt azonban nehéz megbecsülni, hogy az ember mennyire tudja fokozni, esetleg felgyorsítani ezeket a természetes folyamatokat. Ahhoz, hogy ezt tisztábban láthassuk, felbecsülhessük, először pontos információkat kell gyűjtenünk a természetes változások menetéről, mértékéről és hatásairól. Nyilvánvaló, hogy a jelenleg zajló folyamatok gyökereit a múltban kell keresnünk, vagyis csak a múlt vizsgálatával találhatunk magyarázatot a jelen problémáira és a jövő kérdéseire. Ha a klímaváltozás menetére, mértékére és lehetséges hatásaira vagyunk kíváncsiak, akkor kézenfekvő, hogy elsősorban a negyedidőszak során lejátszódott változásokat kell minél jobban megismernünk. Ezzel párhuzamosan ugyanakkor vizsgálnunk kell az ember környezetformáló tevékenységének hatását is. Csak ilyen, mindkét területet érintő információk birtokában vonhatunk le következtetéseket, vagy tehetünk becsléseket a jövőre vonatkozóan. Ilyen vizsgálatokhoz az alkalmazott módszerek széles skálájából választhatunk. A múlt eseményeinek feltárásában a geológiai és az őslénytani vizsgálatoknak kiemelt szerepük van.

Egyetemi tanulmányaim során szerencsém volt bepillantást nyerni környezettörténeti kutatásokba, majd annak aktív résztvevőjévé is válhattam. Már diplomamunkám során is a környezet természetes változásának élőlényekre gyakorolt hatása érdekelt leginkább. Így esett a választásom negyedidőszaki szárazföldi puhatestűek vizsgálatára, azaz a kvartermalakológiára. Doktori értekezésem is paleoökológiai vonatkozású. Munkám során célul tűztam ki egy negyedidőszaki üledékes rétegsor részletes malakológiai vizsgálatát és összehasonlító elemzését. Választásom egy olyan dél-alföldi löszszelvényre esett, mely nem ismeretlen a szakterület számára. Céлом nem is egy új, ez idáig ismeretlen terület megismerése volt, hanem a rendelkezésre álló információk bővítése, pontosítása. Ezt a – már korábban sikerrel alkalmazott (Willis et al. 1995; Sümegei, 1996/a, 1996/b; Sümegei-Gulyás eds. 2004; Hupuczi et al. 2006; Lócskai et al. 2006) – megszokottnál kisebb léptékű mintázással értem el. A rendkívül finom felbontás alapján megfelelőnek ítéltam a szelvényt mind regionális, mind pedig globális sztratigráfiai párhuzamosításra.

Első lépésben szeretném bemutatni a puhatestűek jelentőségét a negyedidőszaki kutatásokban, majd a tudományterület történeti áttekintésére és metodikájára térnék ki, mielőtt ismertetném a konkrét vizsgálati eredményeket és az összehasonlító elemzéseket.

2. Malakológiai maradványok szerepe és jelentősége a negyedidőszaki környezettörténeti kutatásokban

Pleisztocén löszös üledékeink leggyakoribb maradványai a puhatestűek. Ez egy régóta ismert és a kvartermalakológusok körében rendszeresen használt megállapítás. Létjogosultsága több tényezőn alapszik: a molluszkák felépítésén és rendkívüli alkalmazkodó képességén, a negyedidőszaki sajátos élettereken, valamint a lösz tulajdonságain és felhalmozódásának körülményein. A jól fosszilizálódó héj, a fajgazdagság és a taxonról általában elmondható jelentős ökológiai tűrőképesség (Géczy, 1993) kifejezetten alkalmassá teszi a puhatestűeket paleoökológiai elemzésekhez. Az egyedek rövid élettartalma és a táplálékláncban betöltött alacsonyabb rendű szerepkör miatt igen gyakori fossziliák. Ráadásul méretükből, életmódjukból adódóan az elpusztult egyedek autochton módon halmozódnak fel, ezáltal minimálisra csökkenek az esetleges beágyazódási problémák. A lösz finom szemcsemérete és a poranyag lassú felhalmozódása (átlagos ülepedési ráta körülbelül 0,5 mm/év) nem zavarja az életfeltételeket, ezáltal egyrészt lehetőséget biztosít a csigák számára kedvező biotópok fennmaradásában, másrészt megfelelő bezáró közege a maradványoknak. Negyedidőszak végi malakofaunánk jelentős része jelenleg is él (Krolopp, 1984), így recens ökológiai eredményekre és adatokra tudunk támaszkodni az élő fajok környezeti igényeivel kapcsolatban, ennek köszönhetően precíz és részletes klímátörténeti rekonstrukciót tudunk elvégezni, valamint vegetációtörténeti következtetéseket vonhatunk le. Mindezek alapján elmondható, hogy a lösz – mint jellegzetes pleisztocén képződmény - felhalmozódásának körülményeit legnagyobb pontossággal és részletességgel a benne nagy számban előforduló molluszka fauna vizsgálatával tárhatjuk fel.

2.1. Löszös képződmények puhatestű faunája

A löszök kutatása már komoly múltra tekint vissza, de ez nem jelenti azt, hogy mindent tudunk erről a speciális közetről. Jelen ismereteink szerint csak a pleisztocén során képződött (Sümegei, 2001). Keletkezését sokan, sokféle módon vizsgálták és próbálták megmagyarázni. Petrográfiai szempontból nézve az anyag fizikai, kémiai tulajdonságait, ásványos összetételét kell vizsgálni. Genetikai megközelítésnél a hulló por származási helyét, szállítását, lerakódását és diagenizálódását tartjuk szem előtt. Amennyiben a bezárt őslénytani anyagra vagyunk kíváncsiak, akkor az egyik legfontosabb tényező a felhalmozódás fizikai-környezeti paraméterei. Milyen volt a felszín domborzata, kitettsége, növénytakarója? Mennyi volt a csapadék és milyen lehetett annak térbeli és időbeli eloszlása? Vajon milyen hőmérsékleti viszonyok uralkodtak? Ezek nagyon fontos kérdések, hiszen tudjuk, hogy a felhalmozódás

körülményeitől függően más és más löszféleség kialakulásáról beszélhetünk. Típusos lösz esetében olyan enyhén diagenizált, rétegzetlen, eolikusan szállított durva aleuolitról beszélünk, mely némi homokot és agyagot is tartalmazhat és felhalmozódása száraz térszínen ment végbe. Lösz fogalmán minden esetben ezt a száraztérzíni, típusos lösz értem. Első ránézésre elkülönítése az infúziós lösztől elég nehéz. Azonban faunájukat vizsgálva könnyen szétválaszthatóak egymástól, mivel az infúziós löszben a szárazföldi csigákon kívül vízi fajokat is találunk (Miháلتz, 1953; Krolopp, 1983). A szélhordta poranyag csak megfelelő környezetben tudott felhalmozódni és diagenizálódni – főként sztyepp és erdős sztyepp területeken (Pécsi, 1993). Jelen dolgozat nem a löszről szól, vizsgálataim szempontjából a lösz „csak” hordozója, bezáró közege azoknak az információknak, melyeket feltárni szeretnék, így a hangsúly a pleisztocén malakofaunára kerül.

Ezt a faunát speciálisnak tekintjük, mivel alapvetően alacsony fajszám és magasabb egyedszám jellemzi. Ez könnyen megérthető, ha figyelembe vesszük azokat a klimatikus körülményeket, melyek a pleisztocén során uralkodtak. Az akkori sajátos ökológiai helyzethez viszonylag kevés faj tudott alkalmazkodni, azok viszont optimális, illetve ahhoz közeli életfeltételeket találtak. Ezekben a társulásokban a fajok egy része kifejezetten ezt a környezetet kedvelte, míg más taxonok tág tűrőképességük révén életben tudtak maradni a zordabb körülmények között is. Az eddigi ismereteink alapján a pleisztocén hűvösebb, szárazabb periódusaihoz köthető a löszképződés, míg az enyhébb és csapadékosabb szakaszokban talajképződés volt a jellemző (Pécsi, 1959, 1965). Ezek a változások jól tükröződnek az akkori faunában, ugyanis a csigák folyamatosan alkalmazkodtak a mindenkori életfeltételekhez. Vagyis egy hosszabb-rövidebb időszakon átívelő faunakép tanulmányozásakor mindig szem előtt kell tartani annak dinamizmusát, átalakulását. Tulajdonképpen ez teremti meg a lehetőséget a környezet – és azon keresztül – a klíma rekonstrukciójára. A különböző ökológiai igényű fajok más elterjedést mutatnak kedvező, elviselhető és kedvezőtlen körülmények között. A Gause-féle kizárólagossági elv alapján egy életteret – ökológiai fülkét – tartósan csak egyetlen faj populációi tölthetnek be, ellenkező esetben megindul a versengés (Gause, 1932; Hardin, 1960). Recens vizsgálatok szerint a puhatestűekre nem jellemző az erőteljes kompetíció és kiszorítás (Sümei, 2001), így egy szűkebb földrajzi területen több, nagyon hasonló igényű faj élhet, vagyis a biotikus környezeti tényezők kevésbé befolyásolják az elterjedést. Ezen tulajdonságuk színesíti a pillanatnyi faunaképet, ugyanakkor, ha ezt hosszabb távon vizsgáljuk a több, hasonló igényű faj tanulmányozása stabilabb rekonstrukciót tesz lehetővé.

Az abiotikus faktorok sokkal erőteljesebb hatást gyakorolnak a szárazföldi puhatestű faunára. Legfontosabbak a nedvesség, a hőmérséklet és a hozzáférhető karbonát mennyisége

(Sümei, 2001). A csigák szempontjából a kiszáradás veszélye miatt nagyon fontos a páratartalom, ennek ellenére nem a csapadék mennyisége és eloszlása a meghatározó, sokkal inkább a talaj nedvességtartó képessége, melyhez a növényzet is hozzájárul. Természetesen ez is egy olyan ökológiai faktor, melyre különbözően reagálnak az élőlények. Vannak olyan szárazföldi fajok, melyek kifejezetten kerülnek a magas páratartalmú – nedves – élettereket, míg olyanok is, melyek nem reagálnak érzékenyen erre a tényezőre, vagyis nedvesség szempontjából tágtűrősek. Ennek megfelelően különböző csoportokat tudunk kialakítani: beszélhetünk higrofil - nedvességkedvelő, szubhigrofil, mezofil és xerofil – szárazságtűrő fajokról (Sümei, 2001). A porfelhalmozódásra és löszképződésre alkalmas élettereket az alacsony nedvességigényű és a szárazságtűrő elemek részesítik előnyben. Ilyenek például: *Granaria frumentum*, *Pupilla muscorum*, *Vallonia costata*, *Chondrula tridens*. Ezekből az ökológiai csoportokból tudunk következtetni az egykori életterek páratartalmi viszonyaira, ugyanakkor szem előtt kell tartani, hogy az átlagos csapadékbevételt nem tudjuk meghatározni, így hiba lenne ez irányban messzemenő következtetéseket levonni. A nedvesség- és páratartalomhoz szorosan kapcsolódik a növényzet. Ez is fontos tényező a csigafauna szempontjából, azonban a szárazföldi puhatestűek nem növényfaj specifikusak (Sümei, 2001), számukra a társulás fejlettsége és felépítése a mérvadó. Ezért a malakológiai anyag elemzésével nem tudjuk részletesen feltárni az egykori növényzetet, csak annak jellegét határozhatjuk meg. Így beszélhetünk füves, bokros, ligetes, nyílt erdei és zárt erdei környezetről (Sümei, 1989). Fejlettebb növényzeti borítottságot jelző fajok például a *Clausilia dubia*, *Punctum pygmaeum*, *Discus ruderratus*, *Cochlodina laminata*, és az *Arianta arbutorum*. Természetesen a széleskörű alkalmazkodóképesség miatt vannak olyan taxonok, melyek növényzeti borítottság szempontjából több életterben és az azokat összekötő átmeneti – úgynevezett ecoton - zónákban is optimális feltételeket találnak. Ez még nehezebbé teszi a flóra rekonstrukcióját. Kézenfekvőnek tűnik, hogy e célból külön vizsgálatokat végezzünk a löszös üledékekben található növénymaradványokkal. Amennyiben a mintaterületről kerültek elő faszemek, akkor azokat fel tudjuk használni a pontosabb rekonstrukcióhoz, de ezek előfordulása a löszben általában szórványos, ezért a teljes szelvény növényzetének elemzésére nem alkalmas. Ha sem pollen, sem pedig faszén, vagy más makrobotanikai anyag nem áll rendelkezésünkre, akkor érdemes megvizsgálni az üledék fitolit tartalmát. A fitolit növényi opalit, a növény szövetében, annak életműködése során keletkező amorf, hidratált kvarc (Piperno, 1988). Anyaga miatt sokkal ellenállóbb a környezeti viszontagságokkal szemben, mint a szerves növényi részek. Történtek ilyen irányú vizsgálatok katymári löszmintákból, azonban az eredmények nem váltották be teljes mértékben a hozzájuk fűzött reményeket, ugyanis a minták fitolittartalma és változatossága alacsonynak bizonyult. Ennek ellenére a

Persaits által végzett fitolitelemzések során kimutatott ciklikus változások jó egyezést mutattak a korábbi malakológiai (Hupuczi et al. 2006; Lócskai et al. 2006; Sümegi 2007) és szedimentológiai elemzések (Sümegi, 2007) eredményeivel (Persaits, 2010). Vagyis egyelőre nem tudjuk pontosabban és részletesen elemezni a löszös területek egykori növényzetét.

A hőmérséklet többféleképpen befolyásolja a csigák elterjedését. A hűvösebb életterek általában magasabb relatív páratartalommal rendelkeznek (Sümegi, 2001), ezért sok faj ezeket a területeket részesíti előnyben, mint például a *Succinea oblonga*, *Columella columella*, *Vitrea crystallina*, *Trichia hispida*. Ugyanakkor ismerünk olyan fajokat, melyek a melegebb és általában szárazabb biotópokban találják meg az optimális életfeltételeket (*Granaria frumentum*, *Pupilla triplicata*, *Chondrula tridens*, *Helicella obvia*). Beszélhetünk hidegkedvelő, hidegtűrő, melegkedvelő és tágtűrő molluszkákról. Bizonyos taxonok elterjedését a téli, míg másokét a nyári minimum hőmérséklet szabályozza (Sümegi, 2001). A Kárpát-medence szárazföldi csiga faunájára – néhány kivételtől eltekintve – azonban az a jellemző, hogy a késő ősztől kora tavaszig terjedő időszakban inaktívak. Ekkor valamilyen rejtékhelyre húzódnak, vagy beássák magukat a talajba. Ebben az állapotban a külső körülmények kevésbé befolyásolják életüket. Más szóval, ha a puhatestűek vizsgálata alapján rekonstruáljuk az egykori klimatikus tényezőket, akkor csak a kora tavasztól késő őszig tartó hónapokra tehetünk megállapításokat (Krolopp, 1989, 2002; Sümegi, 1989). Ezt is szem előtt kell tartanunk, ha környezetelemzést szeretnénk készíteni. Fosszilis csigafauna vizsgálatával az eddig tárgyalt páratartalommal és növényzeti borítottsággal ellentétben a hőmérsékleti viszonyokról sokkal pontosabb becslésekhez juthatunk. A „pontosabb becslés” mégsem volt elég a malakológusoknak, olyan eljárást próbáltak találni, mely tényleges, számszerű hőmérsékleti adatokat szolgáltat. Ez nem ismeretlen a paleontológusok körében, ezen az elven működik a kistestű emlősökre Kretzoi Miklós és Kordos László által kidolgozott „pocokhőmérő” is (Kretzoi, 1957; Kordos, 1977). Az egyik puhatestűekre alkalmazott módszer alapját a héjak biometriai paramétereinek változása adja. Terepi mikroklíma mérések és recens faunavizsgálatok (Fűköh, 1980; Domokos, 1982) során Domokos Tamás és Fűköh Levente azt tapasztalta, hogy a *Granaria frumentum* házának szélessége és magassága kapcsolatban van a hőmérsékleti és páratartalmi viszonyokkal. Véleményük szerint a magasabb lokális hőmérséklet hatására a *Granaria* házak mérete növekszik. A méreteloszlásból tudnak következtetni a hőmérsékletre, így a metódust héj morfo-hőmérőnek nevezték el. Később Domokos (1985) már alkalmazta a módszert környezetrekonstrukcióhoz a Horváti-lik esetében. A héj morfo-hőmérő tesztelésével nagyjából egy időben kezdte el kidolgozni Sümegi Pál a „malakohőmérő” módszert (Sümegi, 1989). Ennek alapja az egyes fajok recens elterjedéséből számolt hőmérsékleti minimum és maximum értékek. Kezdetben 8

faj alapján tudott őshőmérsékleti adatokat számolni, majd ezt 16 fajra bővítette (Sümei, 1996/b). A már fentebb említett okok miatt ezek az eredmények a kenyérszidőszakra vonatkoznak. Később a két eljárást együttesen is tesztelték katymári és császártöltési löszmintákon (Sólymos et al. 2002). Azt tapasztalták, hogy van eltérés a kapott őshőmérsékleti adatokban, de a különbség egy esetben sem haladja meg a 2°C-t, ami jónak mondható. Mindezek alapján elmondhatjuk, hogy a szárazföldi csigafauna elemzésével nagyon pontos őshőmérsékleti adatokhoz juthatunk és ez a negyedidőszaki éghajlati változások megértése szempontjából kulcsfontosságú lehet.

Az alapinformációk tárgyalása után nézzük, hogy mindezt hogyan tudjuk átültetni a gyakorlatba. Az egykori környezet rekonstrukciója során egy hosszabb-rövidebb földtörténeti időszakot vizsgálunk. Ha ezt őslénytan szemmel tanulmányozzuk, akkor a területen időben egymást követő életközösségek maradványait találjuk. Ez egy dinamikus változó rendszer, mivel az élőlények folyamatosan alkalmazkodnak környezetükhöz. Egy fajt vizsgálva azt látjuk, hogy a mindenkor darabszám szoros kapcsolatban áll az abiotikus környezeti tényezőkkel és a faj tűrőképességével. Amennyiben egy faj egyedszám változását az idő és a biotóp függvényében vizsgáljuk, akkor tulajdonképpen annak dominancia lefutását kapjuk. Ez a dominancia változás vagy lefutás adja a legfőbb információt az ökológiai viszonyok időbeni alakulásáról. Ez minden negyedidőszaki szelvényben feltárt faj esetében megrajzolható és összevetésükkel ökológiai csoportokat tudunk kialakítani, mert a közel azonos dominancia azt igazolja, hogy a szóban forgó taxonok a környezeti tényezők változására nagyon hasonló módon reagálnak. A módszer jól igazolható recens fajokkal. Ugyanakkor már kihalt faj ökológiai besorolását is megtehetjük, ha gyakorisági görbéje beilleszthető valamelyik csoportba. Krolopp a pleisztocén szárazföldi fauna gyakori taxonjait az alábbi csoportokba sorolta (Krolopp, 1983):

1. Melegigényes, szárazságtűrő fajok

2. Melegigényes, nedvességekkedvelő fajok – ide tartoznak azok az erdei fajok is, melyek a pleisztocén melegebb szakaszaira (interglaciális, interstadiális) jellemzőek.

3. Nedvességigényes fajok

4. Nedvességigényes, hidegtűrő fajok

5. Hideg- és szárazságtűrő fajok

Ezzel szemben Sümei (2001) külön-külön csoportosít az egyes faktorok szerint (1. táblázat).

Páratartalmi igény	Hőmérsékleti igény	Növényzeti borítás igénye
higrofil	hidegkedvelő	zárt vegetációt kedvelő (erdei)
szubhigrofil	hidegtűrő	nyílt és zárt vegetáció határán élő (ecoton)
mezofil	mezofil	nyílt vegetációt kedvelő (sztyepp)
xerofil	termofil	nyílt vegetációt kedvelő (sztyepp)

1. táblázat: Szárazföldi molluszka fajok paleoökológiai csoportosítása Sümegi, 2001 alapján

Az öko-csoportok elemzésével kimutathatóak a klimatikus változások. Hiszen az eddig tárgyalt környezeti tényezők (hőmérséklet, páratartalom, növényzet) szoros összefüggésben állnak egymással és együttesen alakítják ki azokat a mikroklimatikus viszonyokat, melyek a szárazföldi puhatestűek szempontjából elsődlegesen meghatározóak. Ugyanakkor tudjuk, hogy a mikroklima egyértelműen a mezo- és a makroklima hatása alatt áll. A poliglacialista szemlélet szerint az ökológiai-paleoökológiai tényezők többször változtak a pleisztocén során. Ezek az átalakulások befolyásolták a lokális tényezőket, például a növényzetet, mely maga után vonta a malakofauna összetételének módosulását. Vagyis a szárazföldi puhatestűek elemzésével megállapíthatjuk a mikroklimatikus változásokat, melyekből következtethetünk a mezo- és a makroklimára is.

3. Malakológiai vizsgálatok tudománytörténeti áttekintése

Ebben a fejezetben kiemelt helyen a magyar negyedidőszaki képződményekkel foglalkozó malakológusok eredményeit tekintem át, míg a nemzetközi munkákból csak a legfontosabbakat érintem. A malakológiai megközelítés alapjait már az 1700-as évek második felében és az 1800-as évek elején lefektették, hiszen ekkor kezdik tisztázni az egyes fajok taxonális hovatartozását (Linné, Müller, Draparnaud, Montagu, Risso, Rossmässler, stb.) (Sümegei, 2011). Ekkor alakították ki a mindmáig használatos latin alapú kettős nevezéktant is. Ebben a tekintetben Karl Linné 1758-ban kiadott *Systema Naturae* munkáját tekinthetjük kiinduló pontnak.

A 19. században meghatározó, mára alapvetőnek tekinthető eredményeket érték el a negyedidőszakkal, köztük a malakológiai anyaggal foglalkozó kutatók. Nemcsak felismerték és elkülönítették a kvarter képződményeket, hanem már a klimatikus változások okaira próbáltak fényt deríteni mind rétegtani mind őslénytani módszerekkel. A negyedidőszaki malakológiai kutatások kezdete Alexander Carl Heinrich Braun (1842) nevéhez fűződik, ugyanis több százezer pleisztocén korú vízi és szárazföldi molluszkát vizsgált meg. Már ekkor kezdett elterjedni az a felfogás, hogy a flóra és a fauna vizsgálata során kimutatható változásokért a ciklikus éghajlati változások a felelősek. A század második felére az addigi eredmények alapján már kezd kibontakozni a poliglacialista felfogás (Sümegei, 2001, 2007, 2011).

A 20. században egységes vizsgálati módszereket dolgoznak ki, ami alapvetően hat a malakológiára is. A század közepén a gerincespaleontológiai vizsgálati metódusok nyomán ezen a tudományterületen is korszerűsödnek a mintagyűjtési és feldolgozási eljárások. A pleisztocén kutatásokkal párhuzamosan recens vizsgálatok is folynak, melyek sok értékes ökológiai adatot szolgáltatnak (Ložek, 1964; Meijer, 1985; Sparks, 1961). Mindezek mellett az időszak fontos taxonómiai munkákat eredményezett: Ložek, 1964; Cameron-Redfern, 1976; Likharev-Rammel'meier, 1952; Kerney et al. 1983. Kiemelendő még D. D. Rousseau (1990) francia malakológus munkája, aki statisztikai alapon hőmérsékleti és páratartalmi trendeket mutat ki.

Az első hazai kvartermalakológiai munkák az 1800-as évek második felében jelentek meg (Wolf, 1867; Lóczy, 1887; Halaváts, 1891), majd Horusitzky Henrik (1903, 1905, 1909, 1911) kutatásait érdemes megemlíteni, aki már elterjedési és őséghajlati adatokat is közölt, valamint elkülönítve tárgyalta a különböző löszök faunáját. Kormos Tivadar széles körben vizsgálódott, többek között a pleisztocén éghajlati ingadozásokat próbálta igazolni a

malakofauna segítségével (Kormos, 1910/a). Munkája kiszélesíti a pleisztocén üledékek ismeretét, ugyanis a Dunántúl keleti részén és a Balaton környékén is vizsgáldott (1905/a, 1910/b), míg a korábbi munkák az alföldi és a kistápai területekkel foglalkoztak. A taxonómiai ismereteket is bővítette (1904, 1905/b, 1906), új fajokat írt le (1909). Ezek alapján elmondható, hogy munkája nyomán kezdett kialakulni a magyar quartermalakológia. Bár Soós Lajos (1943, 1955-1959) recens malakológiával foglalkozott, taxonómiai megállapításai és ökológiai megfigyelései a negyedidőszaki kutatásokban is remekül alkalmazhatóak. Faunátörténeti munkássága alapvető fontosságú, faunánk eredetét a miocénig viszi vissza, véleménye szerint számos recens fajunk már a pliocénben megjelent és faunánk összképén a jégkorszak sokat már nem változtatott. Rotarides Mihály értékes paleoökológiai, taxonómiai és morfológiai megfigyeléseket tett (Rotarides, 1931, 1942, 1953), összefoglalta löszképződményeink faunáját (1931). Ezen túl az Ő nevéhez fűződik az első hazai kvartermalakológiai határozó is (1943). A magyarországi pleisztocén képződményeket malakofauna alapján először Rotarides tanítványa, Horváth Andor (1954/a, 1954/b) tagolta. Az ötvenes évektől az egyelűes, nagy léptékű gyűjtéstechnikát felváltja a tömeges, finomabb felbontású mintázás. Ez lehetővé teszi a pontosabb, statisztikai alapokon nyugvó kvantitatív elemzést, valamint az egyes mintaterületek összehasonlíthatóságát. Az egyre pontosabb munkák és eredmények révén a '60-as évekre a kvartermalakológia önálló tudományterületté nőtte ki magát. Ezek után sokan foglalkoztak negyedidőszaki képződmények, illetve ezen belül a löszök puhatestű faunájának tanulmányozásával (Szónoky, 1963, 1978; Mucsi, 1963; Bartha, 1964; Bába, 1966, 1994; Fűköh 1978, 1990; Fényes, 1981; Hum, 1998). Az 1980-as évek elejére a malakológiai témájú munkák már olyan számot értek el, hogy megszületett az igény egy bibliográfiára (Merényi, 1983).

A quartermalakológia történetében jelentős változások történtek Krolopp Endre, valamint tanítványainak munkássága nyomán. Faunájuk alapján elkülönítette a középső- és a felső-pleisztocén löszöket, valamint malakológiai alapon pontosította a pliocén-pleisztocén és a pleisztocén-holocén határt. Fontos taxonómiai és faunátörténeti tevékenysége is, ugyanis a korábbi (Rotarides, 1931) pleisztocén fajszámot jelentősen, több mint 60%-al növelte (Krolopp, 2002). Ezen túlmenően mára alapvető fontosságú biosztratigráfiai megállapításokat tett (Krolopp, 1973, 1983), számos faj esetében ismerte fel azok korjelző szerepét (Krolopp, 2002). Pleisztocén sztratotípus szelvények malakológiai anyagát határozta meg, illetve revideálta a korábbi eredményeket (Krolopp, 1980/a, 1980/b, 1981, 1982, 1990, 1992). Kiseb módosításokkal ma is használatos az általa kidolgozott finomrétegtani mintavételezési és feldolgozási eljárás (Krolopp, 1983). Tisztázta az alföldi és néhány dunántúli terület pleisztocén üledékeinek rétegtani felépítését (Kretzoi-Krolopp, 1972; Kordos-Krolopp, 1990;

Krolopp, 1995, 2002). Felismerte és hangsúlyozta, hogy a molluszka fauna önmagában is alkalmas környezetrekonstrukcióra, lefektette annak az újszerű paleoökológiai-paleoklimatológiai csoportosításnak az alapjait (biozónák és alzónák), melyet tanítványai fejlesztettek tovább: Sümegi Pál – pleisztocén zonulák (Sümegi, 1989, 1995/b, 1996/b, 2005; Krolopp-Sümegi, 1992; Sümegi-Krolopp, 1995, 2002) és Fűköh Levente – holocén biozónák (Fűköh, 1990). Sümegivel több, würm korú feltárás elemzése után elkészítették a felső-pleisztocén biosztratigráfiai tagolását (Sümegi-Krolopp, 1995). Szorgalmazta és Fűköh Leventével megvalósította egy újabb bibliográfia elkészítését (Fűköh-Krolopp, 2004; Varga-Fűköh-Krolopp, 2005). Munkássága legnagyobb értékét a negyedidőszaki taxonómiában elért eredményei, valamint - saját bevallása szerint is - sztratigráfiai tagolása adja.

Krolopp tanítványa, Sümegi Pál részletes és szerteágazó vizsgálatokat folytat, nagyszámú löszszelvényt dolgoz fel őslénytani-, üledékföldtani-, geokémiai- és izotópgeokémiai módszerekkel. A malakológiai vizsgálatot a sokirányú paleoökológiai kutatás részeként kezeli és ezáltal sokkal komplexebb paleoökológiai, vegetációtörténeti és paleobiogeográfiai rekonstrukciót hajt végre a Kárpát-medence felső-pleisztocén üledékeiből (Sümegi, 1989, 1995/a, 1996/b, 2001, 2005, 2007). Munkáiban hangsúlyozza, hogy a lokális faunaközösségek kiterjesztése vagy párhuzamosítása csak koradatokkal alátámasztva lehetséges. Az általa használt jelentős számú radiokarbon mérés (Hertelendi et al. 1992; Sümegi, 1996/b; Sümegi-Hertelendi, 1998, 2001; Sümegi et al. 2007) révén lehetővé vált az egyes szelvények kronológiai párhuzamosítása (Sümegi, 2005). A faunaváltozások alapján jellegzetes éghajlati és környezettörténeti modellt alkot meg (Sümegi, 2007, 2011). Radiokarbon adatokkal kiegészített faunaelemzéseiből arra a következtetésre jutott, hogy a pleisztocén során makro-, mezo- és mikroszintű ciklusok rajzolhatóak ki (Sümegi, 1996/b). Ezek alapján alakítja ki a már fentebb említett finom léptékű klíma- és ökosztratigráfiai rendszerét. Precíz paleoklimatológiai megállapításokat tesz lehetővé az általa kifejlesztett malakohőmérő módszer (Sümegi, 1989, 1996/b). Rávilágít a Kárpát-medence környezeti mozaikosságára - amit annak sajátos földrajzi helyzetével magyaráz - (Sümegi et al. 1991; Sümegi, 1996/b, 2007; Sümegi et al. 2002), ezáltal felhívja a figyelmet a lokális jellegek faunamódosító hatására. Nagyszámú vizsgálat alapján kimutatja, hogy a pleisztocén faunaközösségek, hasonló környezeti igényeik alapján elkülönített ökológiai csoportok a környezet változásait követve fluktuáló mozgást végeztek (Sümegi, 2007). Elemzéseiről több refugialis területet mutat ki hazánkban (Sümegi, 1996/b, 2001, 2005, 2007; Willis et al. 2000; Sümegi-Gulyás eds. 2004).

A jelenlegi nemzetközi és hazai kutatások fő célja a lehető legfinomabb - évtizedes, vagy akár évszakos - felbontás elérése statisztikai, kémiai, izotópgeokémiai és biometriai

vizsgálattal, valamint megfigyelhető, hogy egyre komplexebb, több tudományterület együttműködéséből származó eredmények kerülnek publikálásra.

3.1. A madarasi löszszelvény vizsgálatának tudománytörténeti áttekintése

A madarasi téglavetővel több szakember is foglalkozott. Az egyik feltárás alapvető célja egy felső-plaeolit régészeti lelőhely elemzése volt. A másiké pedig a Bácskai terület pleisztocén végi fejlődéstörténetének vizsgálata szedimentológiai és malakológiai szempontból.

1966 és 1974 között többször végeztek régészeti ásatást a területen működő téglavetőben (T. Dobosi, 1967; T. Dobosi-Kőhegyi, 1989). Ennek során régészeti leleteket (T. Dobosi, 1989; T. Biró, 1989), emlősmaradványokat (Vörös, 1989) és faszeneket (Stieber, 1967) gyűjtöttek be. 1975-ben sor került arra a 25 centiméterenként végzett gyűjtésre, melyet Molnár Béla és Krolopp Endre dolgozott fel (Molnár-Krolopp, 1978). Ennek során kutatóakna és fúrás segítségével a 9,8 méteres falat 12,3 méterre egészítették ki. A Krolopp által végzett malakológiai vizsgálat eredményeit (Krolopp, 1989) a paleolit telep környezeti viszonyainak megismeréséhez is felhasználták. A kultúrréteg a felszíntől számított 6,80 és 7,20 méter között húzódott, ezen túl a szelvény mentén 9,00 és 8,50 méter, valamint 6,20 és 5,20 méter között kerültek elő csontmaradványok. Ezek többek között gyapjas mamut (*Mammuthus primigenius*), jávorszarvas (*Alces alces*), sztyeppei bölény (*Bison priscus*), erdei cickány (*Sorex araneus*), erdei pocok (*Myodes glareolus*) és *Equus* sp. maradványok voltak (Vörös, 1989). A faszénelemzés során (Stieber, 1967) *Betula* és *Pinus* maradványokat határoztak meg. A megtalált faszenek nagy része nyitvatermő volt. Az adatok alapján Stieber hűvös, kontinentális klímát állapított meg. A mintákból radiokarbon elemzés is történt, ez alapján a kultúrréteg kora 18.080 ± 405 BP (T. Dobosi, 1967). Az 1975-ben begyűjtött 46 minta szedimentológiai elemzését Molnár Béla végezte (Molnár-Krolopp, 1978). Krolopp a malakofauna alapján 6 szakaszt különített el és a faunát a würm biozóna 4. és 5. alzónájába sorolta, mégpedig a *Catinella arenaria* alzóna felső-, és a *Semilimax kotulai* alzóna alsó részébe. Összegezve az eredményeket a madarasi löszprofilról elmondható, hogy a würm felső részében képződött típusos- és helyenként homokos lösz alkotja. A malako- és az emlős fauna, valamint a faszénvizsgálat alapján magába foglalja a Ságvár-Lascaux interstadiálist, melyet a radiokarbon elemzés is alátámasztott.

A szakirodalomban fellelhető egyéb radiokarbon korolás a madarasi szelvényből: 21.970 ± 300 BP. Mélységköz nincs megadva, csak annyi, hogy „Madaras humuszos horizontja” (Sümegei-Krolopp, 1995). A Molnár-Krolopp publikációból azonban kiderül, hogy a humuszos horizont nagyjából 10,5 valamint 10,00 méter között húzódik (Molnár-Krolopp,

1978). Ezen túlmenően Sümegi publikált a szelvényről radiokarbon adatot: 10,5-10,0 m között 21.937 ± 252 BP (26.300 ± 501 cal BP) (Willis et al. 2000; Sümegi, 2007; Sümegi et al. 2007).

4. Vizsgálati módszerek

E fejezetben szeretném áttekinteni azokat a metodikai lépéseket és munkafázisokat, melyek végül elvezetnek a paleoökológiai rekonstrukcióhoz.

4.1. Terepi mintavétel, minta előkészítés

Környezettörténeti vizsgálatok pontosságát és eredményességét döntően befolyásolja az alkalmazott gyűjtési módszer. A finomrétegtani mintagyűjtési alapszabályokat (Krolopp, 1983) némi módosítással alkalmaztuk. Jelen esetben azért használok többes számot, mert a mintagyűjtést nem egyedül végeztem. Krolopp olyan eljárást dolgozott ki, melynek alkalmazásával a kvartermalakológiai anyag két alapvető követelménynek tesz eleget: tükrözi a fauna kvalitatív változásait, valamint mennyiségi értékelésre is alkalmassá válik. A tudománytörténeti áttekintésben már említettem, hogy az 1950-es évek előtt egyeléses technikát alkalmaztak. Ez azt jelenti, hogy az üledékanyagból a szabad szemmel látható egyedeket szedték ki. Az eljárás több okból sem megfelelő: egyrészt nagy az esélye annak, hogy nem tudjuk kinyerni az összes héjat, másrészt a kisebb méretű maradványok (apró fajok vagy juvenilis egyedek) szinte biztosan elkerülik a figyelmünket. Az így begyűjtött anyag nemcsak mennyiségi vizsgálatokra alkalmatlan, hanem a faunáról is megtévesztő képet adhat (Krolopp, 1983). Szerencsére az 1950-es évektől elterjedt a tömeges mintagyűjtés, ami körültekintő alkalmazás esetén ezeket a problémákat kiküszöböli.

Első lépés a mintázás helyének kijelölése. Mindkét, általam vizsgált területen löszfalból vettünk mintákat. Ilyen esetben ügyelnünk kell arra, hogy csak zavartalan löszfelületet mintázzunk. Ezáltal könnyedén elkerülhető, hogy kevert, áthalmazott faunát elemezzünk. A képződmények tetejét általában recens talaj fedi. Természetesen a mintagyűjtésből nem hagyjuk ki ezt sem, de a kiértékelésnél szem előtt kell tartanunk, hogy ezek a minták nem tekinthetők „érintetlennek”. Egyrészt a talajlakó szervezetek az eredeti települési viszonyokat megsemmisítik, ezen túl pedig tudjuk, hogy bizonyos fajok a nyugalmi időszakot a talajba húzódva töltik, így a fosszilis héjak közé recens egyedek is kerülhetnek. Fontos a kijelölt szelvényszakasz megtisztítása, hogy friss felületet kapjunk. Ezek után kezdődik a makroszkópos felmérés, vagyis a szemmel látható üledékes bélyegek (pl.: konkréciós szintek, krotovinák), esetlegesen felismerhető paleotalaj-szintek leírása. Mindezek után kerülhet sor a minták begyűjtésére. Krolopp (1983) szerint kétféle módon jelölhetjük ki a léptéket. Amennyiben az üledéksor rétegződése jól felismerhető, akkor a réteghatárokhöz igazíthatjuk a mintavételt. Ha a szelvényt nagyobb vastagságú, homogénnek látszó üledék építi fel, akkor mesterségesen kell tagolnunk. Ebben az esetben Ő a 10-25 cm-ig terjedő mintaközöket

javasolja. A tényleges gyűjtés során törekedni kell arra, hogy a mintánk a teljes rétegvastagságot reprezentálja. Krolopp szerint ezt átlagminta kialakításával érhetjük el: a réteg alsó, középső és felső részéből egyaránt, egyforma mennyiségű üledékanyagot kell kiemelni.

Már említettem, hogy a Krolopp-féle finomrétegtani gyűjtőmódszert kisebb, már korábban (Willis et al. 1995; Sümegi, 1996/a, 1996/b; Sümegi-Gulyás eds. 2004) bevezetett módosításokkal alkalmaztuk. Ez a változtatás ténylegesen a mintaközökre és az átlagmintára vonatkozik. A mintaköz megállapításánál több tényező játszott szerepet. A szakirodalmat tanulmányozva felfigyelhetünk olyan megállapításokra, hogy egy adott minta faunája kevert és jelentősen eltérő ökológiai igényű fajokat tartalmaz. Ez adódhat a helytelen gyűjtésből (bolygatott minta, omladékból történő kiemelés), ám ez a precíz és körültekintő munkát végző malakológussal is előfordulhat. Ilyen esetben arra kell gyanakodnunk, hogy a kijelölt lépték túl nagy a finomabb ökológiai változások kimutatásához. A másik tényező, ami kutatásaimat befolyásolta, az az eredmények összehasonlíthatósága. Egy korábbi vizsgálat során a fauna által kimutatott ciklusokat szeretnénk volna összehasonlítani egy független, nemzetközileg is elismert grönlandi sztratotípus szelvény megegyező szakaszával, ellenőrizve a korábbi, ilyen irányú kutatás (Sümegi-Krolopp, 2002) eredményeit (Hupuczi et al. 2006; Lócskai et al. 2006; Sümegi, 2007). Erre a célra azonban a 10-25 cm-es mintaköz nem megfelelő, ugyanis ezek a szelvények rendkívül finom felbontásúak. Ezek a szempontok vezettek oda, hogy a mintagyűjtési távolságot jelentősen csökkentjük. A kérdés már csak az, hogy mi a legcélszerűbb felbontás. Paleoökológiai és környezettörténeti mintagyűjtésnél az üledékes anyag jellemzőin túl a későbbi vizsgálatok határozzák meg a mintaközöket. Esetünkben az őslénytani vizsgálat mintaköz igénye a meghatározó. Figyelembe kellett venni tehát, hogy milyen méreteloszlásúak a löszökben található szárazföldi puhatestűek (2. táblázat).

<i>Succinea oblonga</i> (Draparnaud, 1801)	7,5 mm : 4,5 mm
<i>Granaria frumentum</i> (Draparnaud, 1801)	6-12 mm : 2,7-3,8 mm
<i>Orcula dolium</i> (Draparnaud, 1801)	4-10 mm : 2-5 mm
<i>Chondrula tridens</i> (Müller, 1774)	9 mm : 4 mm
<i>Mastus venerabilis</i> (Pfeiffer, 1853)	7-22 mm : 3,5-8 mm
<i>Ena montana</i> (Draparnaud, 1801)	12,7-17,5 mm : 5,4-6,8 mm
<i>Clausilidae</i>	12-14 mm : 3-4 mm
<i>Bradybaena fruticum</i> (Müller, 1774)	14-21,5 mm : 16-26 mm
<i>Trichia hispida</i> (Linnaeus, 1758)	3,8-5,3 mm : 6-9,4 mm
<i>Arianta arbustorum</i> (Linnaeus, 1758)	15,4-24 mm : 17-26,5 mm
<i>Cepaea vindobonensis</i> (Férussac, 1821)	14-23 mm : 17,2-26,7 mm

2. táblázat: Néhány löszben előforduló, nagyobb termetű szárazföldi puhatestű faj átlagos mérete Soós 1955-59 alapján

Természetesen a maximum méret számít, ez alá nem mehetünk, mert csak tönkre tesszük a bezárt maradványokat. Másik szempont, hogy az ésszerűség és a kezelhetőség határain belül maradjunk. A túl finom felbontásnak sincs értelme, mert néhány év alatt nem játszódnak le kimutatható faunisztikai változások, ezáltal csak feleslegesen emelnénk a mintaszámot. Mindezen okok figyelembe vételével esett a választás a 4 cm-es léptékre. Az egyedek átlagos élettartalmát és a porfelhalmozódás ütemét figyelembe véve az így kialakított minta még mindig több egymást követő nemzedéket tartalmaz. Ez egyrésztől jó, mert stabil statisztikai alapot biztosít az elemzésekhez, másrésztől nem jó, mert nem tudunk egy vagy két generációt izolálni. Bár ez nem is lehet célunk, ha figyelembe vesszünk, hogy a felhalmozódás sebessége, a téli talajlakó életmód és többek között a bioturbáció jelensége miatt nem áll módunkban egyetlen életközösséget leválasztani. Jelenleg úgy gondolom, hogy az általam alkalmazott 4 cm-es mintavételi tartománynál finomabb felbontásban ugyan lehet, de nem érdemes üledékanyagot malakológiai vizsgálatra begyűjteni.

A finom felbontáson túl célunk volt a minél stabilabb statisztikai alap biztosítása. Ezt nagy mennyiségű üledékanyag begyűjtésével értük el. Itt is eltértünk a Krolopp által megadott mintavételi eljárástól, miszerint nem átlagmintákat alakítottunk ki, hanem a mintaközon belül a teljes üledékblokkot emeltük ki. Ez mintánként körülbelül 5 kg löszös anyagot jelent. Ez a mennyiség szinte minden esetben biztosította a kvantitatív feldolgozáshoz elegendő darabszámot. Krolopp ezt mintánként minimum 100 egyedben határozta meg.

A begyűjtést állványzatról (1. ábra) és esetenként ipari alpin technika segítségével végeztük a fal felső részétől lefelé haladva az esetleges omlás és mintaszennyezés elkerülése érdekében.



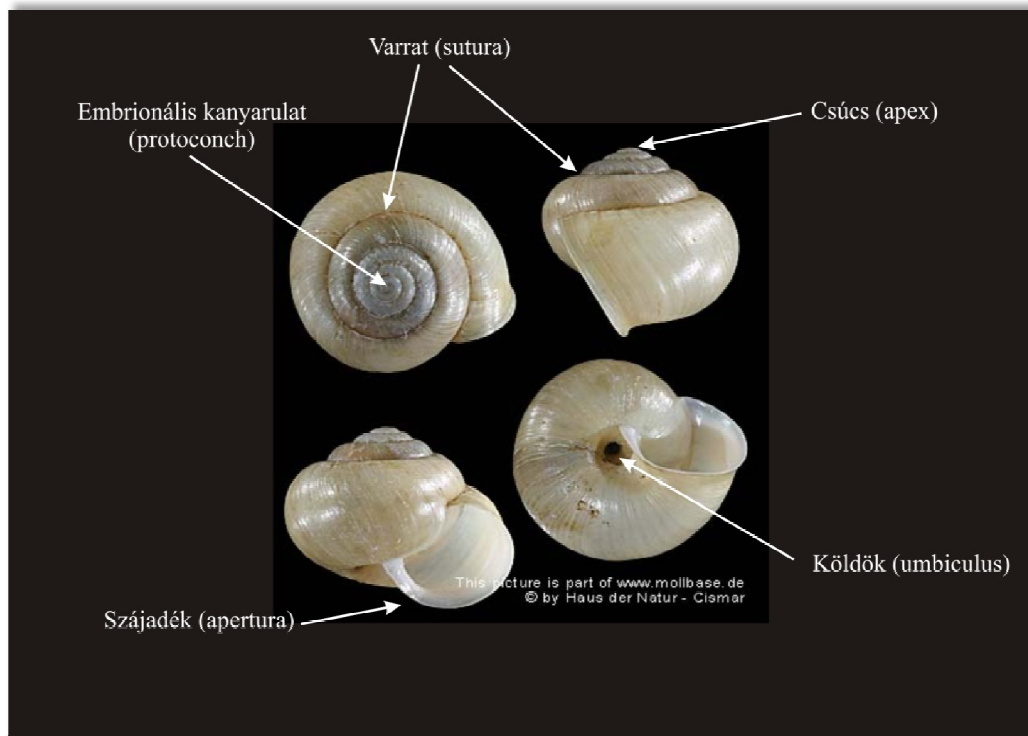
1. ábra: Mintagyűjtés állványzatról (a szerző felvétele)

A löszös anyagból a csigák kinyerése iszapolással történik. Ez a vízben áztatott anyag szitán történő átmosását jelenti. A lösz nagyon jó vízfelvevő képessége miatt adalékanyagra általában nincs szükség, nehezen széteső minták esetében kis mennyiségű hidrogén-peroxidot és nátrium-hidroxidot alkalmazhatunk (Krolopp, 1983; Hum, 1998; Sümegi, 2001). Fontos, hogy a kezelés után a héjakat többször átmoszuk tiszta vízzel, nehogy a visszamaradó vegyszerek károsodást okozzanak. Az általam használt szita lyukátmérője 0,5 mm. Ez a méret megfelelő, mivel az apró csigaházakat nem engedi át, az üledékanyag azonban szabadon tud távozni. Figyelnünk kell a folyamat során, ugyanis a könnyű házak nem süllyednek le, így kicsaphatnak a szitából. A relatíve nagyobb mennyiség miatt egy mintát több kisebb adagra osztva iszapoltam, így gyakorlatilag nem volt héjvesztésünk. Ezek után a visszamaradó házakat megszáritjuk, majd következik a munka talán leghosszabb és mindenképpen egyik legizgalmasabb része: a határozás.

4.2. A malakológiai anyag határozása

A puhatestűek törzsébe tartozó csigák faji szintű elkülönítését változatos felépítésű házuk teszi lehetővé. A munka során több magyar és nemzetközi határozóra támaszkodhatunk: Soós

L. 1943; Liharev-Rammel'meier, 1962; Ložek, 1964; Kerney et al. 1983. Ezen túl interneten is találhatunk segítséget (www.animalbase.uni-goettingen.de, www.mollbase.de).



2. ábra: A gastropoda ház legfontosabb részei (az eredeti kép forrása: www.mollbase.de)

Mivel a határozás alapja a ház, ezért először tekintsük át ennek legfontosabb részeit (2. ábra) és azok jellemzőit. A fajok elkülönítése sok esetben nagyon finom különbségek alapján történik - melyek felismerése gyakorlati feladat -, így ez az elméleti összefoglalás természetesen nem lehet teljes. A ház egy képzeletbeli tengely mentén felcsavart, egyik végén zárt hengerhez hasonlít. Ennek kiinduló pontja a csúcs, végpontja pedig a szájadék. A felcsavarodás történhet egy síkban (planispirális) és a már említett tengellyel párhuzamosan (conspirális). Egy teljes ($\sim 360^\circ$ -os) házrészt kanyarulatnak nevezünk, melyek a varrat mentén érintkeznek egymással. A ház kezdő kanyarulata az embrionális kanyarulat, innen kiindulva a szájadék felé általában a ház fokozatosan szélesedik. Ha a felcsavarodás nem túl szoros, akkor a tengely körül kúp alakú üreg keletkezik. Ezt a nyílást köldöknek nevezzük. A tekercs alakja és mérete nagyon különböző lehet: a magas és karcsútól a lapos, tojásdadig, a néhány millimétertől a több centiméterig. A ház felülete sima vagy különböző módon díszített. A legegyszerűbb díszítő elem a növekedési vonal, ezen túl lehetnek harántirányú kiemelkedések, bordák, vagy hosszirányú bemélyedések, vésetek. Recens egyedeknél megfigyelhetők különféle nyúlványok, szőrök. A héj felépítése, vastagsága is nagyon változó, az egészen vékonytól a vastagig, az áttetszőtől a színesen át az át nem látszóig (Soós, 1943; Géczy, 1993). A szőrök, nyúlványok az élőlény pusztulása után nem sokkal megsemmisülnek. A ház átlátszósága és esetleges színe már a szubfosszilis állapot során

átalakul, általában fehéres, át nem látszó lesz (Domokos, 1995). Általánosságban elmondható, hogy vannak csúcs alapján, szájadék alapján és mészlemez alapján határozható fajok (Sümei, 2001). A csúcs vizsgálata során ügyelnünk kell az embrionális kanyarulatra, a növekedés ütemére, a ház formájára. A szájadék általában kerekded, alakja az utolsó kanyarulat helyzete és szerkezete szerint különböző lehet (Soós, 1943). Szegélye az egészen vékonytól a jelentősen megvastagodottig széles skálán mozoghat. Belsejében fogaknak nevezett kiemelkedések, vagy vékony lemezek alakulhatnak ki. Ezek az alapjellegek, melyek rendkívül változatosak lehetnek a különböző fajoknál.

Határozás során a nagyobb méretű, vagy nagyon jellegzetes fajok (például: *Granaria frumentum*, *Orcula dolium*, *Chondrula tridens*, *Punctum pygmaeum*, *Euconulus fulvus* stb.) szabad szemmel is jól beazonosíthatóak, azonban vannak olyanok, melyek csak mikroszkóp segítségével különíthetők el. Ilyenek például a *Pupilla*, *Vallonia* vagy a *Clausilia* nemzetség fajtái. Erre a célra binokuláris mikroszkópot használtam.

Krolopp (1983) és Sümei (2001) is felhívja a figyelmet a töredékes héjak statisztikai problémájára. Ugyanis általános eset, hogy a nagyobb házak törésre hajlamosak és ezt figyelembe kell vennünk a darabszámok rögzítésénél, nehogy egy egyedet többször is számoljunk. A csúcs alapján határozható fajok esetében csak az ép példányokat és a csúcsokat vesszük figyelembe, míg a szájadék alapján határozhatóknál pont fordítva járunk el. Mészlemezkek esetén az egész példányokon kívül azokat érdemes számításba venni, melyeken megtalálható a „mag”, mely a házak csúcsi részével analóg (Krolopp, 1983; Sümei, 2001).

A munka során minden minta összes egyedét figyelembe vettem és rögzítettem az egyes fajokhoz tartozó darabszámot. Az adatok kezelésére excel táblázatot használtam.

4.3. Az adatok feldolgozása és kiértékelése

A feldolgozás munkafázisában először dominancia értékeket számoltam, ez a mintákból előkerült fajok egyedszámából számított százalékos eloszlást jelenti. Ez azért fontos, mert a dominancia adatok szolgáltatják a legfőbb információt a fajeloszlások időbeli alakulásáról, ezáltal az ökológiai tényezők változásáról. Ezek után Krolopp (1983), Sümei (1989), Krolopp-Sümei (1992, 1995) és Sümei-Krolopp (1995) munkái nyomán paleoökológiai csoportokat alakítottam ki. A besorolásnál sok recens ökológiai eredményre épülő paleoökológiai munkára (Boycott, 1934; Ant, 1963; Ložek, 1964; Sparks, 1961; Meijer, 1985), valamint elterjedési adatra és ezekből szerkesztett térképekre támaszkodhatunk (Soós, 1943; Ložek, 1964; Liharev-Rammel'meier, 1962; Kerney et al. 1983). Vannak olyan

szerzők, melyek az ökológiai csoportokat az egyes fajok recens elterjedése alapján alakítják ki – mint például Kerney-Cameron munkája. Hazánkban Bába Károly készített állatföldrajzi besorolást a szárazföldi csigákhoz (Bába, 1983, 1986). A térképek szerkesztésekor figyelembe vette a fajok negyedidőszaki elterjedési adatait is és a fajokat a szétterjedési centrumok alapján faunakörökbe rendezte. Vizsgálta a csigák kapcsolatát a klímával és növényzettel. Megállapította, hogy a szárazföldi csigák szétterjedésük határán azonális vagy extrazonális növénytársulásokban jelenhetnek meg. A negyedidőszak kevert faunáját is ezzel magyarázza (Bába, 1986).

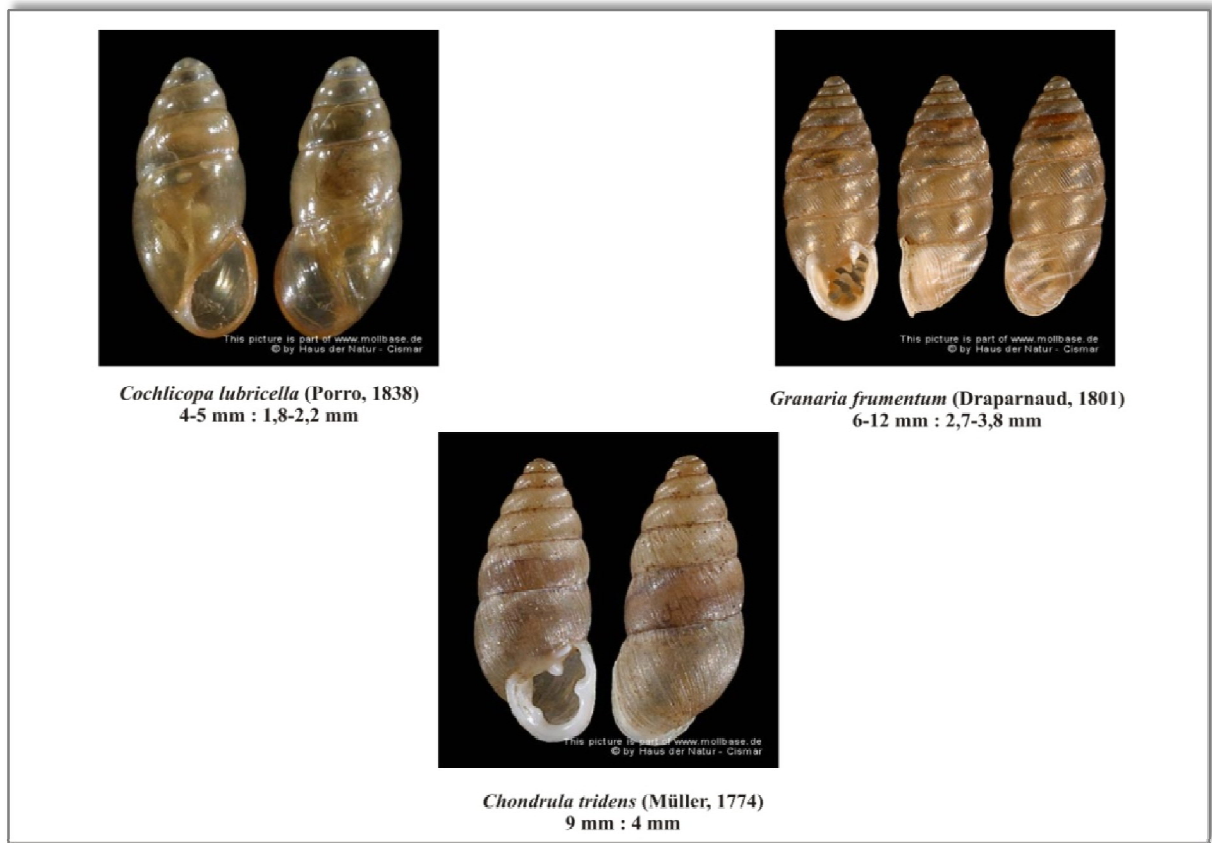
4.3.1. A paleoökológiai csoportok

Fontosnak tartom, hogy közelebbről, fajokra bontva is tárgyaljam az ökológiai igényeket, hiszen ez képezi munkám legfőbb alapját, másrészt ez által a későbbi fejezetben leírt elemzések is könnyen érthetővé válnak. A fő rendszerező elv esetemben a hőmérséklettel szemben támasztott igény. Ez alapján fogom a fajokat tárgyalni, egy ökológiai csoporton belül azonban megtartom a Soós (1955-59) által követett taxonómiai sorrendet. Az alfejezetekben főként Soós (1955-59) és Bába (1983, 1986) adatait használom. Soós recens elterjedés alapján sorolja be a fajokat, míg Bába elterjedési centrumokhoz köti őket. Így a két szerző egyazon fajra más és más megállapítást tesz. Az alábbi ökológiai csoportokban csak olyan fajok szerepelnek, melyekkel munkám során, az általam vizsgált mintákban találkoztam.

A „melegkedvelők” ökológiai csoportja

A *Cochlicopa lubricella* (Porro, 1838) fajt (3. ábra) Bába a közép-ázsiai faunaelemek közé sorolja olyan megjelöléssel, hogy a pleisztocén során az interstadiálisokban és interglaciálisokban fordult elő, domináns faunaelemmé a holocén preboreális és boreális szakaszában vált. Soós megállapítja, hogy bár nagy területen él együtt a holarktikus *C. lubrica*-val, ökológiai igényei inkább a szárazabb környezet felé tolódtak. A *Granaria frumentum* (Draparnaud, 1801) Bába szerint ponto-mediterrán faj, szubmediterrán szikla és sztyepplakó elem, mely az interstadiálisokban is megtalálható, de megjelenése inkább az interglaciálisokra volt jellemző. Kifejezetten déli, melegkedvelő faj, Észak-Spanyolországtól az Alpok déli része mentén egészen Dalmáciáig elterjedt. Soós is megemlíti a pleisztocén fosszilis előfordulást (3. ábra). Az „inter” szakaszok szintén karakteres eleme a délkelet-európai *Pupilla triplicata* (Studer, 1820). Soós szerint meleg, füves vagy sziklás területeken, déli hegyoldalakon él. Bába az adriato-mediterrán faunakörhöz sorolja. A *Chondrula tridens* (Müller, 1774) holomediterrán, nagy areájú faj (3. ábra). Szárazabb füves-bokros területeken

érzi jól magát. Soós szerint síksági területeinken jelenleg is gyakori, illetve említi fosszilis előfordulását az Alföld és a Dunántúl pleisztocénjéből.

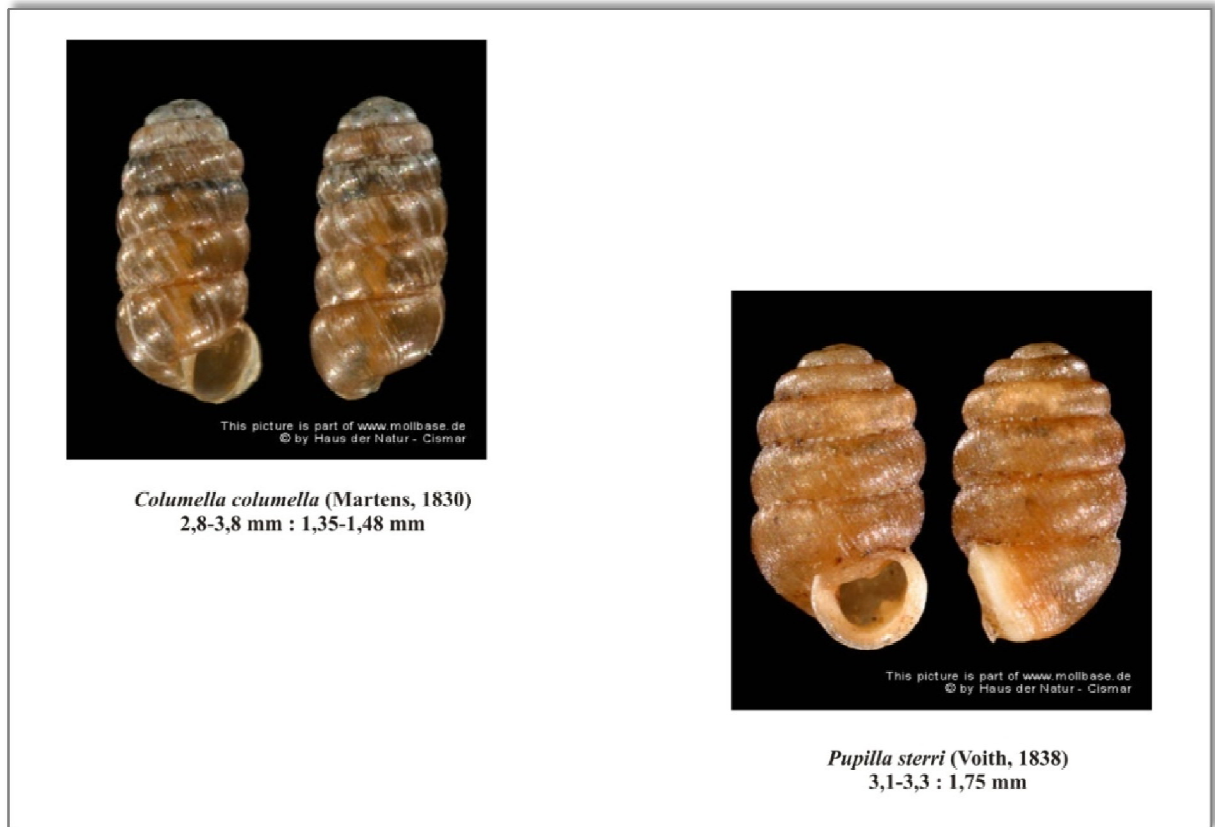


3. ábra: Néhány melegkedvelő faj (képek forrása: www.mollbase.de; fajok átlagos mérete Soós, 1955-59 alapján)

Inkább a nedvesebb területek faja a *Bradybaena fruticum* (Müller, 1774). Bába a kelet-szibériai elemek közé sorolja, de alapvetően előfordul Európa túlnyomó részén, hazánkban jelenleg is gyakori az igényeinek megfelelő nedves biotópokban. Szintén ponto-mediterrán elem a *Helicella obvia* (Menke, 1828). Száraz, füves és napfényben gazdag területeket kedvel. Már Soós is leírja, hogy a Kárpát-medencében a pleisztocén után terjedt el és korábbi megjelenéséről szóló adatokat kétkedve fogad. Később Sümegi (1999) megállapítja, hogy a vaskor végén, a császárkorban vándorolt be. Krolopp (1975) véleménye szerint a faj holocén megjelenése csak visszavándorlás. Dunaszekcsői, idősebb rétegek vizsgálatakor (Hum-Sümegi, 2001) mindel korú löszben találták. Ez is Krolopp véleményét támasztja alá. Fiatal löszös üledékeink felső, talajosodott részéből kerül elő más melegkedvelő fajokkal együtt. A *Helicopsis striata* (Müller, 1774) fosszilis anyagban rendszeres kísérőeleme a *Granaria frumentum* – *Pupilla triplicata* – *Chondrula tridens* karakteres fajokkal jellemezhető interstadiálisok és interglaciálisok meleg, száraz szintjeinek. Elterjedése ponto-mediterrán. Szintén ebbe az ökológiai csoportba sorolhatjuk a *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) közép-ázsiai faunakörhöz tartozó délkelet-európai fajt. Soós szerint határozottan

melegkedvelő, bokros-füves területeken, erdőszélek és utak mentén gyakori. Fosszilis elterjedésére azt írja, hogy löszben ritka, inkább pleisztocén mésztufákban fordul elő. Ezeknek a fajoknak az együttes megjelenése, elterjedése és dominanciája egyértelműen valamilyen felmelegedési periódust jelöl.

A „hidegkedvelők” ökológiai csoportja

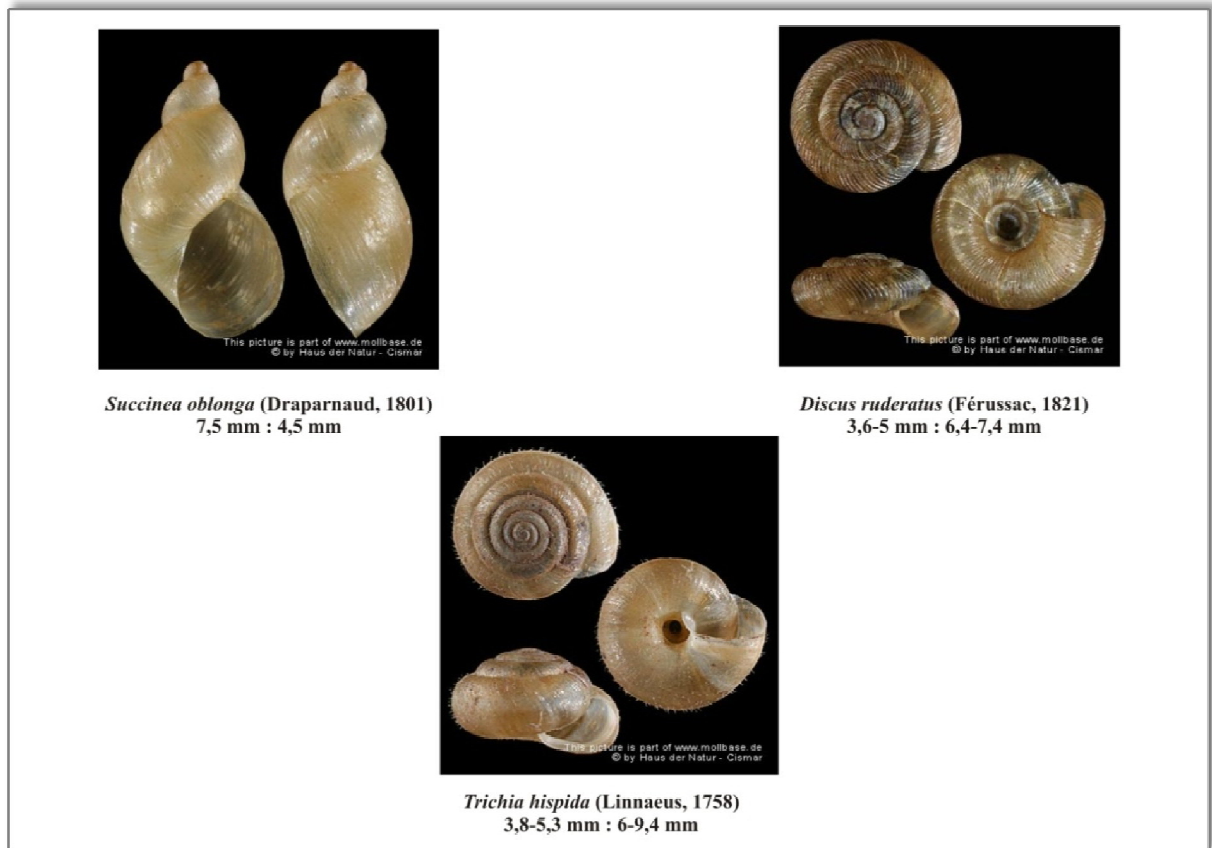


4. ábra: Két hidegkedvelő faj (képek forrása: www.mollbase.de; fajok átlagos mérete Soós, 1955-59 alapján)

A *Columella columella* (Martens, 1830) kifejezetten hidegkedvelő, jelenleg magashegységekben fahatár fölött illetve arktikus, szubarktikus területeken honos (4. ábra). Az Alpokban 2900 méterig megtalálható (Szöör et al. 1991). Soós is említi, hogy pleisztocén löszök glaciális szintjeiben általánosan elterjedt. Szintén magashegységi elem a *Pupilla sterri* (Voith, 1838), az Alpokban és a Kárpátokban 2300 m felett is megtalálták (4. ábra). Észak-ázsiai xeromontán faunaelem a *Vallonia tenuilabris* (Braun, 1843). Sümegi 1989-ben egy altáji expedíció során recens példányokat gyűjtött. Megállapítása szerint a faj az Altáj-hegységben 2100 métertől 3500 méter feletti területekig elterjedt (Sümegi, 1996/b). Soós azt írja, hogy nagyon gyakori löszcsiga. Ezen fajok együttes dominanciája mindenképpen karakteres hideghullámra utal.

A „hidegtűrők” ökológiai csoportja

Nyugat-szibériai faunaelem a *Succinea oblonga* (Draparnaud, 1801). Bába szerint a glaciálisokban, valamint az interglaciálisok és az interstadiálisok nedvesebb szakaszaiban elterjedt faj (5. ábra). Soós inkább nedvességigényét emeli ki, emellett dominancia lefutása egyértelműen igazolja, hogy az alacsonyabb hőmérsékletű biotópokban érzi jól magát.



5. ábra: Néhány hidegtűrő faj (képek forrása: www.mollbase.de; fajok átlagos mérete Soós, 1955-59 alapján)

Az *Orcula dolium* (Draparnaud, 1801) a ponto-mediterrán faunakörhöz tartozik, a glaciálisok során elterjedt volt. Bába nedvességedvelő erdőlakónak nevezi, a löszfauna jellegzetes elemének tartja. Soós szerint dél-, délkelet-európai faj, valamint több recens hegyvidéki előfordulást említ. Bába a kelet-szibériai faunakörhöz sorolja a *Discus rudersatus* (Férussac, 1821). Fosszilis előfordulását a glaciálisokra és az interglaciálisok nedves szakaszaira teszi. Soós jellegzetes erdőlakó állatnak írja le, holarktikusnak nevezi. Recens elterjedésére azt írja, hogy az Alpokban felhatol 2800 méterig, és észak felé is elterjedt. Ezek alapján boreo-alpin (Sümegei, 1996/b) elemnek is nevezhetjük. A *Trichia hispida* (Linnaeus, 1758) Európában az Alpoktól északra a leggyakoribb, hegységekben akár 1600 méterig is megtalálható. Soós a legáltalánosabban elterjedt löszcsigának nevezi (5. ábra). Ezek a fajok egyértelműen a hűvösebb és párásabb területeket részesítik előnyben, a löszfauna stabil elemeinek tekinthetjük őket.

A „tágtűrésűek” ökológiai csoportja

6. ábra: Néhány tágtűrészű faj (képek forrása: www.mollbase.de; fajok átlagos mérete Soós, 1955-59 alapján)

A *Pupilla muscorum* (Linnaeus, 1758) fajt (6. ábra) Bába a kelet-szibériai faunakörhöz rendeli. Fosszilisán a pleisztocén folyamán végig jelen van, elterjedését tekintve Soós holarktikus elemnek nevezi. Adatai szerint az Alföld és a Dunántúl pleisztocénjében rendkívül gyakori. Tág tűrőképességét mutatja, hogy Marokkótól a Jeges-tengerig megtalálható, hegységekben 2300 méterig felhatol (Szöör et al. 1991), mégél szárazabb és nedvesebb körülmények között is. Holarktikus policentrikus faunaelem a *Vallonia pulchella* (Müller, 1774) és a *Vallonia costata* (Müller, 1774). A *V. costata* pleisztocén elterjedése általános. Soós azt írja, hogy síkságon és hegyvidéken egyaránt nagyon közönséges faj. Szerinte a *V. pulchella* elterjedése nagyon hasonló, de igényeiben kissé konzervatívabb, míg a *costata* nagyobb areájú faj. A ponto-mediterrán faunakör illír elemei közé sorolja Bába a *Clausilia dubiát* (Draparnaud, 1805) olyan kiegészítéssel, hogy nedvességkedvelő erdőlakó lőszfaj. Ezt Soós adatai is megerősítik, Ő is erdei környezetbe helyezi a taxont. Holarktikus faj a *Punctum pygmaeum* (Draparnaud, 1801). Nedvességkedvelő, nagyobb növényzeti borítottságot jelző faunaelem. Az Alpokban 2550 méteres magasságban is megtalálható, Svéd- és Finnországban egészen északra hatol. Bába a *P. muscorum*hoz hasonlóan a kelet-szibériai faunakörhöz sorolja. Síkságon és hegyvidéken, erdőben és bozótosokban egyaránt

megél az adriato-mediterrán elterjedésű *Vitrea crystallina* (Müller, 1774). Megjelenése magasabb páratartalomhoz kötött, így Bába szerint az interglaciálisok nedves szakaszaiban fordult elő. A palearktikus *Nesovitrea hammonis* (Strøm, 1765) szintén több élettérben előfordul. Soós inkább holarktikusnak nevezi, nedves rétek, erdők eleme. Holarktikus, policentrikus faj az *Euconulus fulvus* (Müller, 1774). Szintén a párásabb élettéreket kedveli, erdőlakó taxon. Soós szerint nagyon gyakori az Alföld és a Dunántúl pleisztocén üledékeiben. A *Vitrina pellucida* (Müller, 1774) szintén a nedves, hűvös környezetet részesíti előnyben, ugyanakkor olyan szárazabb helyen is megél, ahol a növényzet védelmet biztosít számára. Holarktikus elterjedésű, Európa déli részén ritkább, az északi területeken gyakori. A Kárpátokban széles körben elterjedt. A *Semilimax semilimax* (Férussac, 1802) Bába szerint atlanto-mediterrán, Soós alpesi, közép-európai fajnak nevezi. Hűvös, nedves élettéreket kedvel. Boreo-alpin elem az *Arianta arbustorum* (Linnaeus, 1758). Nedves lombdők, ligetek faja, domb- és hegyvidékeken él, de megfelelő páratartalom mellett a síksági területekre is lehúzódik. Az Alpokban akár 3000 méterig megtalálható, Európa északi részén szokványos. Ezeket a fajokat a löszfauna kiegészítő elemeinek tekinthetjük, megjelenésük jelzi az enyhébb, csapadékosabb klímát.

4.3.2. A „malakohőmérő” módszer alkalmazása

A dominancia viszonyok vizsgálata során különféle jelzőkkel érzékeltetjük az egykori klimatikus viszonyokat. Ilyen például a hűvös, enyhe, mérsékelt...stb. kifejezés. Ezek a fogalmak viszonylagosak, értelmüket csak az adott klímátörténetbe ágyazva kapják meg. Ennek kapcsán természetesen a maguk után vont fizikai paraméterek is eltérőek lehetnek, ami értelmezésembeli problémát okozhat. Ennek kiküszöbölésére olyan adatokat, értékeket kell használnunk, melyek mindenki számára egyértelműek és szövegkörnyezettől függetlenül ugyanazt a jelentéstartalmat hordozzák. Ilyen adatokat szolgáltat a „malakohőmérő” módszere (Sümegei, 1989, 1996/b, 2001, 2005, 2007; Hertelendi et al. 1992; Szőör et al. 1991). Alapja a fajok recens elterjedéséből számolt hőmérsékleti tolerancia érték. Ezek természetesen a tenyészedőszakra vonatkoznak, így az aktivitási tartomány értékei szűkebb intervallumot jelölnek. A 3. táblázat tartalmazza a módszerhez használható fajokat és a hozzájuk rendelhető júliusi középhőmérsékleti értékeket. Számítás során az alábbi képletbe (Sümegei, 1989, 1996/b) az optimum értéket helyettesítjük be, ahol „A” a faj abundancia értéke, „T” a fajhoz rendelt hőmérsékleti optimum érték, „n” pedig a fajok száma.

$$\frac{\sum_{i=1}^n A_i T_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

A módszernél felhasznált fajok	Aktivitási tartomány	Hőmérsékleti optimum érték
<i>Succinea oblonga</i>	13 – 19°C	16°C
<i>Columella edentula</i>	10 – 20°C	15°C
<i>Columella columella</i>	5 – 15°C	10°C
<i>Vertigo genesii</i>	5 – 15°C	10°C
<i>Vertigo modesta</i>	5 – 15°C	10°C
<i>Pupilla muscorum</i>	10 – 22°C	16°C
<i>Pupilla triplicata</i>	16 – 24°C	20°C
<i>Pupilla sterri</i>	6 – 16°C	11°C
<i>Vallonia costata</i>	10 – 24°C	17°C
<i>Vallonia tenuilabris</i>	4 – 14°C	9°C
<i>Granaria frumentum</i>	17 – 26°C	21,5°C
<i>Clausilia dubia</i>	12 – 20°C	16°C
<i>Punctum pygmaeum</i>	9 – 22°C	15°C
<i>Vitrea crystallina</i>	11 – 21°C	16°C
<i>Trichia hispida</i>	10 – 20°C	15°C
<i>Cepaea vindobonensis</i>	18 – 26°C	22°C

3. táblázat: A „malakohőmérő” módszernél felhasznált fajok aktivitási és optimális hőmérsékleti értékei (Sümei, 1996/b, 2005 alapján).

A módszerrel az üledékképződés idején uralkodó júliusi középhőmérsékleti adatokat tudjuk kiszámolni.

Több szelvény feldolgozása alapján Sümei azt a következtetést vonta le, hogy a Kárpát-medencében a jelentősebb lehűlések során 12-14°C júliusi középhőmérséklet uralkodott, míg a felmelegedéseknél ez az érték megközelítette a maít, vagy attól csak 3-5°C-kal maradt el (Sümei, 1989; Sümei-Hertelendi, 2001). A korábbi hideg-száraz elméletet cáfolja Krolopp is, aki szintén a „malakohőmérő” segítségével megállapította, hogy kora tavasztól késő őszig hűvös, de nem hideg – 13-16°C júliusi középhőmérséklet – és viszonylag csapadékos klíma, ezáltal minimum fűnemű vegetáció uralkodott a késő-pleisztocénben (Krolopp, 2003). Ezek alapján a 16°C feletti középhőmérsékletet enyhének, a 18°C felettit pedig melegnek nevezhetjük. 14-15°C-os hőmérséklet esetén a hűvös, míg ez alatt a hideg jelzőt használhatjuk.

A feldolgozás során kapott dominancia adatokat célszerű grafikusán ábrázolni, melyhez a Psimpoll programcsomagot használtam (Bennett, 1992). A „malakohőmérő” eredményeiből diagramot szerkesztettem, melyet a Psimpoll ábrához illesztettem. Ez által a vizsgálati

eredmények könnyen összevethetőek. Az ökológiai csoportok dominancia lefutását ábrázolva láthatóvá válnak az egykori környezeti változások. Így kirajzolhatóak a fontosabb malakológiai alapon lehatárolt szintek. Természetesen az egyes fajok gyakoriságát külön-külön is érdemes tanulmányozni, ezzel finomíthatjuk a horizontokat. Végző lépésként a lehatárolt malakológiai szinteket összevetettem Sümegi és Krolopp által a felső-pleisztocénre szerkesztett (Sümegi-Krolopp, 1995, 2002) biosztratigráfiai egységekkel.

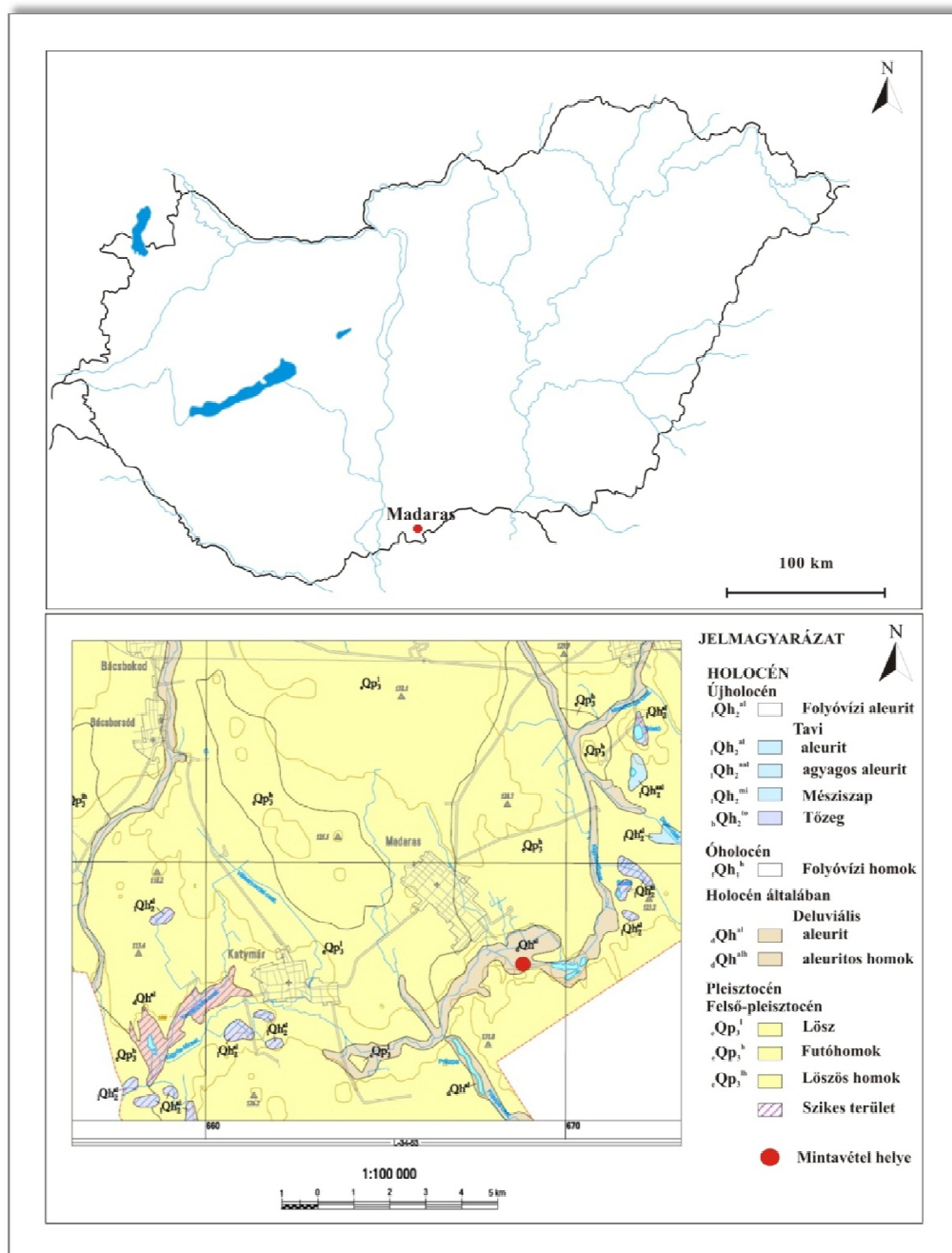
5. A vizsgált lelőhely földrajzi környezete

5.1. A földtani háttér

A vizsgált terület (7. ábra) a Duna-Tisza közí síkvidék és a Duna menti síkság középtáján között elhelyezkedő Bácskai löszös síkságon, a Telecskai-dombok északi részén (Nebojszki, 2005), a Mohácsi-sziget – Illancs – Bugaci-homokhát – Dorozsma-Majsai-homokhát kistájakkal övezve fekszik (Marosi-Somogyi, 1990; Dövényi, 2010). A terület földtani felépítése változatos. 1 – 1,5 km mélységben karbon korú gránit található. A mecseki vízfolyások felső-pannon – felső-pleisztocén korú hordalékkúpot építettek, majd erre változatos eolikus üledékek települtek, így a kistáj lösszel és löszös homokkal fedett hordalékkúp síkság (Marosi-Somogyi, 1990; Dövényi, 2010). Domborzatára jellemző, hogy az ÉNy-DK irányú, több kilométer hosszú és körülbelül 50-100 méter széles buckák között hosszanti, vizenyős mélyedések húzódnak (Marosi-Somogyi, 1990; Dövényi, 2010). Ezeknek a természetes tavaknak egy része napjainkra elmocsarasodott vagy feltöltődött, míg más részüket lecsapolták (Nebojszki, 2005). A mélyedésekben, illetve az erek mélyebb részein, a futóhomok és a löszös képződmények mellett kisebb foltokban édesvízi mészkő és mészszip rétegek fejlődtek ki (Miháltz, 1953).

Az Alföld déli szakasza speciális földtani helyzetben, több süllyedék - az úgynevezett Paksi-, a Dél-Jászsági és a Csongrád-Szegedi süllyedék - határán helyezkedik el. Ezek a süllyedékek a negyedidőszak során egymástól függetlenül és eltérő intenzitással mozogtak (Rónai, 1977), így alakították ki nagy vonásaiban a Duna-Tisza közét.

A középtáj negyedidőszaki fejlődéstörténetével sokan foglalkoztak. Miháltz és Molnár véleménye szerint (Miháltz, 1953; Molnár, 1961, 1965, 1966, 1973, 1977) a Duna a hátságon ÉNy-DK irányban folyt át, mégpedig Vecsés – Cegléd - Szentes vonalában a Günz-Mindel interglaciálisig. Hordalékkúpja a mai Tisza vonalától K-re is követhető a felszíntől 200 méterig, Szentes vonaláig. Ezek után elfoglalta a mai É-D-i irányú helyzetét, így a terület az elmúlt közel 1 millió évben élő folyóvízi elöntést nem kapott. Következésképpen a felszíntől számítva akár a 150 métert is elérheti az eolikus üledékek vastagsága. A Günz-Mindel interglaciális követő időszakban a Tisza mai völgyét, illetve az attól K-re eső területeket alapvetően az ún. „Tisza-vízvidéki” folyók alakították ki. A jégkorszak utolsó interglaciálisában, 100-120 ezer éve, a Tisza már a jelenlegi völgyében helyezkedett el (Molnár, 1977).



7. ábra: A madarasi mintaterület elhelyezkedése (Magyarország térképe Agrotopo adatbázis alapján szerkesztve, Magyarország földtani térképe 1:100.000)

Sümeghy (1944) és Rónai szerint a Duna átlós lefolyási iránya a pleisztocén utolsó harmadáig fennmaradt és csak a felső-pleisztocénben foglalta el jelenlegi É-D-i irányú helyét (Rónai, 1985). Ilyen megközelítésben a hátság felszínén található futóhomok jelentős része fiatalnak tekinthető. Elmondható, hogy az Alföld délnyugati részén a domborzati viszonyok és a folyóvíz hálózat drámai változásokon ment keresztül a Késő-Glaciálisban. A Duna - mellékfolyóival együtt - a negyedidőszak elején még a Duna-Tisza közti hordalékkúpon folyt keresztül (Molnár, 1964, 1965, 1967, 1973) és fontos szerepe volt annak felépítésében. Majd a würm során intenzív süllyedés indult, ennek következtében új folyóvízhálózat alakult ki. A hordaléklerakó tevékenység idővel ellensúlyozta a süllyedést, így elhagyott medrek sorozata

alakult ki, melyek különböző mértékben feltöltődtek (Pécsi, 1959). Ez által a Duna-Tisza köze és a Bácskai löszplató relatíve kiemelt helyzetű a dunai allúviumhoz képest, magaspart szerűen emelkedik fölé (Jakab et al. 2004). Ez a kiemelt helyzet rendkívül fontos, mivel ennek következtében a területen folyóvíz okozta erózió és az ebből következő réteghiány nem játszik szerepet.

5.2. Az éghajlat és a növényzet

A kistáj a meleg, száraz és a mérsékelt száraz éghajlati öv határán fekszik, az ÉK-i részei már kifejezetten száraznak nevezhetőek (Dövényi, 2010). A síkvidéki területek közül itt jelentkezik a legjelentősebb téli besugárzás. Az évi összes csapadék 570-600 mm körül mozog, a vegetációs időszakban átlag 320-340 mm (Dövényi, 2010). A jelenlegi állapothoz képest nem volt nagy a különbség a pleisztocén végén sem, ugyanis őskörnyezeti, paleoökológiai vizsgálatok megállapították, hogy a területen már a negyedidőszak végén is erős volt a szubmediterrán klíma hatása (Sümei-Krolopp, 2001/a, 2002), mely mellett jelentős kontinentális befolyással is számolhatunk. A vegetáció feltételezhetően erdős sztyepei volt (Zólyomi, 1989). Ezt támasztja alá, hogy a Köppen-féle BS (sztyepp, erdős sztyepp) klíma hatása 40% feletti (Borhidi, 1961). Ezen túlmenően paleobotanikai vizsgálatok szerint is a pleisztocén végén és a holocén elején sztyepei, erdős sztyepei környezet dominált (Sümei et al. 2002; Jakab et al. 2004). Recens növényzetét a löszpusztarétek és erdőssztyepprétek, valamint kisebb arányban szikes rétek, homokpusztai gyepek és mocsárrétek alkotják, azonban a jó minőségű talaj miatt a terület nagy része szántóföld. Így az eredeti növényzet kis területekre – partfalkara, mezsgyékre – szorult vissza (Nebojszki, 2005; Dövényi, 2010).

Hidrológiai szempontból a csapadék és a dunai terület felől érkező árvizek egyenlőtlen eloszlása a meghatározó. Ráadásul a terület felszínét borító eolikus üledékekre a gyors beszivárgás a jellemző. Ezáltal a növényzetre ható legfontosabb befolyásoló tényező az árvizek által szállított vízmennyiség volt, hiszen ez határozta meg a talajvíz mélységét. A Telecskai-dombok kiemelt helyzete miatt kivételt képez, ugyanis a mélyen húzódó talajvíztükör ingadozása nem befolyásolta a vegetációt (Sümei et al. 2002; Jakab et al. 2004).

A terület morfológiai adottságai miatt jelentős lehetett a különbség a kiemelt, löszös-homokos háta és a közöttük elhelyezkedő laposok mikroklimatikus, talajtani, hidrogeológiai és vegetációs adottságaiban.

Az információkat összegezve a Telecskai-dombokról a következő megállapítások tehetők: miután a Duna elhagyta a területet jelentős eróziós tevékenység nem történt, emiatt

üledékhiánnyal nem kell számolnunk, a löszfelhalmozódás nyugodt, zavartalan körülmények között zajlott. Plató helyzete miatt nem volt kitéve az áradásoknak, valamint a talajvíztükör is kellő mélységben húzódtott ahhoz, hogy ne befolyásolja a növényzetet. Ezek alapján elmondható, hogy a területen a mikromorfológia és a mikrokörnyezet nem mutat jelentős különbségeket, ami malakofaunisztikai vizsgálatok szempontjából nagyon kedvező adottság.

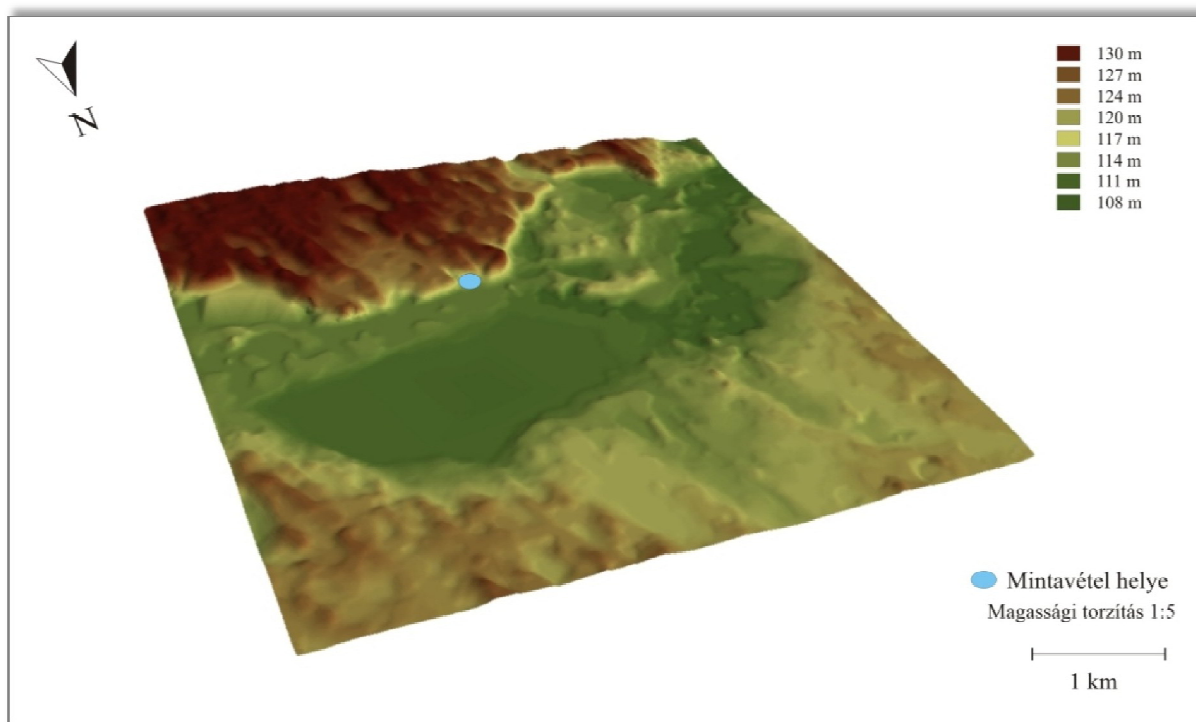
6. A madarasi löszszelvény



8. ábra: A madarasi löszfal (a szerző felvétele)

Első lépésben a minták faunatartalmát kívánom bemutatni, majd ezt követi annak értelmezése. Célom egy környezetrekonstrukció végrehajtása és az elkülöníthető horizontok összevetése a felső-pleisztocén biosztratigráfiai egységekkel.

2006 májusában a szelvény északi, 9,8 méteres falát kutatóakna ásásával 10 méterre egészítettük ki (8. ábra), majd 4 centiméterenként haladva 250 darab mintát gyűjtöttünk be. A feltárás koordinátái: 46°02'192"N, 19°17'291"E (9. ábra). A vizsgálat során a módszertani fejezetben leírtak szerint jártam el. A mintákból 36 faj összesen 110. 795 molluszka egyedét határoztam meg. A fajok listáját és az egyedszám eloszlást az 1. és a 2. melléklet tartalmazza. A minták számozása a fal felső részétől lefelé haladva növekszik, az elemzés azonban időrendi sorrendben történik.



9. ábra: A mintázási terület digitális domborzatmodellje (készítette: Molnár Dávid)

Az eredmények feldolgozása során nem az egyes dominancia lefutások szerint jelöltem ki szinteket, hanem a „malakohőmérőt” vettem alapul. Ez által paleohőmérsékleti horizontokat különítettem el a szelvény mentén. Ugyanis véleményem szerint a 13 faj (*Succinea oblonga*, *Granaria frumentum*, *Columella columella*, *Pupilla muscorum*, *Pupilla sterri*, *Pupilla triplicata*, *Vallonia costata*, *Vallonia tenuilabris*, *Clausilia dubia*, *Punctum pygmaeum*, *Vitrea crystallina*, *Trichia hispida*, *Cepaea vindobonensis*) alapján számolt „malakohőmérő” stabilabb alapot szolgáltat az elemzésnek, mint a dominanciagörbék lefutása. Ilyen módon a szelvényben 9 őshőmérsékleti szintet tudtam elkülöníteni.

6.1. A malakológiai elemzés eredményei

Az első 27 minta (1000-892 cm) egyedszáma alacsony és ingadozó. 984 centiméterig a mintánként összesített darabszámok rendkívül csekélyek, majd 892 centimétertől az összegyedszám már stabilan meghaladja a 100 darabot. Az elemzés alapját excel táblázat adta, a grafikus ábrákat a 2. és a 3. melléklet tartalmazza.

6.1.1. Az első paleohőmérsékleti horizont faunatartalma

1000 és 996 cm között 3 faj 3 egyede található. Ezek a *Granaria frumentum*, *Pupilla triplicata* és a *Helicopsis striata*. 996 és 992 cm között a fajszám növekszik. A *Vallonia costata* aránya 37,50%, ezen kívül egyforma százalékos értékkel találunk *Succinea oblonga*, *G. frumentum*, *P. triplicata*, *Valvata cristata* és *Cepaea vindobonensis* fajokat. A minta összesen 8 egyedet tartalmaz. 992 és 988 cm között a fauna *P. triplicata*, *V. costata*,

Euconulus fulvus, *Helicopsis striata* és töredékes *Pisidium* héjakból áll. Az üledékben összesen 7 egyedet találtam. A következő minta (988-984 cm) 3 molluszká héjat tartalmaz, melyek a *Cochlicopa lubricella*, *P. triplicata* fajokhoz tartoznak, valamint található egy, a *Sphaerium* nemzetséghez tartozó töredékes kagylóteknő. 984 és 980 cm között a *P. triplicata* és a *V. costata* azonos aránnyal (38,46%) szerepel. A két faj mellett a mintában megjelenik még a *C. lubricella*, a *G. frumentum* és a *Trichia hispida* egy-egy egyede. A minta összesített darabszáma 13. A 980 és 976 cm közötti szakasz faunájának 50%-át a *V. costata* teszi ki, míg 33,33%-kal szerepel *P. triplicata*. A fauna fennmaradó részét a *G. frumentum*, *Chondrula tridens* és *T. hispida* alkotja. A következő minta (976-972 cm) összesen 32 egyedet tartalmaz. Ennek nagy része *V. costata* (31,25%), *P. triplicata* (28,13%) és *C. tridens* (12,50%). A fauna gazdagabb, megjelenik az *Orcula dolium* és a *Vitrea crystallina*. A mintában találunk még a *C. lubricella*, *G. frumentum*, *E. fulvus* és a *T. hispida* egyedein kívül egy töredékes *Vertigo* nemzetséghez sorolható, de pontosabban meg nem határozható héjat is. 972 és 968 cm között a legmagasabb dominanciájú faj a *P. triplicata* (35,90%), ezt követi a *V. costata* (25,64%) és a *C. tridens* (23,08%). Megjelenik a *Pupilla muscorum* és a *Nesovitreia hammonis*, ezen kívül található még a mintában *G. frumentum*, *H. striata*, valamint egy *Pisidium* teknő is. A minta összesen 39 egyedet tartalmaz. A következő minta (968-964 cm) karakter fajai változatlanok, a „kísérő fauna” *G. frumentum*, *P. muscorum*, *V. crystallina*, *N. hammonis* és *H. striata* fajokból, valamint egy töredékes *Vertigo* fajból áll. A mintában összesen 17 molluszká héjat találtam. A szelvény 964 és 960 cm közé eső szakaszának összesített darabszáma 29. Ennek több, mint a fele *P. triplicata* (51,72%), valamint 24,14%-a *H. striata*. Viszonylag magasabb dominancia értékű a *V. costata* 10,34%-kal. 960 és 956 cm között a *P. triplicata* aránya még magasabb (69,33%), a *H. striata* dominancia értéke viszont alacsonyabb (14,67%), mint az előző mintában. A *P. muscorum* aránya 6,67%, a *V. costata*é 5,33%, ezt követi a *T. hispida* 2,67%-kal, végül legkisebb arányban a *C. tridens* található (1,33%). Az összegyedszám 75 darab. 956 és 952 cm között a *P. triplicata* aránya 40,74%-ra esik vissza, a *H. striata*é viszont 37,04%-ra emelkedik. A „kísérő faunában” a *P. muscorum* dominancia értéke hasonló, mint az előző mintában, ugyanakkor a *G. frumentum*, *V. costata* és a *C. tridens* mellett megjelenik a *Punctum pygmaeum* egy egyede is. Az előző mintához képest több mint a felével csökken az összegyedszám (27 darab). A következő 4 cm-es szakaszon (952-948 cm) csak 5 faj összesen 115 egyede található. Ennek a szegényes faunának a 87,83%-át a *P. triplicata* alkotja, emellett csekély arányban szerepel a *C. lubricella*, a *V. costata*, a *C. tridens* és a *H. striata*. 948 és 944 cm között csökkenni kezd a darabszám. A *P. triplicata* aránya még mindig kimagasló (87,10%), relatíve magasabb dominancia értéke van a *P. muscorum*nak (3,32%) és a *T. hispidának* (5,38%). Ezen kívül *V. costata*, *V. crystallina* és *N. hammonis* található a

mintában. 944 és 940 cm között megjelenik a *Bradybaena fruticum* faj. A *P. triplicata* jelentős dominanciája némileg csökken (77,59%). A fauna fennmaradó részét *S. oblonga*, *P. muscorum*, *O. dolium*, *V. costata* és *C. tridens* alkotja. A minta összesített egyedszáma 58. 940 és 936 cm között 5 faj 10 egyede került elő az üledékből. Ezek a *P. muscorum* (20%), *P. triplicata* (40%), *V. costata* (20%), *C. tridens* (10%) és *B. fruticum* (10%). 936 és 932 cm között a *P. muscorum* aránya 37,50%, míg a *P. triplicata* dominancia értéke 25%. A „kísérő faunát” *Vallonia pulchella*, *E. fulvus*, *P. pygmaeum*, *B. fruticum* és *H. striata* alkotja. Ez összesen 16 egyedet jelent a mintában.

6.1.2. A második paleohőmérsékleti horizont faunatartalma

932 és 928 cm között ismét a *P. triplicata* aránya a legmagasabb (69,23%), a *P. muscorum* dominancia értéke 11,54%-ra csökken az előző mintához képest. Ezen kívül a mintában *G. frumentum*, *C. tridens*, *V. crystallina*, *H. striata* és faji szintű határozásra alkalmatlan *Vallonia* töredék található. A következő minta (928-924 cm) összesen 38 egyedet tartalmaz. Ennek több, mint fele *P. triplicata* (55,26%), a *P. muscorum* 18,42%, a *G. frumentum* pedig 10,53%. A fauna fennmaradó részét *V. costata*, *C. tridens*, *B. fruticum* és *H. striata* alkotja. 924 és 920 cm között a *P. triplicata* (64,29%) és a *V. costata* (10,71%) aránya emelkedik. Az összesített egyedszám 28 darab. 920 és 916 cm között a *P. triplicata* aránya 36%, ezt követi a *C. tridens* 20%-kal. A 25 egyedet számláló faunában találunk még *G. frumentumot*, *P. muscorumot*, *V. costatát*, *V. crystatát*, *P. pygmaeumot* és *B. fruticumot*. A következő minta (916-912 cm) faj- és egyedszáma emelkedik. Leggyakoribb faunaelem még mindig a *P. triplicata* 33,04%-kal. Ezt követi a *V. costata* (18,75%) és a *G. frumentum* (11,61%). Relatív magasabb értékkel szerepel a *C. tridens* (9,82%) és a *P. muscorum* (8,04%). A „kísérő faunát” *S. oblonga*, *C. lubricella*, *V. crystallina*, *N. hammonis*, *E. fulvus*, *B. fruticum*, *H. striata* és *T. hispida* alkotja. 912 és 908 cm között feltűnik a *Discus ruderratus* 2 egyede. A dominancia arányok változatlanok. A minta összesen 107 molluszkahéjat tartalmaz. 908 és 904 cm között a legtöbb faj dominancia értéke növekszik. A leggyakoribb faj a *V. costata* 25,56%-kal, ezt követi a *P. triplicata* (20%), a *C. tridens* (16,67%) és a *P. pygmaeum* (11,11%). 10% alatti dominancia értékű a *G. frumentum* (7,78%), a *C. lubricella* és a *B. fruticum* (fajonként 6,67%). Egy-két egyeddel szerepel a *S. oblonga*, *P. muscorum* és a *T. hispida*. A minta összesített darabszáma 90. A következő minta (904-900 cm) összesen 36 egyedet tartalmaz. Ennek 30,56%-a *V. costata*, 19,44%-a *P. triplicata*, 16,67%-a *C. tridens* és 13,89%-a *P. pygmaeum*. Ezen kívül találunk a mintában néhány darabot a *C. lubricella*, *G. frumentum*, *P. muscorum* és a *B. fruticum* fajokból.

900 és 896 cm között a *V. costata* aránya 47,83%. A *P. triplicata* aránya is emelkedik az előző mintához képest (21,74%). Az összegyedszám még mindig alacsony. A szelvény 896 és 892 cm közötti szakaszán a *P. triplicata* és a *V. costata* aránya megegyezik (25,81%). Viszonylag magasabb dominancia értéke csak a *C. tridens*-nek van (12,90%). A fauna 9,68%-a *G. frumentum*, valamint fajoként 6,45%-kal részesedik a *P. muscorum*, *P. pygmaeum* és a *B. fruticum*. A *C. lubricella* és a *T. hispida* nagyon alacsony (3,23%) dominancia értékű. A mintában összesen 31 molluszká egyed található. A 223-as minta (892-888 cm) faunája fajgazdagnak mondható. Magas százalékos aránnyal van jelen a *P. triplicata* (28,87%), a *V. costata* (20,42%) és a *C. tridens* (30,99%). A „kísérő fauna” elemei a *C. lubricella*, *G. frumentum*, *P. pygmaeum*, *N. hammonis*, *E. fulvus*, *B. fruticum*, *H. striata* és a *T. hispida*. A 888-884 cm közötti minta leggyakoribb eleme a *C. tridens* (33,48%), ezt követi a *V. costata* 30,43%-kal. A *P. triplicata* aránya csökken (16,52%) az előző mintához képest, a *G. frumentum*-é viszont emelkedik (10%). A következő egységben (884-880) a *V. costata* dominancia értéke 55,20%, a *P. triplicata* aránya tovább csökken, valamint a *C. tridens* korábbi magasabb dominancia értéke is visszaesik (15,20%). Érdekesség, hogy a *Pupilla bigranata* 7 egyede került elő a szelvény ezen szakaszából. A 220-as mintában (880-876) a *P. muscorum* (12,77%) és a *P. triplicata* (31,28%) aránya emelkedik, a *V. costata* dominanciája még mindig magas (44,26%). A „kísérő fauna” összetétele változatlan, a *P. bigranata* ebben a mintában is megtalálható, a szelvény többi részéből elszórtan került elő a faj egy-egy egyede. 876 és 872 cm között a fajsza szám lecsökken. A *P. triplicata* aránya 60,08%. Karakteres elem még a *H. striata* 20,17%-kal. A többi fajhoz képest jelentősebbnek mondható a *P. muscorum* 11%-kal, míg a *V. costata* korábbi kimagasló dominanciája visszaesik 10% alá. Az üledékben találunk még *C. lubricellát* és *P. pygmaeumot* nagyon alacsony dominanciával, a *G. frumentum* pedig eltűnik. A következő minta (872-868 cm) karakterelemei még mindig a *P. muscorum* (45,20%) és a *P. triplicata* (39,90%), a *V. costata* aránya az előző szinthez hasonló. Ismét megjelenik a *Succinea oblonga* és a *Trichia hispida* (6,65%). A 217-es minta (868-864 cm) faunájának 67,81%-át a *P. triplicata* adja, a *P. muscorum* dominanciája 23,06%-ra csökken. A mintában találunk még néhány egyedet a *S. oblonga*, *V. costata*, *P. pygmaeum*, *H. striata* és a *T. hispida* fajokból. 864-860 cm között újra megjelenik a *V. crystallina*, *N. hammonis* és az *E. fulvus*. Domináns elemek a *P. triplicata* (57,92%) és a *P. muscorum* (18,10%). Emelkedik a *V. costata* (10,41%) és a *H. striata* (7,24%) aránya. A következő mintában (860-856) a *S. oblonga* (2,67%), a *V. costata* (19,47%), és a *H. striata* (12,60%) aránya emelkedik, a *P. pygmaeum*, *V. crystallina*, *N. hammonis*, az *E. fulvus* és a *T. hispida* néhány egyeddel képviselteti magát. Karakterfajok még mindig a *P. muscorum* (29,77%) és a *P. triplicata* (30,53%).

6.1.3. A harmadik paleohőmérsékleti horizont faunatartalma

856-852 cm között a *S. oblonga* (4,48%), *V. costata* (29,37%), *T. hispida* (14,13%) aránya továbbra is emelkedik. Leggyakoribb elem a *P. muscorum* 40,58%-kal, míg a *P. triplicata* aránya jelentősen csökken (9,65%). 852 és 848 cm között a *S. oblonga* (16,16%) és a *T. hispida* (13,44%) mellett a „kísérő fauna” – *V. crystallina*, *N. hammonis*, *E. fulvus* – darabszáma is növekszik, miközben a *P. triplicata* aránya tovább csökken (6,04%). A *P. muscorum* (28,85%) és a *V. costata* (29%) dominanciája jelentős. 848-844 cm között a *V. costata* aránya 40%, viszonylag jelentősebb a *P. muscorum* (18,13%), de korábbi erős dominanciája csökken. Hasonló a *T. hispida* (14,67%) aránya. A „kísérő fauna” fajai egyre több egyeddel képviseltetik magukat, de jelentőségük még nem kiemelkedő a mintában. A fokozatos darabszám emelkedés eredménye a 211-es mintában (844-840 cm) már látványosabb, ugyanis a *P. pygmaeum* aránya már megegyező a *P. muscorum*-éval (12%), valamint a *P. triplicata* és a *V. crystallina* is azonos súllyal szerepel (fajonként 6-8%). A *V. costata* aránya még mindig magas (33%), és a *T. hispida* dominanciája is növekszik (16,36%). Ezen túl találunk még egy-két egyedet a *S. oblonga*, *C. lubricella*, *C. tridens*, *E. fulvus* és *B. fruticum* fajokból. 840 és 836 cm között a faunakép az előzőhöz nagyon hasonlatos, a fajonkénti csökkenő-emelkedő tendenciák folytatódnak – a *P. pygmaeum* dominanciája már 20,90%. Érdekes, hogy megjelenik a *Vallonia tenuilabris* és *Vitrina pellucida* egy-egy egyede. A következő mintában (836-832 cm) a *P. muscorum* és *P. triplicata* aránya már 10% alatti, némileg a *V. costata* dominancia értéke is csökken (21,11%), a *P. pygmaeum* már 21,67%. A „kísérő fauna” elemei a *S. oblonga*, *C. lubricella*, *V. tenuilabris*, *C. tridens*, *V. crystallina*, *N. hammonis*, *E. fulvus*, *B. fruticum*, *T. hispida* és a *V. pellucida* néhány %-os aránnyal. Az összesített egyedszám az előző minta duplájára emelkedik (603-ról 1246 darabra). 832 és 828 cm közötti minta jelentős változást nem mutat az előzőhöz képest sem a fajok számában sem azok egymáshoz viszonyított arányában. A következő mintában (828-824) kissé visszaesik a darabszám, de az eddigi tendenciák folytatódnak. A *C. tridens* aránya emelkedik (12,88%), míg a *P. pygmaeum*-é csökken (12,01%). 824 és 820 cm között megjelenik ismét a *G. frumentum* néhány egyede. A *P. triplicata* aránya növekszik (18,84%). Kisebb dominanciával szerepel a *V. costata* (14,90%) és a *C. tridens* (11,33%). A *P. pygmaeum* aránya jelentősebb (35,47%), míg a „kísérő fauna” szerepe és összetétele szinte változatlan. A következő mintában (820-816 cm) a *P. pygmaeum* 26,18%, a *P. triplicata* és a *V. costata* azonos arányban 22-24%-kal fordul elő. A *C. lubricella*, *G. frumentum*, *P. muscorum*, *V. crystallina*, *B. fruticum* és a *T. hispida* száma és dominanciája nagyon alacsony (1-2%), míg a *C. tridens*, a *N. hammonis* és az *E. fulvus* aránya magasabb (5-8%). 816 és 812 cm között a *V. costata* aránya 30% feletti, magasabb

dominanciával a *N. hammonis* (19,27%) és a *P. pygmaeum* (18,35%) rendelkezik. A *P. triplicata*, a *C. tridens* és a *T. hispida* aránya 6-7%, kísérő elem a *G. frumentum*, *P. muscorum*, *V. crystallina*, *E. fulvus* és a *B. fruticum*. Az összegyedszám fokozatos csökkenése mellett a 812-808 cm közötti 203. minta érdekessége, hogy ismét megjelenik a *Succinea oblonga* és az eddigi tendenciák megváltoznak. A *P. muscorum*, *V. costata*, *N. hammonis* és a *T. hispida* aránya növekszik, míg a *P. triplicata*, az *E. fulvus*, a *P. pygmaeum* és a *B. fruticum* százalékos értékei csökkennek. Jelentős emelkedés a *V. costatánál* (23,82%-ról 44,15%-ra) és a *T. hispidánál* (1,09%-ról 12,44%-ra), jelentős visszaesés pedig *P. pygmaeumnál* (26%-ról 4,4%-ra) tapasztalható a 205-ös mintához képest. 808-804 cm között még mindig csökkenő összdarabszám (322 db) mellett a *V. costata* (35,71%) és a *T. hispida* (33,23%) a karakteres elem, magasabb százalékos aránya a *P. triplicatának* van (10,87%). A „kísérő fauna” összetétele változatlan, de *P. pygmaeum* dominanciája egyre csökken, itt már csak 1,24%. A következő minta (804-800 cm) jellegében, tendenciáiban megegyezik az előzővel. A karakterelemek változatlanul a *V. costata* (34,78%) és a *T. hispida* (33,15%), a fauna többi részének aránya változatlan.

800 és 796 cm között még mindig a *V. costata* a domináns elem (36,50%). A *P. muscorum* (10,95%) és a *P. triplicata* (16,79%) aránya emelkedik, a *T. hispida* viszont csökken (19,71%). Kísérőelemek a *G. frumentum*, *C. tridens*, *N. hammonis*, *E. fulvus*, *P. pygmaeum* és a *B. fruticum*. A 199-es mintában (796-792 cm) a legkevesebb a szelvény ezen szakaszának összegyedszáma (120 darab). Ezt leszámítva fajösszetételben és arányaiban közel azonos a megelőző mintával. A *P. pygmaeum* aránya már nagyon alacsony (0,83%) és a következő másfél méteres szakaszon el is tűnik a szelvényből. 792 és 788 cm között a *V. costata* aránya 33,77%. Jelentősebbnek mondható még a *C. tridens* és a *T. hisipda* 16-18%-kal, a *P. muscorum* és a *P. triplicata* közel azonos, körülbelül 11%-os dominanciájú. Már magasabb az összegyedszám, de a fajszám még mindig alacsony. A következő minta (788-784 cm) a *G. frumentum* utolsó megjelenése, legközelebb csak a szelvény felső részében található meg újra. Jelentősebb változás a *C. tridens* esetében mutatható ki, dominanciája folyamatosan emelkedik, itt már 24,14%. Minimális növekedés figyelhető meg a szegényes „kísérő faunában” is, ugyanakkor a *P. triplicata* egyre jobban csökken (5,17%), míg a *V. costata* aránya (36,21%) változatlan. 784 és 780 cm között az összegyedszám még mindig emelkedik, de a fauna összetétele változatlan. A *N. hammonis* (9,66%) és a *T. hispida* (14,83%) aránya kissé emelkedik, a többi faj dominancia értéke viszont csökken: *P. muscorum* 6,21%, *P. triplicata* 1,72%, *V. costata* 27,24%, *C. tridens* 10,34% és *B. fruticum* 3,45%. A 195-ös mintában (780-776 cm) a *V. costata* aránya 50% feletti. Magasabbnak mondható dominanciával a *T. hispida* (18,46%) és a *C. tridens* (13,76%) szerepel, míg a *P. triplicata*

aránya tovább csökken (1,01%). 776 és 772 cm között a *C. tridens* aránya hirtelen emelkedik és a *V. costata*-val együtt a minta karakterfaja 34,80-34,80%-kal. A *T. hispida* aránya csökken (6,86%), a szegényes „kísérő faunában” komolyabb változás nem mutatható ki. A következő mintában (772-768 cm) a *C. tridens* aránya visszaesik, de még így is a második leggyakoribb faj (19,91%). A *P. triplicata* (0,44%) és a *T. hispida* (7,52%) aránya tovább csökken. A „kísérő fauna” a *P. muscorum* (7,52%), *N. hammonis* (5,75%) és a *B. fruticum* (4,42%) fajokból áll. 768 és 764 cm között a *V. costata* aránya 46,09%, a *C. tridens* 15,22%, a *B. fruticum* pedig 13,04%. A *T. hispida* tovább csökken (5,65%), ezt leszámítva a többi faj dominanciája némi növekedést mutat – a *P. triplicata* 0,44%-ról 5,22%-ra emelkedett. A 764 és 760 cm közötti mintában a *P. triplicata* aránya tovább emelkedik (13,36%), hasonló értékkel szerepel a *N. hammonis* faj (15,52%). A *C. tridens* aránya már csak 10,78%. Változatlanul a *V. costata* a leggyakoribb faj (40,95%). 760 és 756 cm valamint 756 és 752 cm közötti mintákban a *V. costata* aránya ismét 50% feletti, 11-13%-os dominanciával rendelkezik a *C. tridens* és a *N. hammonis*. A *P. muscorum* aránya emelkedik, a *P. triplicata* pedig csökken. 752 és 748 cm között a *V. costata* 62,28%-os dominanciát ér el, a fauna többi részének aránya változatlan: *C. tridens* 12,57%, *T. hispida* 8,38%, *P. muscorum* és *N. hammonis* 5,99%, *P. triplicata* 4,80%, végül a *B. fruticum* 1,20%. A következő minta (748-744 cm) fajösszetételét színesíti a *Helicopsis striata* megjelenése. Karakterelem még mindig a *V. costata* (55,16%). Egyedül a *C. tridens* dominanciája lépi túl a 10%-ot, a *P. muscorum*, *P. triplicata*, *N. hammonis*, *B. fruticum* és a *T. hispida* aránya 1 és 9% között mozog. 744 és 740 cm között a *P. muscorum* és a *C. tridens* aránya növekszik (17-18%), egyéb jelentős változás nem történik a faunában. A következő minta (740-736 cm) összegyedszáma közel a felére csökken, azonban a fajok dominanciaviszonyai nem változnak, egyedül a *H. striata*-nál figyelhető meg lassú emelkedés (1,74%-ról 3,86%-ra). Ugyanez mondható el a 736-732 cm közötti mintáról is: a *P. muscorum* aránya 21,79%, a *C. tridens* pedig 19,66%, míg a *H. striata* 10,68%. 732 és 728 cm között a fauna összetétele és aránya változatlan az előző mintákhoz képest, csak a *P. triplicata* dominanciájánál figyelhető meg lassú emelkedés. A 728 és 724 cm közötti mintában a *V. costata* 43,63%. A *P. muscorum* aránya 24,51%, ezt követi a *P. triplicata* 10,29%-kal. Kísérőfajok a *C. tridens*, *N. hammonis*, *H. striata* és a *T. hispida* 1-9% közötti dominanciával. A következő mintákban (724-704 cm) a leggyakoribb faj változatlanul a *V. costata* (átlagosan 40-50%). Azonos fajösszetétel mellett a *P. muscorum*, *P. triplicata*, a *C. tridens* és a *H. striata* aránya 10% fölé emelkedik (13-17%). A 704-700 cm közötti mintától emelkedik a fajszaám. Ismét megjelenik a *Succinea oblonga*, *Vitrea crystallina*, *Euconulus fulvus*, *Bradybaena fruticum* alacsony dominanciával, valamint

szórványosan találunk egy-egy egyedet a *Columella columella* és a *Vallonia tenuilabris* fajokból.

700 és 696 cm között a fajgazdagabb fauna karakter eleme még mindig a *V. costata* (53,81%). 10%-os dominancia felett csak a *C. tridens* és a *T. hispida* található, a „kísérő fauna” (*S. oblonga*, *P. muscorum*, *P. triplicata*, *C. columella*, *V. crystallina*, *N. hammonis*, *E. fulvus*, *B. fruticum*, *H. striata*) aránya néhány %. A következő 2 minta (696-688 cm) jellegében nagyon hasonló, a *P. muscorum*-nál emelkedés mutatható ki, de aránya így is 10% alatt marad. A következő minta összegyedszáma a felére csökken, a *H. striata* aránya megközelíti a *V. costata* dominanciáját (~20-30%), a *P. triplicata* és a *T. hispida* aránya 13-14%, a *C. tridens* dominanciája 10% alatt marad.

6.1.4. A negyedik paleohőmérsékleti horizont faunatartalma

684 és 636 cm között az összdarabszám 100 alatt marad, néhány mintában még a 10 egyedet sem éri el. Ugyanakkor a fauna összetételében nagyon hasonló az eddigi mintákhoz. Színesíti a képet, hogy megjelenik a *Clausilia dubia*, a *Punctum pygmaeum* és a *Vitrina pellucida* egy-egy egyede. 636 centiméter után az összegyedszám tartósan 100 darab fölött marad egészen a szelvény felső, 1,5 méteres szakaszáig. A 684 és 680 cm közötti mintában összesen 65 egyed található. Ennek 47,69%-a *H. striata*, 40%-a pedig *P. triplicata*. A „kísérő fauna” *P. muscorum*, *V. costata*, *V. tenuilabris*, *N. hammonis* és *T. hispida* fajokból áll. 680 és 676 cm között fajonként 20%-os dominancia értékű a *P. triplicata*, a *V. costata* és a *T. hispida*. A mintában találunk még a *S. oblonga*, *C. columella*, *V. tenuilabris*, *C. tridens*, *N. hammonis*, *E. fulvus*, *P. pygmaeum* és a *H. striata* fajok egy-egy egyedét. A mintában összesen 25 molluszkahéjat határoztam meg. 676 és 672 cm között 4 faj 4 egyede található: *S. oblonga*, *E. fulvus*, *P. pygmaeum* és *T. hispida*. A következő mintában (672-668 cm) a *V. costata* és a *T. hispida* 25,25%-kal, míg a *P. triplicata* és a *H. striata* 16,67%-kal részesedik a faunából. Az üledékből egy *C. tridens* és egy *V. crystallina* került elő. Ez összesen 12 darab molluszkahéj egyedet jelent. 668 és 664 cm között a fauna összesen 9 egyedet tartalmaz. Ennek 33,33%-a *P. triplicata*, a fennmaradó részen azonos arányban osztozik a *S. oblonga*, *V. costata*, *V. tenuilabris*, *E. fulvus*, *H. striata* és a *T. hispida*. 664 és 660 cm között a *V. tenuilabris* aránya 27,27%, ezt követi a *P. triplicata* 18,18%-kal, valamint a *C. columella* és a *T. hispida* azonosan 13,64%-kal. A „kísérő fauna” *P. muscorum*, *C. dubia*, *V. crystallina*, *E. fulvus* és a *H. striata* fajokból áll. A minta összesen 22 egyedet tartalmaz. 660 és 656 cm között a mintában található egyedek fele *V. costata*, mellette találunk még *P. muscorum*, *N. hammonis*, *P. pygmaeum*, *H. striata* és *T. hispida* héjakat is. Összesen 10 molluszkahéj került elő az üledékből. A következő mintában (656-652 cm) már a *P. triplicata* a leggyakoribb faj

(36,36%) és csak utána következik a *V. costata* 27,27%-kal. Az összesen 11 egyedet számláló mintában találunk még *C. tridenst*, *N. hammonist*, *P. pygmaeumot* és *H. striatát*. 652 és 648 cm közötti mintából 6 faj 21 egyede került elő. A leggyakoribb a *P. triplicata* (28,57%), majd a *V. costatát* (23,81%) a *H. striata* (19,05%) követi. A *P. muscorum* aránya 14,29%, a *S. oblonga* 9,52%, végül legkisebb arányban a *C. columella* található (4,76%).

6.1.5. Az ötödik paleohőmérsékleti horizont faunatartalma

648 és 644 cm között tovább emelkedik a faj- és a darabszám, azonban még mindig a *P. triplicata* dominancia értéke a legmagasabb (42,22%). A fauna szintén nagy részét a *H. striata* adja (31,11%). A kísérő faunában újra megjelenik a *P. pygmaeum*, az *E. fulvus*, a *B. fruticum* és a *T. hispida*. A mintából összesen 45 egyedet sikerült kinyerni. 644 és 640 cm között a darabszám tovább emelkedik. Ismét megjelenik a *C. tridens* és a *C. dubia*, azonban jelentős változás nem történik a faunában. A *H. striata* aránya 30,77%, ezt szorosan követi a *P. triplicata* dominancia értéke (27,47%). A *V. costata* aránya növekszik az előző mintához képest (4,44%-ról 12,09%-ra). 640 és 636 cm között kiegyenlítettebb dominancia viszonyok alakulnak ki. Leggyakoribb faunaelem a *P. triplicata* 26,97%-kal, ezt követi a *H. striata* (14,61%), a *B. fruticum* (12,36%) és a *C. tridens* (11,24%). A *P. pygmaeum* 8,99%-kal részesedik a faunából, míg *V. costata* aránya 7,87%-ra csökken az előző mintához képest. A „kísérő fauna” *C. columella*, *P. muscorum*, *V. costata*, *V. tenuilabris*, *E. fulvus* és a *V. pellucida* fajokból áll. A minta összesen 89 egyedet tartalmaz, a szelvény következő részében már tartósan 100 feletti darabszámok jelentkeznek.

636 és 632 cm között a *P. triplicata*, a *V. costata* és a *P. pygmaeum* dominanciaértéke hasonló: 17 és 22% között mozog. A *C. tridens* aránya 11,67%. 5 és 10% között találjuk a *N. hammonis*, az *E. fulvus*, *V. pellucida* és a *H. striata* fajokat. A kísérő faunában a *S. oblonga*, *P. muscorum*, *P. loessica*, *C. dubia*, *B. fruticum* és a *T. hispida* néhány egyede található. A szelvény 632 és 628 cm közötti szakaszán az összegyedszám duplázódik. A *P. triplicata* és a *C. tridens* aránya 20% feletti, a *V. costata* és a *P. pygmaeum* dominanciája 16%. A fauna többi részében jelentős változás nem tapasztalható. A következő minta (628-624 cm) darabszáma ismét a duplája az előzőnek. Folytatódik az eddigi tendencia, a *V. costata* aránya 27,90%, ezt követi a *C. tridens* 19,76%-kal. A *P. pygmaeum* (13,34%) és a *N. hammonis* (11,27%) aránya emelkedik, a *B. fruticum* 7,28%-os dominanciájú, ezen túl egy-egy egyeddel szerepel az üledékben a *S. oblonga*, *C. columella*, *P. loessica*, *V. tenuilabris*, *E. fulvus*, *H. striata* és a *T. hispida*. A gyors darabszám növekedés eredményeként a 156-os minta (624-620 cm) összegyedszáma már meghaladja az 1200-at. A *V. costata* 37% feletti, a *P. pygmaeum* pedig 27% valamint eltűnik a mintákból a *H. striata* és a későbbiekben csak a

szelvény felsőbb szakaszán jelenik meg egy-egy példánya. A következő mintákban a *V. costata* aránya folyamatosan csökken, míg a *P. pygmaeum* dominanciája jelentősen növekszik. 620 és 616 cm között a *P. pygmaeum* aránya 48,33%, a *V. costata* 23,63%-os. Csak a *P. triplicata* dominanciája lépi át a 10%-ot. A *T. hispida* aránya fokozatosan csökken, míg a *V. pellucidá*jé emelkedik. A 616 és 612 cm közötti mintában a karakterelem a *P. pygmaeum* 64,83%-os dominanciával. A *V. costata* 11,49%, míg a „kísérő fauna” (*P. muscorum*, *P. triplicata*, *C. tridens*, *N. hammonis*, *E. fulvus*, *V. pellucida*, *B. fruticum*, *T. hispida*) elemei külön-külön nem érik el a 10%-os arányt. Az összegyedszám meghaladja a 2000-et. A következő mintában (612-608 cm) a dominancia nem ennyire egyoldalú, a *P. triplicata* 16,21%, a *V. costata* 16,74%, az *E. fulvus* pedig 12,24%. A *N. hammonis* és a *V. pellucida* aránya is emelkedik. Újra megjelenik az üledékben a *Clausilia dubia*. A szelvény 608 és 604 cm közötti szakaszán a darabszám meghaladja a 3000-et. A *P. pygmaeum* dominanciája 47%. A *C. columella* és az *E. fulvus* aránya emelkedik, a *P. triplicata* viszonyt csökken (9,61%). Megjelenik a *Discus ruderratus* faj is, ezen túl jelentősebb változás nem történik a faunában. 604 és 600 cm között az eddigi tendenciák folytatódnak, a *P. pygmaeum* aránya 65,06%, míg a *V. costata* dominancia értéke 4,33%-ra, a *P. triplicata* pedig 3,51%-ra csökken.

A szelvény 600 és 596 cm közötti szakaszán a minta összegyedszáma 1500 alá csökken, de innen majd ismét emelkedni kezd. A leggyakoribb elem a *P. pygmaeum* 53,86%-kal, ezt követi az *E. fulvus* 23,35%-os dominancia értéke. A *P. triplicata* a fauna 13,59%-át teszi ki. A *V. costata* aránya 0,78%-ra csökken, valamint a többi faj (*C. columella*, *C. tridens*, *C. dubia*, *V. crystallina*, *N. hammonis*, *D. ruderratus*, *T. hispida*, *V. pellucida*) értéke is alacsony. 596 és 592 cm között a *P. pygmaeum* aránya 57,76%, míg az *E. fulvus* a fauna 23,50%-át adja. A „kísérő fauna” (*P. triplicata*, *C. columella*, *C. dubia*, *V. crystallina*, *N. hammonis*, *V. pellucida*, *T. hispida*) fajainak dominanciája egyenként nem éri el a 10%-ot. A következő minta (592-588 cm) domináns elemének aránya tovább növekszik (60,16%), ismét megjelenik a *P. muscorum*, de aránya még nagyon alacsony. 588 és 584 cm között az összegyedszám ismét meghaladja a 2000 darabot. A *P. pygmaeum* aránya 67,14%. Ebben a mintában jelenik meg utoljára a szelvény ezen szakaszán a *C. columella* és a *C. tridens*. A *C. columella* legközelebb 400 cm után jelenik meg, a *C. tridens* pedig a felső, 1,5 méteres szintben. A következő mintában (584-580 cm) éri el a *P. pygmaeum* legmagasabb dominanciáját (72,56%), ezek után aránya fokozatosan csökken. A „kísérő fauna” összetétele és százalékos aránya nem változik.

6.1.6. A hatodik paleohőmérsékleti horizont faunatartalma

580 és 576 cm között a *V. crystallina* (5,83%), az *E. fulvus* (11,79%), a *T. hispida* (1,23%) és a *V. pellucida* (3,79%) aránya lassan emelkedik. Megjelenik a *Discus ruderatus*. A *P. triplicata* (3,84%), a *V. costata* (0,63%) és a *P. pygmaeum* (67,93%) dominanciája pedig csökken. A következő mintában (576-572 cm) a *P. pygmaeum* aránya 60,48%. Egyedül az *E. fulvus* dominanciája magasabb 10%-nál, a *V. crystallina* pedig megközelíti a 10%-ot. A „kísérő fauna” változatos – *P. muscorum*, *P. triplicata*, *V. costata*, *C. dubia*, *D. ruderatus*, *N. hammonis*, *V. pellucida*, *B. fruticum* és *T. hispida* – de arányuk csak 1-2% fajonként. A szelvény 572 és 568 cm közé eső szakaszán újra megjelenik a *Cochlicopa lubricella*, egyéb változás azonban nem történik a faunában. 568 és 564 cm között a *P. triplicata* aránya nagyon lecsökken (0,61%) és a következő 4 méteres horizontban teljesen eltűnik a faunából és csak a felső 1,5 méteres szakaszban jelenik majd meg újra. A *P. pygmaeum* aránya 60%, a *V. crystallina*, az *E. fulvus* és a *T. hispida* dominanciája 8 és 11% között mozog, a *V. pellucida* aránya eléri a 6%-ot. Az 564 és 560 cm közötti mintában az összegyedszám a felére csökken: 1140-ről 525 darabra. A *P. pygmaeum* még mindig a fauna 50%-át adja, a *V. crystallina*, *E. fulvus* és a *T. hispida* aránynövekedése tovább tart (12-15% fajonként). 560 és 556 cm között a darabszám ismét feleződik. Színesíti a faunaképet a *V. tenuilabris* néhány egyedének megjelenése. A *P. pygmaeum* és a *T. hispida* aránya nagyon hasonló (24-29%), a *V. crystallina* és az *E. fulvus* dominanciája tovább növekedik (17%), és emelkedésnek indul a *C. dubia* is. 556 és 552 cm-nél megjelenik az *Orcula dolium* és a *Semilimax semilimax*. Karakterfaj a *T. hispida* (45,54%), ennél kisebb dominanciával jelentkezik a *P. pygmaeum* (14,85%) és az *E. fulvus* (15,85%). 5-10% között van a *C. dubia* és a *V. crystallina*. A következő minta (552-548 cm) darabszáma nagyon alacsony (136 db), a fajösszetétel azonban változatos. A *P. pygmaeum* ismét emelkedésnek indul (25%), 15-20% között mozog a *C. dubia*, a *V. crystallina* és a *T. hispida*, míg az *E. fulvus* aránya 10,29%. A „kísérő faunában” megtalálható a *C. lubricella*, *P. muscorum*, *O. dolium*, *V. costata*, *V. tenuilabris*, *N. hammonis*, *D. ruderatus* és a *V. pellucida* néhány egyede. 548 és 544 cm között az eddigi tendenciák folytatódnak. Karakterfaj ismét a *P. pygmaeum* (35,10%), ugyanakkor a szelvény többi részéhez képest nagyon jelentős dominanciát ér el a *C. dubia* (28,48%). A „kísérő fauna” aránya és összetétele változatlan. A szelvény következő szakaszán (544-540 cm) a darabszám emelkedésnek indul, még mindig a *C. dubia* (19,28%), a *P. pygmaeum* (29,15%), a *V. crystallina* (11,21%), az *E. fulvus* (10,31%) és a *T. hispida* (13%) a meghatározó fajok. 540 és 536 cm között a *D. ruderatus* eléri maximális dominanciáját (8,28%) a szelvényben, míg a *C. dubia* (4,70%) aránya fokozatosan csökken. A következő mintában (536-532 cm) a *P. pygmaeum* (40,54%) és a *V. pellucida* (4,17%) dominanciája emelkedik. Jelentősebb még a *V.*

crystallina, *E. fulvus* és a *T. hispida* aránya (11-13%). 532 és 528 cm között a *C. dubia* (0,79%) és a *T. hispida* (5,98%) aránya továbbra is csökken, ezen túl minden, a mintában megtalálható faj dominanciája kis mértékben emelkedik. A szelvény 528 és 524 cm közé eső szakaszán a folyamatos egyedszám növekedés következtében a minta teljes darabszáma meghaladja az 1700-at. A *P. pygmaeum* aránya 40,96%. A *V. crystallina*, *E. fulvus* és a *V. pellucida* dominanciája 10% feletti. Magasabbnak mondható még a *V. costata* 7,26%-al, a *T. hispida* aránya már csak 5,11%. A „kísérő faunát” a *C. lubricella*, *P. muscorum*, *O. dolium*, *V. tenuilabris*, *C. dubia*, *D. ruderatus*, *N. hammonis*, *S. semilimax*, *B. fruticum* és a *T. hispida* fajok alkotják. 524 és 520 cm között jelentősebb változás nem történik, a *V. tenuilabris* dominanciája mutat némi emelkedést. A következő minta (520-516 cm) faunájának 41%-át a *P. pygmaeum* adja. 10% feletti dominanciája csak a *V. pellucidának* van. A *V. tenuilabris* aránya 9,75%, az *E. fulvus*é pedig 7,83%. A „kísérő fauna” összetétele és százalékos aránya változatlan. Az összegyedszám ismét csökken. 516 és 504 cm között a magasabb dominanciájú fajok aránya kis mértékben növekszik, de jelentős változás nem tapasztalható. Az 504 és 500 cm közötti mintában a *P. pygmaeum* 47,53%-os dominanciájú, az *E. fulvus* (12,79%) és a *T. hispida* (10,32%) mellett még a *V. costata* (8%) aránya tekinthető kissé magasabbnak.

500 és 496 cm között a fauna jellege, összetétele és az egyes fajok aránya szinte azonos a megelőző mintával. A *P. pygmaeum* dominanciája csökken, de még így is a leggyakoribb faj a szelvény ezen szakaszán. Kissé magasabb aránya van a *V. crystallinának* (12,31%), az *E. fulvus*nak (10,07%) és a *T. hispide*nek (15,67%) van. A fauna többi részéhez képest megemlítendő a *V. pellucida* 7,32%-os dominanciája. A következő minta (496-492 cm) szintén nagyon hasonló, a *C. lubricella* (2,18%), *V. costata* (7,15%), *V. pellucida* (11,64%) és a *T. hispida* (17,70%) mutat némi növekedést, miközben az összegyedszám tovább csökken. 492 és 488 cm között a *V. costata* aránya csökken (7,15%-ról 1,40%-ra), egyéb változás nem tapasztalható. A korábbi lassú egyedszám csökkenéssel szemben 488 és 484 cm között hirtelen majdnem a felére esik vissza az összdarabszám. A *P. pygmaeum* dominanciája csökken, a korábbi 30-40%-ról 26,33%-ra. Ezt megközelíti a *V. crystallina* aránya (23,67%). 13-15% között mozog az *E. fulvus* és a *T. hispida*. 5%-os a *C. lubricella* és a *V. pellucida* aránya, ez alatti a *P. muscorum*, az *O. dolium*, a *V. costata*, a *C. dubia*, a *D. ruderatus*, a *N. hammonis* és a *B. fruticum* fajonkénti dominanciája. 484 és 480 cm között változás a fauna összetételében és az egyes fajok százalékos megoszlásában nem tapasztalható. Az egyedszám emelkedni kezd. A következő mintában (480-476 cm) a *P. pygmaeum* aránya emelkedik (37,80%), 10 és 15% közötti dominancia értékű a *V. crystallina*, az *E. fulvus*, a *V. pellucida* és a *T. hispida*. 476 és 472 cm között a *V. pellucida* eléri maximális dominanciáját a szelvény

mentén (12,22%), a *P. pygmaeum* aránya már 55,79%. A fauna többi faja némi dominancia csökkenést mutat. A következő mintában (472-468 cm) a *P. pygmaeum* egy újabb dominancia csúcsot ér el 62,21%-kal, majd innen aránya fokozatosan csökken. Ez az aránycsökkenés jellemző a *C. lubricellára* és a *S. semilimaxra* is. 468 és 464 cm között a *T. hispida* aránya emelkedni kezd (7,96%), a *P. pygmaeum* dominanciája 59%. A következő mintában (464-460 cm) a *T. hispida*n túl a *V. costata* (6,97%) és a *V. crystallina* (7,49%) dominanciája is emelkedik kissé. 460 és 456 cm között a *P. pygmaeum* aránya 37,24%, a *T. hispida* 15,85%, a *V. crystallina* 13,95%. 6-10% között mozog fajonként a *V. costata*, a *N. hammonis* és az *E. fulvus*. A „kísérő fauna” fajai a *C. lubricella*, *P. muscorum*, *O. dolium*, *V. tenuilabris*, *V. pellucida* és a *B. fruticum*. A szelvény 456 és 448 cm közé eső szakaszán a *V. crystallina*, *V. pellucida* és a *T. hispida* aránya emelkedik, a *V. costata* dominanciája egyre csökken, a *S. semilimax* pedig eltűnik a szelvényből. A következő mintától (448-444) az *E. fulvus* aránya is emelkedik (11,38%), a *V. crystallina* átlépi a 20%-ot és a korábbi tendenciák folytatódnak. 444-440 cm között jelenik meg utoljára a *C. lubricella* és a *V. pellucida* a szelvényben, ugyanakkor a *V. tenuilabris* (4,43%) és a *C. dubia* (0,74%) aránya emelkedik. A *P. pygmaeum* dominanciája már 30% alatti. Ezzel együtt az összegyedszám ismét csökken. Ebben a mintában fordul elő egyedül az *Arianta arbustorum* 2 egyede (0,37%). 440 és 436 cm között még megtalálható a *V. costata* (2,95%), de ettől a szinttől kezdve előfordulása már nem folyamatos és csak néhány egyedre korlátozódik. A *P. pygmaeum* szempontjából is fontos ez a minta, ugyanis végleg elveszti erős dominanciáját. Legnagyobb arányban a *T. hispida* fordul elő (29,20%), ezt követi az *E. fulvus* (18,88%). A *P. pygmaeum* aránya már csak 14,75%, ehhez hasonló a *V. tenuilabris* (14,16%). A „kísérő fauna” a *P. muscorum* (5,90%), az *O. dolium* (3,24%), a *C. dubia* (0,59%), *V. crystallina* (8,26%), és a *N. hammonis* (2,06%).

6.1.7. A hetedik paleohőmérséklet horizont faunatartalma

A következő minta (436-432 cm) összegyedszáma 105 darab. Legnagyobb százalékos aránnyal az *E. fulvus* rendelkezik (40%), ez egyben a szelvény menti maximális dominanciája is. A *T. hispida* aránya 26,67%, ezt követi a *V. crystallina* 14,29%-kal, 6-6% körüli a *V. tenuilabris* és a *C. dubia*. 432 és 428 cm között újra megjelenik a *Succinea oblonga*. Az *E. fulvus* aránya még mindig magas (35,48%). Ezen kívül ugyanúgy karakterfaj a *T. hispida* (26,34%). Fajonként 5-7% közötti az *O. dolium*, a *V. tenuilabris*, a *C. dubia* és a *V. crystallina*. A 428-424 cm közötti mintában a *V. tenuilabris* aránya emelkedik, egyéb változás azonban nem tapasztalható. 424 és 420 cm között a *T. hispida* aránya 41,60% feletti, az *E. fulvus*é 27,86%, a *V. tenuilabris*é pedig 14,89%. A *C. dubia* és a *V. crystallina* dominanciája

még mindig 6-7% körüli. „kísérő fauna” a *S. oblonga*, a *N. hammonis* és a *P. pygmaeum*. 420 és 416 cm között a legmagasabb százalékos aránya az *E. fulvus* fajnak van (36,36%), a *V. crystallina* és a *T. hispida* aránya 20—20%. 6 és 10% között van fajonként a *V. tenuilabris* és a *P. pygmaeum*. 416 és 412 cm között az egyedszám ismét nagyon lecsökken (192 db), a *C. dubia* aránya 30,21%, az *E. fulvus*é 26,56%, a *T. hispida*é pedig 22,92%. A *V. crystallina* dominanciája visszaesik 7,81%-ra. A következő mintában (412-408 cm) az *E. fulvus* aránya csökken (17,33%), a *S. oblonga* (15,33%), a *V. crystallina* (16,67%) és a *T. hispida* (30%) dominanciája viszont nő. 408 és 404 cm között a fauna 29%-át a *S. oblonga* adja. 12 és 14% között mozog a *V. crystallina*, az *E. fulvus* és a *T. hispida*. Megjelenik a *Columella columella* (9,43%). A *V. tenuilabris* aránya 7,79%, a *C. dubia*é pedig 5,74%. Az összegyedszám emelkedik. 404 és 400 cm között lecsökken a fajszaám. A *C. columella* aránya 59,64%, ez egyben a faj maximális dominancia értéke a szelvényben. Az *E. fulvus* aránya 11,53%. A „kísérő faunát” a *S. oblonga*, a *P. muscorum*, a *C. dubia* és a *T. hispida* alkotja.

A szelvény 400 és 396 cm közé eső szakaszán a *C. columella* aránya még mindig kiemelkedő (52,51%) a *V. tenuilabris*é 20,98%, a *S. oblonga* és az *E. fulvus* dominanciája 10-12%. A „kísérő fauna”: *P. muscorum*, *O. dolium*, *C. dubia*, *N. hammonis* és *T. hispida*. 396 és 392 cm között a faunakép összetételében és arányaiban szinte változatlan. 392 és 388 cm között megszűnik a *C. columella* nagyfokú dominanciája (13,72%). Fajonként 17 és 20% között mozog a *S. oblonga*, az *E. fulvus* és a *T. hispida*. A *V. tenuilabris* aránya csökken (11,91%). A következő minta (388-384 cm) legmagasabb dominanciájú faja a *T. hispida* (48,18%). A *S. oblonga* aránya 15,45%, az *E. fulvus*é pedig 10,18%. Ezt megközelíti a *V. tenuilabris* 9,82%-a. 384 és 380 cm között a *S. oblonga* és a *T. hispida* változatlanul magas dominancia értékkel szerepel, míg a *V. tenuilabris* és az *E. fulvus* aránya továbbra is csökken. 380 és 376 cm között, jelentősebb változás nem tapasztalható. A *P. muscorum* (10,43%), a *C. columella* (9,46%) és a *V. tenuilabris* (5,21%) aránya emelkedik, a karakterfajok változatlanok. A következő minta (376-372 cm) domináns eleme a *C. columella* (25,30%), kisebb aránnyal szerepel a *T. hispida* (20,71%) és az *E. fulvus* (19,43%). 10-11%-os dominanciájú a *S. oblonga* és a *P. muscorum*. 372 és 368 cm között az összegyedszám a felére csökken (1091-ről 479 darabra). Fajonként 24% és 25% körül mozog az *E. fulvus* és a *T. hispida*. A *S. oblonga* 16,28%, a *C. columella* 11,48% a *V. tenuilabris* 13,15%. Találunk még néhány egyedet a *P. muscorum*, *C. dubia* és a *N. hammonis* fajokból. A 368 és 364 cm közötti mintában jelentősebb változás nem történik, a *S. oblonga* (8,89%), *N. hammonis* (2,96%) és az *E. fulvus* (19,50%) aránya némileg csökken, míg a *C. columella* (17,53%), *V. tenuilabris* (19,01%) és a *T. hispida* (28,89%) dominancia értéke emelkedik. A szelvény 364 és 360 cm közé eső szakaszán a *C. columella* aránya ismét magasabb (23,44%), a karakteresebb fajok

viszonylag azonos dominanciát mutatnak: 14 és 19% fajonként. Az összegyedszám tovább csökken. 360 és 356 cm között a *C. columella* aránya jelentősen visszaesik (4,57%) és a *V. tenuilabris* dominanciája is csökken (8,68%). A *T. hispida* 36,07%, a *S. oblonga* és az *E. fulvus* fajonként 21-22%-kal részesednek a faunából. A következő mintában (356-352 cm) a *T. hispida* dominancia értéke tovább nő (55,34%) és a *V. tenuilabris* aránya is emelkedik (14,56%). 352 és 348 cm között *T. hispida* eléri szelvény menti maximális dominanciáját (59,85%). A *S. oblonga* és a *V. tenuilabris* aránya 12-13%-os. A „kísérő fauna” összetétele és dominancia értéke változatlan. Az összegyedszám lassan emelkedik. 348 és 332 cm között a fauna összetétele és az egyes fajok aránya nem változik. karakterfajok a *S. oblonga*, *V. tenuilabris*, *E. fulvus* és a *T. hispida*. 332 és 328 cm között megjelenik a *Pupilla sterri* faj. A *C. columella* aránya növekszik (21,44%). A *S. oblonga* 12,36%, a *V. tenuilabris* 18,94% a *T. hispida* pedig 25,67%. A következő mintában (328-324 cm) a *C. columella* dominanciája 31,80%, 13-15% közötti a *S. oblonga*, az *E. fulvus* és a *T. hispida*. A *V. tenuilabris* aránya kissé visszaesik (10,34%). 324 és 320 cm között a *S. oblonga* dominancia értéke a legmagasabb (24,03%), a *C. columella* 18,23%-ra esik vissza, a *T. hispida* 16,57%-os, az *E. fulvus* pedig 14,92%. A „kísérő faunából” viszonylag magasabb dominancia értéke a *V. tenuilabris* (8,01%) és a *C. dubia* (6,08%) fajoknak van. 320 és 316 cm között a *S. oblonga* (31,05%), a *P. sterri* (3,88%) és a *V. tenuilabris* (12,56%) aránya emelkedik. A következő mintában (316-312 cm) a *T. hispida* aránya erősen lecsökken (21,69%-ról 7,87%-ra). A *S. oblonga* dominanciája 34,83%-os. Magasabb értéke a *V. tenuilabris* és az *E. fulvus* fajoknak van (16,10% fajonként). Az összegyedszám ismét csökken. 312 és 308 cm között a *C. columella* (16,79%), a *P. muscorum* (6,11%) és a *C. dubia* (6,11%) aránya nő, míg a *V. tenuilabris* (8,40%) és az *E. fulvus* (12,98%) dominancia értéke csökken. 308 és 304 cm között jelentős változás nem történik, a *C. columella* (23,48%) és a *C. dubia* (12,12%) aránya még mindig emelkedik a faunában. A 304 és 300 cm közötti mintában legmagasabb dominancia értéke a *C. columellának* (21,85%) és a *S. oblongának* (21,19%) van. Azonos aránnyal szerepel a *P. muscorum* és a *T. hispida* (13,25%), míg a *V. tenuilabris*, a *C. dubia* és az *E. fulvus* fajonként 8-10%-al részesednek a faunából. a *P. sterri* és a *N. hammonis* aránya 1-2%.

A szelvény 300 és 296 cm közötti szakaszán a *C. columella*, a *C. dubia* és a *T. hispida* aránya csökken, a *V. tenuilabris* pedig nagy mértékben (8,61%-ról 24,73%-ra), míg az *E. fulvus* kevésbé, de emelkedik (8,61%-ról 15,75%-ra). A fauna többi részének dominancia értéke szinte változatlan. Az összegyedszám ismét emelkedik. 296 és 292 cm között a *S. oblonga* aránya 45,18%, a fauna többi részének dominanciája kis mértékben csökken. A következő mintában (292-288 cm) a *V. tenuilabris* aránya ismét magasabb (28,51%), valamint

némi növekedés tapasztalható az *E. fulvus*-nál is (12,87%) az előző mintához képest. A *S. oblonga* értéke kissé visszaesik (32,41%), de még így is a legmagasabb dominanciájú faj a szelvény ezen szakaszán. 288 és 284 cm között a dominancia értékek jelentősen nem változnak: *S. oblonga* 33,44%, *V. tenuilabris* 23,89%, *E. fulvus* 13,38%, *T. hispida* 11,78%, *N. hammonis* 6,37%, *C. dubia* 6,05%. A fauna egyéb fajainak aránya nagyon alacsony. A 284 és 280 cm közötti mintában a *C. columella*, *P. muscorum*, *C. dubia* és az *E. fulvus* aránya emelkedik, míg a *S. oblonga*, *V. tenuilabris* és a *T. hispida* dominancia értéke kissé csökken. Ezek a változások azonban lényegében nem módosítják a fauna jellegét. 280 és 276 cm között a *C. columella* aránya már 17,84%, a *C. dubia*, *N. hammonis* és az *E. fulvus* dominancia értéke azonban több százalékkal csökken. Még mindig a *S. oblonga* a legdominánsabb faj 30,59%-kal. A következő minta (276-272 cm) faunájának leggyakoribb faja a *C. columella* (29,41%), ezt követi a *V. tenuilabris* (19,87%) és némileg alacsonyabb értékkel rendelkezik a *S. oblonga* (18,95%). A *C. dubia* és az *E. fulvus* aránya tovább csökken. 272 és 268 cm között ismét a *S. oblonga* a meghatározó (31,57%), a *C. columella* aránya 22,81%, a *V. tenuilabris* és a *T. hispida* dominanciája 16-16%. A 268 és 264 cm közötti mintában a *V. tenuilabris* dominancia értéke 30,89%, a *T. hispida* 23,80%. 15-16%-os arányú a *S. oblonga* és az *E. fulvus*. A *C. columella* jelentősen visszaszorul (4,46%), 1-3% között mozog fajoként a *P. muscorum*, *P. sterri*, *C. dubia* és a *N. hammonis*. 264 és 260 cm között a fauna dominancia értékei csak kis mértékben változnak: *V. tenuilabris* 35,28%, *S. oblonga* 17,86%, *E. fulvus* 13,63%, *T. hispida* (13,32%). A kisebb dominanciájú fajoknál is kimutatható némi emelkedés: *P. muscorum* 6,07%, *C. columella* 5,37%, *C. dubia* 3,43%. A szelvény következő szakaszán (260-256 cm) a *S. oblonga* kissé magasabb dominancia értékű, mint a *V. tenuilabris*, a *C. dubia* aránya nő, míg az *E. fulvus* és a *T. hispida* visszaszorul. Az összegyedszám jelentősen csökken (1284-ről 738-ra). 256 és 252 cm között a *C. columella* aránya 12,26%-ra emelkedik, a *V. tenuilabris* (18,87%) mellé felzárkózik a *C. dubia* (17,45%), de a legdominánsabb elem még mindig a *S. oblonga* (34,43%). A darabszám a felére csökken (738-ról 212 darabra). A következő mintában (252-248 cm) a *C. columella* aránya a legmagasabb (22,48%), fajoként 14-15% a *S. oblonga*, a *V. tenuilabris* és az *E. fulvus*. A *C. dubia* dominanciája 10,07%, a *T. hispida* pedig 9,40%. 248 és 244 cm között a *C. columella* jelentősen visszaszorul (4,30%), valamint a *C. dubia* aránya is kissé csökken. Emelkedik viszont a *S. oblonga* (19,71%), a *V. tenuilabris* (21,51%) és a *T. hispida* (18,28%) dominancia értéke. 244 és 240 cm között a *S. oblonga* aránya kissé emelkedik, a többi dominancia érték azonban nem változik. A következő minta (240-236 cm) faunájában a *S. oblonga* és a *V. tenuilabris* egyaránt 29,87%-kal szerepel, az *E. fulvus* és a *T. hispida* aránya kissé visszaesik. 236 és 232 cm között a *N. hammonis* aránya nő, míg a *T. hispida*

dominanciája tovább csökken, azonban egyéb változás nem történik. 232 és 220 cm között a legmagasabb dominancia értékű faj a *V. tenuilabris*. A *S. oblonga* és a *T. hispida* aránya csökken, a *C. columelláé* azonban emelkedik, az összegyedszám is nő. A következő minta (220-216 cm) faunájának 40%-át a *V. tenuilabris* adja. A *S. oblonga* aránya 17,74%, a *C. columella*, *N. hammonis*, *E. fulvus* és a *T. hispida* dominanciája 8% és 11% között van. A „kísérő fauna” a *P. muscorum*, *P. sterri* és a *C. dubia* fajokból áll. 216 és 212 cm között a *S. oblonga* és a *V. tenuilabris* aránya tovább emelkedik. A szelvény 212 és 208 cm közötti szakaszán a *V. tenuilabris* eléri maximális dominanciáját (61,43%). Egyedül a *C. columella* aránya emelkedik (11,09%), a fauna többi fajának dominancia értéke visszaesik. 208 és 204 cm között a *V. tenuilabris* aránya még mindig magas (50,33%). Emelkedik a *P. muscorum*, *N. hammonis* és a *T. hispida*, míg a *S. oblonga* és a *C. columella* dominancia értéke csökken. 204 és 200 cm között a *T. hispida* dominancia értéke jelentősen megnő (7,98%-ról 24,33%-ra). A *V. tenuilabris* aránya ugyanakkor visszaesik 27,98%-ra. A *C. columella*, a *C. dubia*, *N. hammonis* és az *E. fulvus* fajok dominanciája is emelkedik.

A szelvény 200 és 196 cm közötti szakaszán a *V. tenuilabris* aránya 25,89%, a *T. hispidaé* pedig 22,89%. A *S. oblonga* (14,71%), a *C. columella* (11,72%), az *E. fulvus* (12,53%) dominancia értéke kissé emelkedik. 196 és 188 cm között a *C. columella* és a *V. tenuilabris* dominanciája emelkedik, a *S. oblonga* és a *T. hispida* aránya pedig csökken. A következő minta (188-184 cm) leggyakoribb faja a *C. columella* 35,17%-kal. Ismét megjelenik a *Vitrea crystallina*. A *V. tenuilabris* aránya 21,29%, a *S. oblonga* és a *T. hispida* egyaránt 13-13%-ot érnek el. A *C. dubia* és az *E. fulvus* 5-6% közötti dominancia értékű, a többi faj (*P. muscorum*, *P. sterri*, *O. dolium*, *V. crystallina*, *N. hammonis*, *P. pygmaeum*, *D. ruderatus*) aránya nagyon alacsony. 184 és 180 cm között ismét a *V. tenuilabris* aránya a legmagasabb (29,16%), a *T. hispida* és a *S. oblonga* dominanciája emelkedik, a *C. columelláé* pedig csökken. 180 és 176 cm között ismét megjelenik a szelvényben a *Vallonia costata*. A *C. columella* és a *V. tenuilabris* aránya csökken, egyéb változás azonban nem tapasztalható. A következő mintában (176-172 cm) újból feltűnik a *Chondrula tridens*. A *S. oblonga*, *C. columella* (15,80%) és a *V. tenuilabris* (29,31%) dominancia értéke emelkedik. 172 és 168 cm között a legmagasabb arányban a *V. tenuilabris* (36,68%) szerepel, ennél jóval alacsonyabb dominancia értéke van a *S. oblonga* (16,39%), a *C. columella* (12,49%) és a *T. hispida* (11,26%) fajoknak. A fauna 5-10%-át adják fajonként a *C. dubia* és az *E. fulvus*. 168 és 164 cm között a *V. tenuilabris* aránya csökken, míg a fauna többi részének dominancia értéke emelkedik. A következő minta (164-160 cm) magasabb százalékos arányai a következők: *V. tenuilabris* 25,38%, *T. hispida* 21,29%. 6-10% közötti dominanciájú fajok a *S. oblonga*, *C. columella*, *P. muscorum*, *P. sterri*, és az *E. fulvus*. 160 és 156 cm között jelentősebb változás

nem tapasztalható, szinte minden fajnál némi dominancia emelkedés történik, azonban az arányokat ez nem módosítja. 156 és 152 cm között a *V. tenuilabris* aránya 23,50%, ez után következik a *T. hispida* 19,82%-kal. 10% feletti még a *S. oblonga* és az *E. fulvus*. A „kísérő fauna” aránya is magasabb néhány százalékkal. A következő mintában (152-148 cm) éri el a *P. sterri* a legmagasabb százalékos arányát (7,57%), ismét megtalálható a *P. triplicata*, és a dominancia viszonyok is változnak. Legmagasabb aránnyal a *T. hispida* szerepel (33,42%), és a *S. oblonga* dominanciája is növekszik (24,02%), ugyanakkor a *V. tenuilabris* erősen visszaesik (6,79%). 148 és 144 cm között a *T. hispida* aránya 45,17%, a *S. oblonga*é 24,15%, ezt követi a *V. tenuilabris* 10,87%-kal. Emelkedés tapasztalható a *N. hammonis* és az *E. fulvus* fajoknál, a fauna többi részének aránya azonban csökken. A szelvény 144 és 140 cm közé eső szakaszán a *S. oblonga* 54,61%-os arányával eléri a legmagasabb dominancia értékét, a többi faj aránya enyhén csökken. Az összegyedszám jelentős mértékben csökken.

6.1.8. A nyolcadik paleohőmérsékleti horizont faunatartalma

140 és 136 cm között a fauna több mint felét két faj (*S. oblonga*, *T. hispida*) teszi ki, a többi taxon aránya 10% alatt marad. 136 és 132 cm között változatlanul a *T. hispida* (30,65%) és a *S. oblonga* (25,00%) aránya a legmagasabb. A *V. tenuilabris* dominancia értéke 13,71%, a *C. columella*, a *P. muscorum*, a *V. costata*, *N. hammonis* és az *E. fulvus* 4-6% között mozog.

132 cm-től az összegyedszám 100 alatt marad.

132 és 128 cm között a *S. oblonga*, *C. tridens*, *C. dubia* és az *E. fulvus* aránya kis mértékben, míg a *V. costata*é jelentősen (4,84%-ról 14,58%-ra) növekszik. A *V. tenuilabris* dominancia értéke közel a felére csökken, ugyanakkor eltűnik a *P. sterri*. A két leggyakoribb faj a *S. oblonga* és a *T. hispida*. Az összdarabszám 96. A következő minta (128-124 cm) faunájának összetétele változatlan. A *S. oblonga* és a *V. costata* aránya némileg csökken, a *P. triplicata*, a *C. tridens*, a *C. dubia*, az *E. fulvus* és a *T. hispida* dominanciája növekszik. A minta összesen 57 egyed tartalmaz. 124 és 120 cm között jelentős változás nem történik, magasabb dominanciával a *S. oblonga*, a *T. hispida*, a *P. triplicata* és a *V. tenuilabris* rendelkezik. A darabszám összesen 61. 120 és 116 cm között összesen 29 egyedet találunk, de a fauna jellege az előző mintához nagyon hasonló. A fajösszetétel nem változik, legmagasabb dominanciája a *S. oblonga*nak van, ezt szorosan követi a *T. hispida* aránya. 116 és 112 cm között még mindig viszonylag magas fajszámmal és alacsony egyedszámmal (54 darab) találkozunk. A *V. costata*, *V. tenuilabris* és a *C. tridens* aránya emelkedik, egyéb változás nem történik a faunában. A szelvény 112 és 108 cm közé eső szakaszán változatlanul a *S. oblonga* (31,03%) és a *T. hispida* (24,14%) dominanciája a legmagasabb, a *V. tenuilabris* aránya 8,62%, a *P. muscorum*é, *V. costata*é és *N. hammonis*é fajonként 6,90%. Az összegyedszám 58

darab. 108 és 104 cm között a *P. muscorum* (10,34%), a *V. tenuilabris* (13,79%) és a *C. dubia* (5,17%) aránya emelkedik. A minta itt is 58 egyedet tartalmaz. 104 és 100 cm között a *S. oblonga* aránya 28,57%, a *P. triplicatának* 16,07%, a *T. hispidának* 12,50%, ezt követi a *V. tenuilabris* és a *C. tridens* 10,71-10,71%-kal. A *V. costata* és a *C. dubia* dominancia értéke 7,14%. A „kísérő fauna” a *G. frumentum*, a *C. columella*, az *O. dolium* és az *E. fulvus* egy-egy egyedéből áll. A minta összdarabszáma 56.

A szelvény 100 és 96 cm közé eső szakaszán megjelenik a *Helicella obvia*. A *P. triplicata* és a *T. hispida* dominancia értéke a legmagasabb, utána jön az *E. fulvus*, majd ezt követi a *S. oblonga* és a *C. tridens*. A „kísérő fauna” elemei: *P. muscorum*, *O. dolium*, *V. costata*, *V. tenuilabris*, *N. hammonis*. A mintában található egyedek száma 41. 96 és 92 cm között a *S. oblonga* dominancia értéke 30%, a *P. triplicata*, *V. tenuilabris* és a *T. hispida* egyaránt 15-15%-át adják a faunának. A *V. costata* és a *C. tridens* aránya 7,5%, a *C. dubia* 5%, míg a *N. hammonis* és az *E. fulvus* fajonként 2,5%-kal szerepel. A mintában összesen 40 egyed található. 92 és 88 cm között az előző mintához képest a *P. triplicata*, a *C. tridens* és a *C. dubia* aránya emelkedik, a *S. oblonga*, *V. costata*, *V. tenuilabris* és *T. hispida* dominancia értéke pedig csökken. Színesíti a faunaképet a *Punctum pygmaeum* és a *Helicopsis striata* néhány egyede. A minta összegyedszáma 58 darab. 88 és 84 cm között ismét a *S. oblonga* dominanciája a legmagasabb (30%), a *P. triplicata* 15%, míg a *C. tridens* és a *T. hispida* aránya 10-10%. A *V. costata* dominancia értéke kissé magasabb (11,67%). A szelvény ezen szakasza 60 egyedet tartalmaz. A következő mintában (84-80 cm) ismét feltűnik a *Helicella obvia* és a *Pupilla sterri*, amely magas dominanciát ér el (14,93%). Ugyanakkor a *P. triplicata* is hasonló (13,43%) aránnyal szerepel. A legnagyobb értéket ismételten a *S. oblonga* (20,90%) produkálja, ezt követi a *C. tridens* 17,91%-kal. A *V. tenuilabris* és a *T. hispida* 8-9% közötti dominancia értékkel rendelkezik. A minta összesen 67 molluszká egyedet tartalmaz.

6.1.9. A kilencedik paleohőmérsékleti horizont faunatartalma

80 és 76 cm között a 39 egyedet tartalmazó fauna 35,90%-át a *C. tridens* alkotja. 17,95%-os dominanciájú a *V. tenuilabris*, a *P. sterri* pedig 15,38%. A *S. oblonga* aránya visszaesik 10,26%-ra és a *T. hispida* is ekkora részt képvisel. Ezen kívül egy-egy héj került elő a *C. columella*, *V. costata* és a *C. dubia* fajokból. 76 és 72 cm között még mindig a *C. tridens* rendelkezik a legmagasabb értékkel, de aránya az előző mintához képest csökken (22,54%). Csökkenő sorrendben a második faj a *S. oblonga* (19,72%), ezt követi a *P. sterri* és a *T. hispida* azonos aránnyal (14,08%). Ismét feltűnik a *P. muscorum*, a *P. triplicata*, az *O. dolium* és az *E. fulvus*. A mintában összesen 71 egyed található. 72 és 68 cm között a *C. tridens*

aránya 34,55%, a *P. sterrié* 18,18%, a *S. oblongaé* 14,55, valamint a *V. tenuilabrisé* 12,73%. A *T. hispida* dominancia értéke visszaesik 7,27%-ra. A „kísérő fauna” a *C. columella*, a *P. muscorum*, a *V. costata*, a *N. hammonis*, az *E. fulvus* és a *B. fruticum* néhány egyedéből áll. A minta összesen 55 molluszka héjat tartalmaz. 68 és 64 cm között a *C. tridens* dominancia értéke 30,56%, a *T. hispidaé* 16,67%. A *S. oblonga* aránya 19,44%, míg a *V. tenuilabrisé* 11,11%. Találunk még *C. columellát* (2,78%), *P. muscorumot* (8,33%), *P. sterrit* (5,56) és *C. dubiát* (5,56%). A minta összdarabszáma 36. A szelvény 64 és 60 cm közötti szakaszán azonos aránnyal szerepel a *S. oblonga*, a *P. sterri*, a *V. tenuilabris* és a *C. tridens* (17,65%). A *T. hispida* dominanciája visszaesik 5,88%-ra és ugyanilyen értéket mutat a *C. columella* és a *P. muscorum*. Ebben a mintában összesen 34 egyedet találtam. 60 és 56 cm között a *S. oblonga*, a *P. muscorum* és a *T. hispida* aránya emelkedik, míg a *C. columella*, *P. sterri* és a *V. tenuilabris* csökkenő tendenciát mutat. Ismét megjelenik a *V. costata* néhány egyede. A következő mintában (56-52 cm) a *S. oblonga* dominancia értéke a legmagasabb (25,93%), ezt szorosan követi a *P. sterri* és a *T. hispida* 22-22%-kal. A „kísérő faunában” a *V. tenuilabris*nek (9,26%) és a *C. dubiának* (7,41%) van magasabb százalékos aránya. A minta összesen 54 egyedet tartalmaz. 52 és 48 cm között a *T. hispida* dominanciája a legmagasabb (26,56%), de csak kevéssel marad el tőle a *S. oblonga* (25%). A *P. muscorum* aránya (12,50%) növekedett az előző mintához képest. 9,38%-os a *V. tenuilabris*, a *C. tridens* aránya változatlan (6,25%). Az összegyedszám 64. A 48 és 44 cm közötti mintában a faunakép változatlan. Még mindig a *S. oblonga* (10,81%), *P. muscorum* (17,57%) és a *T. hispida* (35,14%) fajok rendelkeznek magasabb dominancia értékekkel. A *P. sterri* és a *V. tenuilabris* aránya 6,76%, a *C. columelláé* pedig 4,05%. A mintában található még *V. costata*, *C. tridens*, *C. dubia*, *N. hammonis*, *E. fulvus* és *H. striata* is. Ezen a 4 cm-es szakaszon összesen 74 egyedet tudtam meghatározni. 44 és 40 cm között a *T. hispida* aránya 25,76%, a *V. tenuilabrisé* 18,18%, majd ezt követi a *S. oblonga* 15,15%-kal. Az előző mintához képest magasabb a *P. sterri* dominanciája (10,61%), míg a *P. muscorumé* csökken (9,09%). A *C. columella* és az *E. fulvus* 6,06%-6,06%-ot képvisel a faunából, a *C. tridens* pedig 4,55%-ot. Egy-egy egyeddel szerepel a *V. costata*, a *C. dubia* és a *V. pellucida*. Az összdarabszám 66. 40 és 36 cm között a fauna összetétele és az egyes fajok dominancia aránya nagyon hasonló az előző mintához, csak a darabszám csökken közel a felére (66-ról 36 darabra). A *C. columella* és a *P. sterri* értéke visszaesik, a *C. dubiáé* viszont nő. A következő mintában (36-32 cm) az összegyedszám tovább csökken (20 darab) és a faunakép nagyon szegényes. 30%-os dominanciájú a *T. hispida*, 20% az *E. fulvus*, 15% a *S. oblonga*. A minta 15 százaléknyi pontosabb határozásra alkalmatlan *Vallonia* töredéket tartalmaz, valamint találunk *P. sterrit* 5%-os aránnyal. A szelvény 32 és 28 cm között 3 faj 9 egyedet tartalmazza. *T. hispida*

44,44%, *S. oblonga* 33,33% és *V. tenuilabris* 22,22%. A következő minta (28-24 cm) szintén 9 egyedet tartalmaz, azonban ez 6 faj között oszlik meg. A *V. tenuilabris* aránya 44,44%, ezen túl egy-egy darabot találtam a *S. oblonga*, *P. muscorum*, *V. crystallina*, *E. fulvus* és a *H. obvia* fajokból. 24 és 20 cm között a darabszám 5-re csökken. Ebből 40%-ot a *S. oblonga* képvisel, míg fajonként 20%-kal szerepel a *V. tenuilabris*, a *C. dubia* és a *H. obvia*. A szelvény 20 és 16 cm közötti szakaszán mind a fajszaám, mind a darabszaám növekszik. Megjelenik a *Cepaea vindobonensis* néhány egyede. Legdominánsabb a *V. tenuilabris* (36,36%), ezt követi a *V. crystallina* 18,18%-kal. A „kísérő fauna” *G. frumentum*, *C. tridens*, *E. fulvus* és *T. hispida* fajokból áll. 16 és 12 cm között 3 faj 7 egyedét találtam. Ennek több, mint a fele *C. tridens* (57,14%). A *H. obvia* 28,57%, míg a *V. tenuilabris* 14,29%. 12 és 8 cm között még mindig a *C. tridens* (38,46%) aránya a legmagasabb, ezt követi a *H. obvia* 23,18%-kal. Magasabb dominancia értéke van még a *C. vindobonensis*-nek (15,38%). A mintában találunk még a *G. frumentum*, és a *P. muscorum* fajokból egy-egy egyedet (7,69%), valamint egy *Vallonia* töredéket. A szelvény következő 4 cm-es szakaszán (8-4 cm) összesen 25 molluszkát sikerült kinyerni az üledékből. Ennek 60%-a *C. tridens*, 8-8%-a *H. obvia*, *Vallonia* és *Truncatellina* töredék. A minta tartalmaz még *S. oblongát*, *G. frumentumot* és *N. hammonist*. Az utolsó mintában két faj 6 egyedét találtam: ebből 66,57% a *C. tridens* és 33,33% a *H. obvia*.

6.2. Az elemzés nyomán megrajzolt környezettörténeti kép

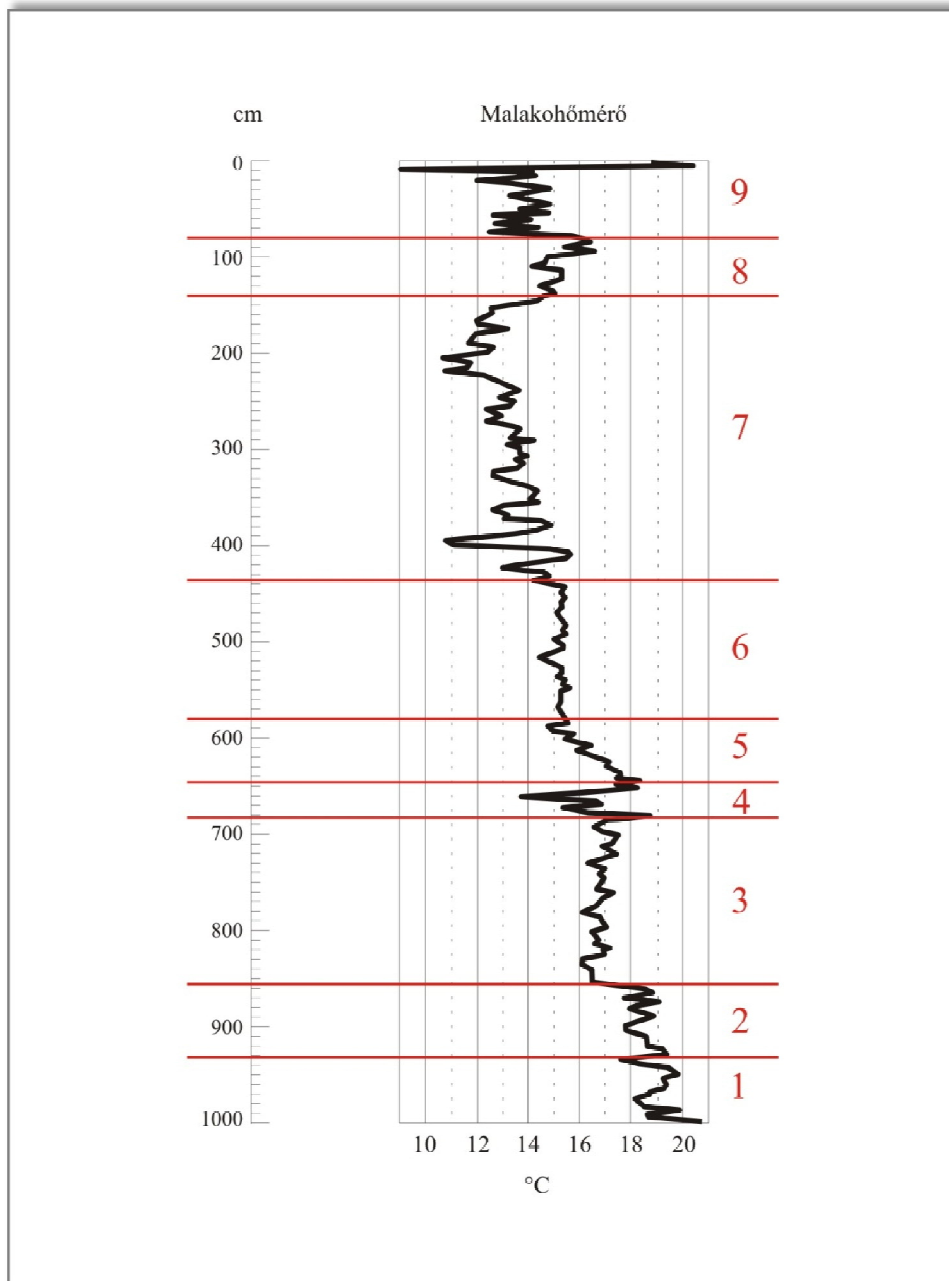
A malakológiai anyag meghatározása után következett a „malakohőmérő” (Sümegei, 1989, 1996/b) alkalmazása. Mint korábban már írtam, a módszerhez 16 faj adatait használhatjuk fel, ebből 13 megtalálható a szelvényben. Ezek a *Succinea oblonga*, *Granaria frumentum*, *Columella columella*, *Pupilla muscorum*, *Pupilla sterri*, *Pupilla triplicata*, *Vallonia costata*, *Vallonia tenuilabris*, *Clausilia dubia*, *Punctum pygmaeum*, *Vitrea crystallina*, *Trichia hispida* és a *Cepaea vindobonensis*. A könnyebb átláthatóság érdekében a 11. ábrán összesítve tüntettem fel az ökológiai csoportok dominancia értékeit, a „malakohőmérőt”, valamint a kijelölt horizontokat.

6.2.1. Az első paleohőmérsékleti horizont értelmezése

Ez a horizont 1000-932 cm között húzódik. Alacsony egyedszaámok mellett változatos faunát tartalmaz az üledék. Főként melegkedvelők és tágtűrűsűek alkotják, de megjelenik néhány hidegtűrő elem is (11. ábra). Fontos jellemzője ennek a szakasznak, hogy vízi fajokat is találunk benne.

A melegkedvelő *Pupilla triplicata* végig megtalálható a szintben és dominanciája folyamatosan emelkedik. A *Cochlicopa lubricella*, *Granaria frumentum*, *Chondrula tridens*

és a *Helicopsis striata* jelenléte nem folyamatos, de részesei a faunának. A szakasz felső részén megjelenik a *Bradybaena fruticum* is.



10. ábra: A rekonstruált júliusi középhőmérsékleti értékek és a paleohőmérsékleti horizontok a szelvény mentén.

A hidegtűrők közül a *Succinea oblonga*, *Orcula dolium* és a *Trichia hispida* jelenléte sporadikus, csak néhány mintára korlátozódik.

A tágtűrészű *Pupilla muscorum* a szakasz második felében tűnik fel, a *Vallonia costata* azonban minden mintában megtalálható, de aránya pont ellentétesen változik, mint a *P. triplicatáé*. Elszórtan találunk még héjakat a *Punctum pygmaeum*, *Vitrea crystallina*, *Nesovitrea hammonis* és az *Euconulus fulvus* fajokból.

A vízi faunát *Valvata cristata*, valamint a *Pisidium* és a *Sphaerium* nemzetségbe tartozó kagylók alkotják.

A fajok alapján 18-20°C júliusi középhőmérséklet rekonstruálható, de a horizont felső részén ez 18°C alá csökken (10. ábra). Az alacsony darabszámok (2. melléklet) miatt részletes rekonstrukció nem végezhető, de elmondható, hogy az adatok szerint meleg, semlyékes (Miháلتz, 1953) környezet alakult ki a területen.

6.2.2. A második paleohőmérsékleti horizont értelmezése

A második horizont 932 és 856 cm között jelölhető ki. Még mindig alacsony egyedszámok (2. melléklet) mellett a vízi fajok eltűnnek a szelvényből. 892 cm-től a darabszámok 100 fölé emelkednek, ami stabilabb alapot biztosít az elemzéshez. A faunát főként melegkedvelők (40-80%) és tágtűrősűek (20-50%) alkotják. A hidegtűrők megjelennek, de arányuk nem számottevő (11. ábra).

A *C. lubricella* a zóna középső részén jelenik meg, aránya emelkedik, majd gyors csökkenésnek indul. A *G. frumentum* 876 cm-ig folyamatosan része a faunának, utána azonban eltűnik a mintákból. A *P. triplicata* magas dominanciával indítja a horizontot, majd aránya jelentősen csökken a szakasz közepéig, utána pedig ismét emelkedésnek indul olyannyira, hogy a horizont felső részén aránya meghaladja a 50%-ot. A *C. tridens* aránya fokozatosan növekszik, majd hirtelen drasztikusan lecsökken, mely egybeesik a *G. frumentum* eltűnésével. A *B. fruticum* aránya egyenletes a szakasz alsó felében, majd a *G. frumentum* és a *C. tridens*sel együtt néhány minta erejéig eltűnik az üledékből. A *H. striata* a horizont alsó és felső szakaszán található meg a mintákban.

A hidegtűrők közül a *S. oblonga* és a *Discus ruderatus* egyszerre jelenik meg a horizont középső részén, de ezt követően hiányoznak a szelvény ezen szakaszán. A *T. hispida* több mintában előfordul, de jelenléte még így is szórványosnak mondható.

A tágtűrősűek sokkal gyakoribbak a horizontban. A *P. muscorum* közepes dominancia értékkel indul, ezek után aránya csökken, majd a zóna felső részén ismét emelkedést tapasztalhatunk a fajjal kapcsolatban. Itt maximális értéke 45%. A *V. costata* dominancia görbéje pont ellentétes ezzel. Alacsony értékről indul, majd gyors emelkedés érzékelhető a *P. muscorum* visszaesésével párhuzamosan, végül aránya a horizont felső részén ismét lecsökken. A *P. pygmaeum* előfordulása hasonló a *V. costata*éhoz: egy kisebb dominancia csúcs rajzolódik ki, melynek maximuma a szakasz közepére tehető, ezután aránya gyorsan csökken. A *V. crystallina* csak néhány kezdeti mintában fordul elő, majd eltűnésével párhuzamosan megjelenik a *N. hammonis*, de jelenléte csak sporadikus. Az *E. fulvus* is csak a

szakasz feléig részese a faunának. Az utóbbi négy tágtűrészű faj (*P. pygmaeum*, *V. crystallina*, *N. hammonis*, *E. fulvus*) eltűnése jó egyezést mutat a szárazságtűrő és melegkedvelő elemek magasabb dominanciájával.

A júliusi középhőmérséklet a horizont alján még 19°C feletti, de 900 cm-nél 18°C alá süllyed. Ezt követően ismét emelkednek az értékek és a zóna felső részében 18°C és 19°C között ingadozik (10. ábra). A fauna és a „malakohőmérő” alapján a horizont alsó részében meleg, de magasabb páratartalmú volt a tenyésztidőszak, majd ezt egy szintén meleg, de már szárazabb periódus követte a területen.

6.2.3. A harmadik paleohőmérsékleti horizont értelmezése

856 és 684 cm között találjuk ezt a zónát. A fauna főként tágtűrészűekből áll (50-60%). A hidegtűrő fajok dominanciája növekszik (maximum 20%), ezzel párhuzamosan a melegkedvelők aránya jelentősen lecsökken az előző horizonthoz képest (11. ábra).

A melegkedvelők közül a *C. tridens* kivételével a dominancia értékek csökkennek. A *C. lubricella* és a *G. frumentum* aránya a horizont alsó szakaszán 1-2%, majd el is tűnnek a szelvényből. A *P. triplicata* dominanciája 5-20% között változik és több kisebb csúcsot, valamint visszaesést produkál a horizontban. A *C. tridens* aránya kezdetben csak 1-2%, majd folyamatos emelkedésnek indul. 828 és 820 cm között egy kisebb (11-13%), 788-772 cm között pedig egy jelentősebb (24-34%) dominancia csúcsot tapasztalhatunk. Ezt követően aránya lecsökken 10-15%-ra. A *B. fruticum* görbéje hasonló a *C. tridens*éhez: aránya folyamatosan emelkedik a horizont közepéig (2-3%-ról 13%-ra), majd hirtelen csökkenésnek indul. A szakasz végére aránya 1% körül mozog. A *H. striata* csak a zóna felső részében (748 cm-től) jelenik meg és ér el számottevő dominanciát.

Megjelenik az üledékben néhány *V. tenuilabris* héj, ezt leszámítva azonban más hidegkedvelő faj nem került elő a szelvény ezen szakaszából.

A hidegtűrők közül a *S. oblonga* a kezdeti mintákban egy kisebb dominancia csúcsot produkál, majd jelenléte sporadikussá válik, és szinte teljesen eltűnik. A *T. hispida* folyamatosan megtalálható a zónában, de dominancia görbéje ingadozó. 10-15%-os aránnyal szerepel a horizont alsó részében, majd ez 5% alá csökken. Ezt követően egy kisebb dominancia csúcsot (33%) ér el 800 cm-nél, de a következő mintákban ismét visszaesik az aránya és a fauna 5-10%-át alkotja.

A tágtűrészű *P. muscorum* dominancia görbéjén két nagyobb (856-848 cm, 736-724 cm) és egy kisebb (792-784 cm) csúcsot tapasztalhatunk. Ezek között aránya 10% alá süllyed. A *V. costata* a horizont leggyakoribb faja. Igen magas dominancia értékekkel szerepel az

üledékben, minimális aránya 25%. A zóna felső határán éri el legnagyobb dominanciáját (64,30%) a szelvényben. A *P. pygmaeum* csak a horizont alsó részében (856-792 cm) fordul elő, ott viszont egy 20-35% közötti dominancia csúcsot ér el, majd eltűnik a faunából. A *V. crystallina* szintén csak ebben a tartományban szerepel, aránya 10% alatti. A *N. hammonis* három kisebb (844-836 cm, 784-776 cm, 692-688 cm) és két nagyobb (816-808 cm, 764-740 cm) dominanciaemelkedést ér el. A kisebbek 6-9%, míg a nagyobbak 10-16%-os értékűek. Aránynövekedései szinte teljesen egybeesnek a *P. triplicata* visszaeséseivel. Érdekesség még, hogy a *P. pygmaeum* dominancia csúcsával párhuzamosan megjelenik a mintákban a *Vitrina pellucida* és a *V. tenuilabris*, majd a *P. pygmaeum*mal együtt tűnnek el az üledékből.

A júliusi középhőmérsékleti értékek kiegyenlítették a szintben, végig 16 és 18°C között maradnak (10. ábra). Az előző horizonthoz képest enyhe lehűlés tapasztalható, itt egyszer sem éri el a 18°C-ot. A fauna összetétele és a hőmérő adatai alapján kisebb lehűlés vette kezdetét ebben az időszakban. Az enyhe vegetációs periódus több faj megtelepedésének kedvezett a területen.

6.2.4. A negyedik paleohőmérsékleti horizont értelmezése

Ez a szakasz igen rövid (684-648 cm). Jellegzetessége, hogy a minták darabszáma nagyon alacsony. Faunája kevert, mind a négy ökológiai csoport képviselteti magát (11. ábra).

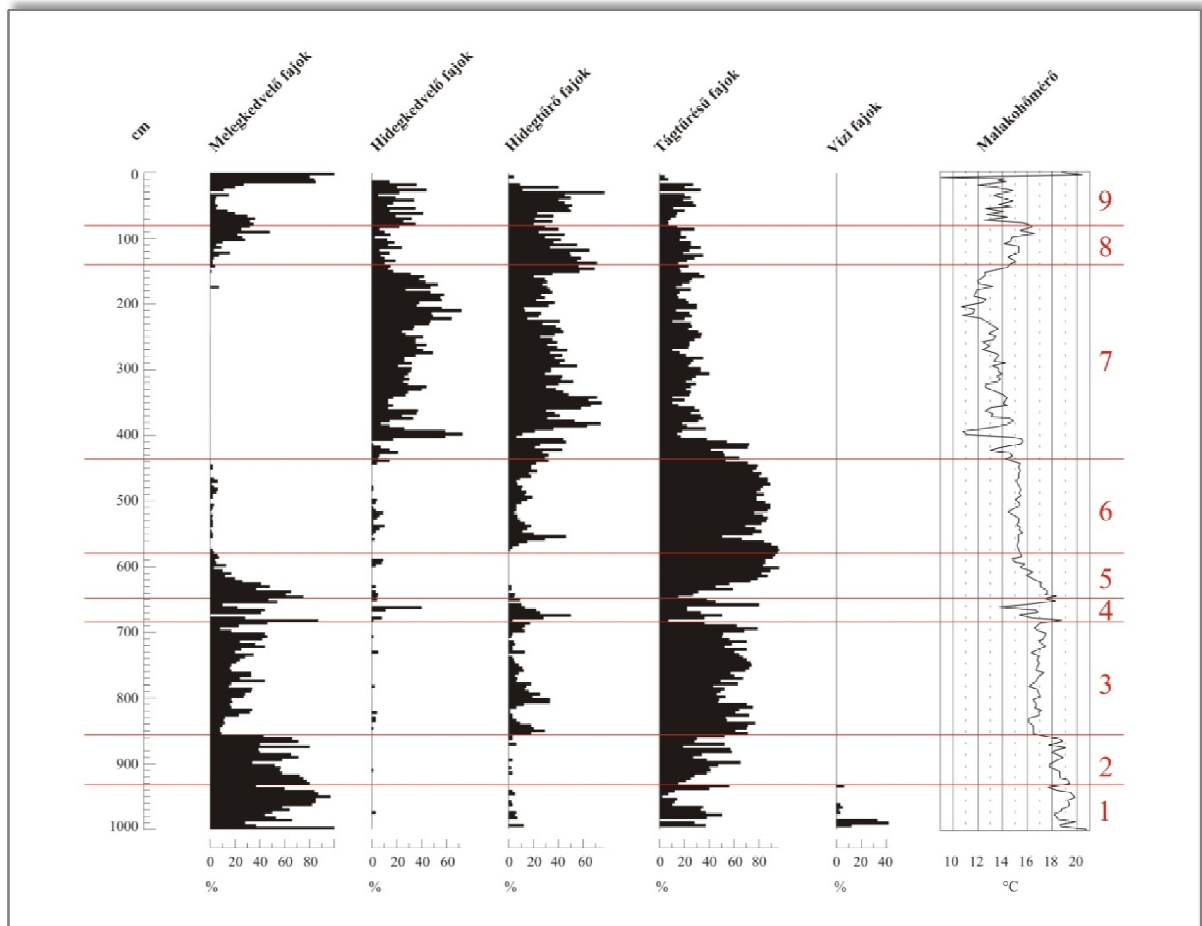
A melegkedvelő *P. triplicata* háromszor ér el magas arányt. A *C. tridens* dominanciája némileg visszaesik az előző horizonthoz képest. A *H. striata* követi a *P. triplicata* arányváltozásait: magas dominancia értékkel indít, majd a horizont közepén és felső részén újabb növekedést produkál.

Megjelenik a hidegkedvelő *Columella columella* és ismét feltűnik a *V. tenuilabris*, de jelenlétük nem folyamatos. A hidegtűrők közül a *S. oblonga* és a *T. hispida* fordul elő a mintákban. A *T. hispida* aránya kezdetben emelkedik, majd csökken és a horizont felső részén szinte el is tűnik az üledékből.

A *P. muscorum* csak a zóna felső részén található, megjelenése után dominanciája emelkedésnek indul. A *V. costata* aránya ugyan ingadozik, de minden mintában szerepel. Erre a szakaszra tehető a tágtűrészű *Clausilia dubia* első megjelenése. A *P. pygmaeum* jelenléte egybeesik a *S. oblonga*éval és ugyanez jellemző a *N. hammonis*ra is. A *V. crystallina* csak néhány mintából került elő a horizont közepén. Az *E. fulvus* dominanciája emelkedik az előző zóna felső részéhez képest.

A júliusi középhőmérséklet 14 és 18°C között változott. A horizont elején megközelíti a 19°C-ot, majd hirtelen lecsökken 15,5°C-ra. Ezt egy újabb emelkedés követi 16,7-16,9°C-ig.

Ezek után drasztikus csökkenés tapasztalható (14°C), ahonnan ismét 18°C-ra emelkedik a görbe. Természetesen ezek a komoly változások csak részben tükrözik a valóságot, ugyanis az alacsony darabszámok (2. melléklet) miatt az értékek nagyon szélsőségesek. Jól megfigyelhető, hogy az egyedszámok növekedésével a „malakohőmérő” görbéje is stabilabbá válik (10. ábra).



11. ábra: A madarasi szelvény ökológiai csoportjainak dominancia lefutása, a „malakohőmérő” és a paleohőmérsékleti horizontok.

6.2.5. Az ötödik paleohőmérsékleti horizont értelmezése

648 és 580 cm között jelölhető ki az ötödik horizont. A darabszám gyorsan emelkedik (2. melléklet) és az előző szakasszal ellentétben itt találjuk a legmagasabb egyedszámokat a szelvény mentén (608-604 cm – 3142 db, 604-600 cm – 3074 db). A melegkedvelők aránya fokozatosan csökken a zónában (60%-ról 10% alá), ugyanakkor a tágtűrésűek egyre gyakoribbá válnak (20%-ról 80%-ra emelkedik a görbe). Hidegkedvelő fajok a horizont elején és a végén jelentkeznek (11. ábra).

A melegkedvelők közül a *P. triplicata* aránya fokozatosan csökken (27%-ról 6%-ra). A *C. tridens* aránya azonban kezdetben emelkedik. Nagyon alacsony dominancia értékkel indul a horizont elején (1%), majd néhány minta alatt eléri a 20%-ot. Hasonló gyorsasággal csökken

az aránya, így 600 cm után eltűnik az üledékből. A *B. fruticum* és a *H. striata* dominancia görbéjén fokozatos aránycsökkenés figyelhető meg ugyanúgy, mint a *P. triplicata* esetében. Annyi különbség azonban van, hogy ezek a fajok már a szakasz második felében hiányoznak.

A *C. columella* két minta kivételével megtalálható a horizontban. Aránya kezdetben 5%, majd ez lecsökken 1% alá. 600 cm után azonban mennyisége növekszik 2-3 minta erejéig. Itt eléri a 10%-ot, ez után dominanciája azonban nagyon lecsökken és a horizont felső része után el is tűnik a szelvényből. A *V. tenuilabris* néhány százalékos dominanciával szerepel a szakasz kezdetén, majd jelenléte sporadikussá válik.

A *S. oblonga* a kezdeti mintákban még megtalálható, de aránya már nagyon alacsony, végül 624 cm után már hiányzik az üledékből. A *T. hispida* csekély dominanciával, de végig jelen van a szelvényben.

A tágtűrészű *P. muscorum* 4-6%-kal indul a horizontban, majd jelenléte megritkul, sporadikussá válik. A *V. costata* aránya először emelkedik (~10%-ról 35-40%-ig), majd dominancia értéke fokozatosan csökken, a szakasz felső határán már csak 1-2%. A *C. dubia* jelenléte a horizont elejére és végére tehető, de aránya alig haladja meg az 1%-ot. A *V. crystallina* szinte teljesen hiányzik, csak 600 cm felett jelenik meg a szelvényben. A *N. hammonis* dominancia értékeinek változása nagyon hasonlatos a *V. costata* arányának alakulásához. Ennél a fajnál is megfigyelhető egy fokozatos növekedés majd az azt követő csökkenés, csak szerényebb százalékos értékekkel. Az *E. fulvus* dominanciája 5%-ról megközelítőleg 25%-ra emelkedik. A *V. pellucida* megjelenése ismét a *P. pygmaeum*-hoz köthető, mely a szakasz legdominánsabb faja. Aránya kezdetben 2%, de a horizont felső részén már meghaladja a 70%-ot.

A „malakohőmérő” értékei fokozatosan csökkennek 18°C-ról 15°C-ra (10. ábra). Ezt a csökkenést csekély hőmérséklet emelkedések törik meg, de ezek a növekedések egyre kisebb mértékűek, így nem tudják ellensúlyozni a folyamatos lehűlést. A melegkedvelők csökkenése és a hidegtűrők megjelenése hűvösebb klímát jelez. Ugyanakkor a tágtűrészű, nedvességkedvelő elemek (*P. pygmaeum*, *V. crystallina*, *N. hammonis*, *E. fulvus*) arányának növekedéséből nemcsak lehűlésre, hanem magasabb páratartalomra is következtethetünk a területen.

6.2.6. A hatodik paleohőmérsékleti horizont értelmezése

A hatodik horizontban (580-436 cm) a tágtűrészű fajok aránya 80%, mellettük csak a hidegtűrőknek van viszonylag magasabb dominanciája. A melegkedvelők aránya nagyon lecsökken, a hidegkedvelő fajok körülbelül 10%-kal részesednek a faunából (11. ábra).

A melegkedvelők minimális arányban szerepelnek: újra feltűnik a *Cochlicopa lubricella* 1-6%-os aránnyal. Ezen kívül csak a *B. fruticum* néhány egyedét (1-2%) találtam a mintákban. A *P. triplicata* csak a kezdeti mintákban szerepel, 564 cm után eltűnik az üledékből.

Hidegkedvelők közül csak a *V. tenuilabris* került elő a horizont középső részén. Maximális dominancia értéke ezen a szakaszon 10%.

A hidegtűrők közül a legdominánsabb a *T. hispida*. Átlagosan 5-10% között mozog, de egy nagyobb (560-552 cm) és két kisebb (504-484 cm, 464-440 cm) emelkedés tapasztalható a görbén. Az *Orcula dolium* néhány kezdeti mintát leszámítva végig jelen van a horizontban 1-3%-os dominancia értékkel. A szakasz alsó részén (552-512 cm) éri el maximális dominanciáját a szelvény mentén (8%) a *Discus rudtatus*.

A tágtűrűsök és egyben a horizont leggyakoribb faja a *P. pygmaeum*. A kezdeti mintákban (580-560 cm) aránya nagyon magas: 50-72%. Ezek után csökkenés figyelhető meg (15-25%), majd 540 cm-től ismét emelkedik az aránya – 512 és 500 cm között 50% - majd visszaesik 26%-ra (488-484 cm). Érdekes, hogy ismét gyors növekedésnek indul és 472-468 cm között egy második dominancia csúcsot ér el 62,21%-kal. Ezt az emelkedést ismét csökkenés követi, a horizont felső részén már csak 15%-át adja a faunának. A *V. crystallina* folyamatosan jelen van a horizontban átlagosan 10%-kal, dominancia értékei a *P. pygmaeum* arányával fordítottan változnak: amikor annak aránya magas, a *V. crystallina* értéke alacsony, míg a *P. pygmaeum* csökkenésekor a *V. crystallina* dominanciája emelkedik. Ennek megfelelően 4 csúcsot (564-556 cm, 540-532 cm, 492-476 cm, 456-440 cm) és 4 visszaesést lehet kimutatni a szelvény ezen részén. Ez a faj is ebben a szakaszban éri el maximális dominanciáját (488-484 cm között 23,67%). A *N. hammonis* jelenléte jóval kiegyenlítettebb, 2-5% között ingadozik a horizontban. Az *E. fulvus* szerényebben, de követi a *V. crystallina* dominancia változásait. Átlagosan 6-8%-át adja a faunának, de ezt az értéket négyszer meghaladja a *V. crystallinával* párhuzamosan. A *V. pellucida* nagyjából követi a *P. pygmaeum* dominancia értékeinek ingadozását. A faj ebben a horizontban fordul elő legnagyobb számban, maximális dominanciáját is itt éri el 476-472 cm-nél (12,22%). A szelvény mentén itt fordul elő a *Semilimax semilimax* néhány egyede, valamint a horizont felső részén találunk *Arianta arbustorum* héjakat is.

A paleohőmérsékleti adatok nagyon kiegyenlítettek (10. ábra), átlagosan $15 \pm 1^\circ\text{C}$. A horizont feltehetően egy lehülési hullámot megelőzően alakult ki, változatlanul magasabb páratartalmi viszonyok mellett.

6.2.7. A hetedik paleohőmérsékleti horizont értelmezése

A hetedik szakasz 436 és 140 cm között jelölhető ki a szelvényben. A melegkedvelők teljesen eltűnnek az üledékből, a tágtűrésűek dominanciája is jelentősen visszaesik (10-30%). Karakterelemek a hidegkedvelők (10-60%) és a hidegtűrők (10-40%). A tágtűrésű fajok jelenléte kiegyenlített (11. ábra). A hidegtűrők inkább a horizont alján, a hidegkedvelők pedig a felső részén dominánsabbak. Öt csúcsot lehet kimutatni a hidegkedvelők összesített görbájén, ez természetesen a „malakohőmérőn” is érzékelhető (10. és 11. ábra).

A *Columella columella* 408 cm-ig hiányzik a mintákból, utána azonban folyamatos a jelenléte és 1 nagyobb (404-392 cm között), valamint 6 kisebb (376-364 cm, 332-324 cm, 308-300 cm, 276-268 cm, 252-248 cm, 196-184 cm) dominancia csúcsot ér el. A nagy egyben a szelvény menti dominancia maximuma is: 59,64%. A kisebb csúcsoknál a fauna 23-35%-át adja ez a faj. A *Pupilla sterri* 332 cm-nél jelenik meg az üledékben. Aránya 1-2%, de 3 dominanciaemelkedés figyelhető meg a horizontban, melyek viszonylag jó egyezést mutatnak a *C. columella* görbájének kisebb csúcsaival. A *V. tenuilabris* jelentős dominanciát ér el a szelvény ezen részén. A *C. columella*-ra és a *P. sterri*-re jellemző karakteresebb csúcsokat nem produkál, jelenléte kiegyenlítettebb. Nagy általánosságban folyamatosan növekszik az aránya, 224 és 204 cm között meghaladja a 40%-ot, 212 és 208 cm között pedig eléri dominancia maximumát (61,43%). Ezt követően aránya csökken körülbelül 10%-ra.

A hidegtűrők is jelentős dominancia értékeket produkálnak. Ismét megjelenik a *Succinea oblonga*. Aránya 10% és 30% közötti. Dominancia görbéje a horizont alsó felében nagyjából követi *C. columella* ingadozásait, de a szakasz második felében ez a kapcsolat megszűnik, a *V. tenuilabris* magas dominanciájával párhuzamosan aránya lecsökken. Az *O. dolium* és a *D. ruderatus* is megtalálható, de jelenlétük sporadikus. A *T. hispida* görbéje is ingadozó (5-50%), ez is követi a *C. columella*-ét, de pont fordítottan. Amikor a *C. columella* aránya lecsökken, akkor a *T. hispida* dominanciája emelkedik. Ennek megfelelően a szakasz alsó felében 3 csúcsot ér el (424-420 cm, 388-380 cm, 356-340 cm), ebből az utolsó egyben a szelvény menti dominancia maximuma is (59,87%). A horizont második felében már csak kisebb értékű csúcsok vannak. Erre a fajra is jellemző, hogy a *V. tenuilabris* magas dominanciája során aránya lecsökken.

A tágtűrésűek aránya lecsökken. A *P. muscorum* alacsony dominanciával (maximum 10%) van jelen a horizontban, de görbéje szintén fordítottan követi a *C. columella*-ét. A *V. costata* eltűnik a mintákból, csak a szint felső részén jelenik meg újra nagyon alacsony dominancia értékekkel. A *C. dubia* jelenléte folyamatos, melyben három kisebb (12-17%) és egy nagyobb (30,21%) maximumot produkál. A kisebbek (364-360 cm, 308-304 cm, 256-252 cm) jó

egyezőt mutatnak a *C. columella* dominancia csúcsokkal. A *P. pygmaeum* jelentősen veszít korábbi magas százalékos arányából, csak sporadikusan, 1-2%-os dominancia értékkel jelentkezik a horizontban. *V. crystallina* héjak a szakasz elején (436-404 cm) és a felső részén (192-144 cm) kerültek elő az üledékből. Az alsóbb megjelenése még szorosan kapcsolódik az előző horizonthoz, sőt, aránya emelkedik (maximum 21% 420 és 416 cm között) ezek után már csak néhány mintában fordul elő. Ehhez képest a szakasz felső részén dominancia értéke nagyon alacsony (maximum 1,62% 160-156 cm-nél). Teljesen más az *E. fulvus*. Végig megtalálható a horizontban, sőt itt éri el maximális dominanciáját a szelvény mentén (40% a 436 és 432 cm közötti mintában). Ezek után aránya lecsökken 10% és 20% közé. Jelentősebbnek mondható dominancia csúcsot nem lehet kimutatni az adatokban, leszámítva egy kisebb növekedést 376 és 356 cm között, ahol értéke 20% fölé emelkedik.

A horizont őshőmérsékleti adatai sokkal változékonyabbak, mint az eddigi szakaszok esetében (10. ábra). Kisebb-nagyobb hőmérséklet csökkenések és emelkedések váltják egymást, mégis egy általános lehűlés a jellemző, ugyanis az emelkedések mértéke fokozatosan mérséklődik a horizontban. 410 cm-nél még 15,5°C, majd gyorsan csökken, 400 cm-nél már csak 10,7°C a középhőmérséklet. Ezt követően ismét emelkedés tapasztalható, 380 cm-nél megközelíti a 15°C-ot a görbe vonala. Ezek után újabb süllyedés figyelhető meg, 364 cm-nél 12,5°C. A következő „melegedés” 344-348 cm között már csak 14,2°C-ig emeli a hőmérsékletet. Ezek után ismét csökkenés tapasztalható: 330 cm körül 12,5°C. Majd 316 cm-ig újabb emelkedés (13,8°C) következik. 270 cm-ig 13 és 14°C között ingadozik a hőmérséklet. 270 és 260 cm között 13°C és 12°C közé süllyednek az értékek, majd 240 cm-ig ismét 13°C és 14°C lehetett a tenyészidőszakban. Ezt követően ismét hőmérséklet csökkenés lép fel 204 cm-ig. Ekkor 10,5°C és 11,5°C közötti júliusi középhőmérsékleti értéket rekonstruálhatunk. Ezek után a „malakohőmérő” adatai szerint melegedés lép fel, bár ebben van még két kisebb visszaesés 196 és 184 cm, valamint 178 és 162 cm között. A horizont felső szakaszán már 15°C körüli hőmérsékletet tudunk megállapítani. Összegezvén elmondható, hogy a hűvös (hatodik horizont) vegetációs időszakot felváltotta egy hideg periódus, ahol tartósan 14°C alatt maradt a júliusi középhőmérséklet. Ezen belül kimutatható két „hideghullám”, melynek során még a 11°C-ot sem érte el a középhőmérséklet. Mindezek alapján egy markáns lehűlési ciklus alakulhatott ki az üledékképződés során.

6.2.8. A nyolcadik paleohőmérsékleti horizont értelmezése

Ez a zóna 140 és 80 cm között fejlődött ki. 128 cm-től a minták összesített darabszáma nagyjából 40 és 70 között ingadozik, azonban a faunáról mégis tudunk képet alkotni. A horizont érdekessége, hogy ismét megjelennek a melegkedvelő fajok, és felfelé haladva

dominanciájuk emelkedik. Ezzel párhuzamosan a hidegtűrőké csökken. A hidegkedvelőknél jelentős visszaesés tapasztalható, a tágtűrésűek arányában ugyanakkor jelentősebb változás nem történik (11. ábra).

A *Pupilla triplicata* néhány százalékról indul, majd 124 és 120 cm között egy kisebb (11,48%), 104 és 84 cm között pedig egy nagyobb (15-29%) dominancia csúcsot produkál. A *Chondrula tridens* aránya fokozatosan emelkedik (1-2%-ról 12%-ra). A horizont második felében megjelenik a *Granaria frumentum* és a *Helicopsis striata* is.

A hidegkedvelők jelentősen visszaszorulnak, de a *P. sterrit* kivéve nem tűnnek el a szelvényből. A szakasz közepén a *C. columella* dominanciájában egy kisebb emelkedés figyelhető meg (1-2%-ról 8-9%-ra), majd aránya újra lecsökken. A *V. tenuilabris* görbéje kiegyenlítettebb, folyamatosan 10-14% között van jelen a mintákban.

A hidegtűrők az előző horizonthoz képest nem sokat változtak. A *S. oblonga* a zónát dominancia maximumával indítja (54,61%), majd végig 15 és 30% között mozog. Az *O. dolium* is megtalálható, görbéje olyan, mint az előző szakaszban: kis mennyiségben, de felfeltűnik a területen. A *T. hispida* 40%-ról indul, de aránya fokozatosan csökken, a horizont felső részén már csak 10%.

A tágtűrésű *P. muscorum* dominanciája szintén nagyon hasonlatos az előző szintben tapasztaltnak képest. Aránya nem kiemelkedő, de jelenléte folyamatos. A hetedik horizont végén megjelenő *V. costata* dominanciája nagyjából 5-7% körül mozog. A *C. dubia* arányában sincs jelentős változás, a fauna legfeljebb 8%-át teszi ki. *P. pygmaeum* héjak összesen 3 mintából kerültek elő, arányuk nagyon alacsony. A *V. crystallina* ebben a szakaszban eltűnik az üledékből. A *N. hammonis* jelenléte folyamatos, de felfelé haladva aránya csökken. Az *E. fulvus* dominancia értéke 3-4%.

A horizont hőmérsékleti értékei (10. ábra) magasabbak az előzőnél. Folyamatos emelkedés figyelhető meg a szakasz közepéig: 116 és 104 cm között 15°C alá süllyed, majd ismét ingadozva ugyan, de emelkedik. A horizont felső részén már 16°C körüli értékeket tudunk rekonstruálni. A fauna összetétele és a „malakohőmérő” alapján az üledék egy lehűlés végén rakódott le. A melegedés ellenére a *C. columella*, *S. oblonga*, *C. dubia*, *N. hammonis* és az *E. fulvus* jelenléte alapján még mindig magasabb páratartalmú tenyészidőszakok alakultak ki ebben a szintben.

6.2.9. A kilencedik paleohőmérsékleti horizont értelmezése

80 cm-től jelölhetjük ki a szelvényben az utolsó paleohőmérsékleti horizontot. Faunája rendkívül kevert, a darabszámok pedig alacsonyak (2. és 3. melléklet). 44 cm-ig mintánként

nagyjából 50 feletti, ez után azonban 30 alatti az egyedek összesített száma. A melegkedvelők a szakasz közepén visszaszorulnak, majd előretörnek. A hidegkedvelők és hidegtűrők, valamint a tágtűrűsű fajok folyamatosan jelen vannak. A hidegtűrők a melegkedvelők aránycsökkenésével párhuzamosan elszaporodnak, majd a horizont felső részén mennyiségük lecsökken. A legfelső mintákat a melegkedvelők uralják, a többi ökológiai csoport visszaszorul (11. ábra).

Melegkedvelők közül a *G. frumentum* csak a legfelső 20 cm-en jelenik meg. A *P. triplicata* eltűnik a szelvényből, a *C. tridens* azonban folyamatosan jelen van az üledékben. A *Bradybaena fruticum* csak a horizont alsó részében található meg. 28 cm-nél megjelenik a *Helicella obvia* több, 20 cm-nél pedig a *Cepaea vindobonensis* néhány példánya.

A hidegkedvelő közül a *C. columella* és a *P. sterri* a zóna alsó felében még megtalálható, utána azonban eltűnnek a mintákból. A *V. tenuilabris* jelenléte folyamatos ugyanúgy, mint a hidegtűrő *S. oblonga* és a *T. hispida*.

A *P. muscorum* szintén megtalálható szinte az összes mintában, ezzel szemben a *V. costata* a horizont alsó felében fordul elő. A *C. dubia* és a *N. hammonis* 36 cm-ig fordul elő folyamatosan. A *V. crystallina* csak két helyről került elő a szakasz felső részén. Az *E. fulvus* pedig 16 cm-ig részese a faunának.

A paleohőmérsékleti adatok 56 cm-ig 12,5°C és 14,5°C között ingadozik, majd ezt követően 13°C és 15°C közötti hőmérséklet rekonstruálható (10. ábra). Ezt követően a rendkívül alacsony darabszámok miatt az adatok nem adnak reális képet a hőmérsékletről. A kevert faunataralom és a *H. obvia* megjelenése a tipikus „löszcsigák” mellett jelzi a minták bolygatottságát, így erről a horizontról pontosabb rekonstrukciót készíteni megítélésem szerint nem érdemes.

Összegzés

A 10 méteres löszfeltárás faanaelemzése alapján elmondható, hogy az üledék felhalmozódása meleg, csapadékos klíma alatt indult meg. Ezt követően a júliusi középhőmérsékletek 18°C alá süllyednek és a felső másfél méterig ingadozva ugyan, de tovább csökkennek (10. ábra). A meleg és csapadékos klímán először szárazodás lépett fel, ennek jelei 9 és 8,5 méter körül tapasztalhatóak. Ezután enyhe klimatikus viszonyok mellett (16-18°C közötti hőmérsékletek) folytatódott a löszképződés. Ezt egy rövid ideig tartó felmelegedés követte, majd ismét csökkent a hőmérséklet 15°C-ig. Ekkor már hűvösnek nevezhetjük a klímát, ugyanakkor a fauna összetétele és a zártabb növényzeti borítottságot igénylő fajok nagyarányú jelenléte (3. melléklet) alapján magas páratartalmat tudunk

rekonstruálni. Ezt a hűvös periódust egy erőteljesebb lehűlés követte, ekkor tartósan 14°C alatti hőmérséklettel kell számolnunk. A szakaszon belül két „hideghullám” mutatható ki, ekkor 11°C alá süllyedtek a júliusi középhőmérsékletek. A *Succinea oblonga*, *Columella columella*, *Orcula dolium*, *Clausilia dubia*, *Nesovitrea hammonis* és *Euconulus fulvus* tartós jelenlétéből ismételten magasabb páratartalmi viszonyokra következtethetünk (3. melléklet). Ezt az erőteljes lehűlést egy felmelegedés váltja, melynek során a hőmérsékleti értékek megközelítették a 17°C-ot, ugyanakkor az enyhe klimatikus viszonyokhoz ismételten magasabb nedvességtartalom társult. A szelvény záró szakaszában 12-15°C között ingadozott a hőmérséklet a vegetációs időszakban (10. ábra), végül elszaporodnak a melegigényes és szárazságtűrő elemek. Ez a zóna feltehetően egy átmeneti horizont egy része, melynek során melegebb és szárazabb klimatikus viszonyok alakulhattak ki.

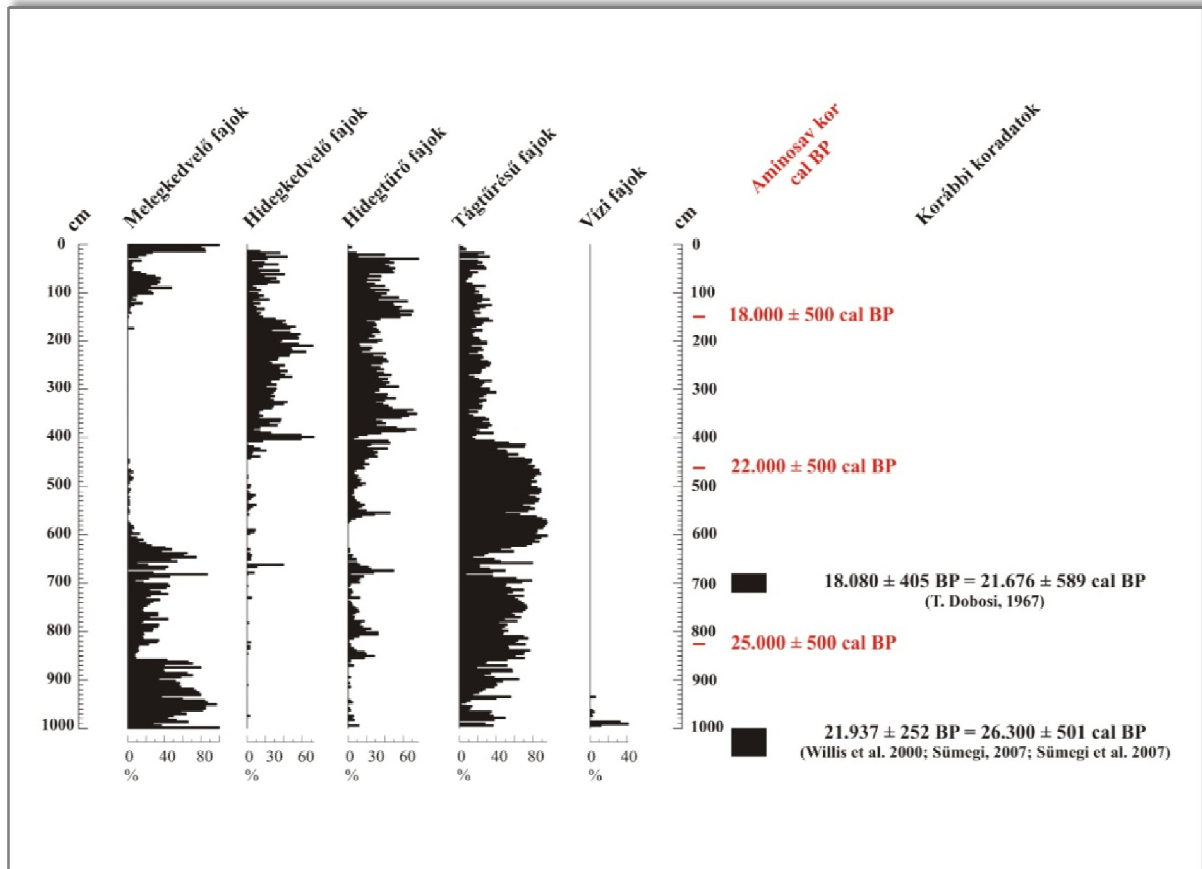
A szelvény nagy részére jellemző magas páratartalmi körülmények nem jelentenek feltétlenül nagyobb csapadékbevétele. A magasabb páratartalom és a fejlettebb növénytakaró kialakulása összefüggésben állhat a szelvény északi fekvésével.

6.3. A szelvény kora

2009 novemberében három mintából molluszkahéjakat küldött a SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszéke aminosav elemzésre. A mérést a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Kémiai-Biokémiai Tanszékének Analitikai Laboratóriumában, Dr. Csapó János vezetésével végezték. Csapó János több publikációt közölt az aminosavak alkalmazhatóságáról a kormeghatározásban (Csapó et al. 1994, 1998, 2008; Albert et al. 2006). Cikkei alapján a módszer jól használható fosszilis anyagok esetében. Kisebbségi mintaigényű, mint a radiokarbon elemzés, valamint akár 450-500.000 évig visszamenően is megfelelő módszer (Albert et al. 2006). A vizsgálat eredménye alapján – melynek kalibrációját Sümegi Pál végezte – a szelvény 828-824 cm közé eső része 25.000±500 cal BP naptári évnél, 464-460 cm közötti szakasza 22.000±500 cal BP naptári évnél, 152-148 cm-nél pedig 18.000±500 cal BP naptári évnél adódik (Csapó-Sümegi, 2012 – mérési jelentés). Az adatokat a 12. ábra tartalmazza, melynél az aminosav korok szerkesztése Sümegi Pál szóbeli közlése nyomán készült. A korábbi, T. Dobosi által publikált BP adatot (T. Dobosi, 1967) a www.calpal-online.de segítségével kalibráltam a könnyebb értelmezhetőség érdekében.

A koradatok alapján az átlagos ülepedési ráta 0,965 mm/évnél adódik. Ezek szerint a szelvény körülbelül 10.000-10.500 év alatt halmozódhatott fel. Az általunk alkalmazott 4 cm-es mintavételezéssel pedig 41,45 éves felbontásban vizsgálható az üledék és a malakológiai anyag. Természetesen ezek csak átlagos értékek, mivel a molluszkafauna és az aminosav

adatok alapján is egyértelmű, hogy az üledékképződés sebessége nem volt egyenletes. 826 cm és 462 cm között 1,21 mm/év, míg 462 cm és 150 cm között 0,78 mm/év az üledékképződési ráta. Mindezek alapján kijelenthetjük, hogy a madarasi löszfeltárás nagyon finom felbontásban őrizte meg a würm egy részének faunáját.



12. ábra: A madarasi löszszelvény koradatai (aminosav kor: Csapó-Sümegi, 2012 alapján)

Ha a korábbi radiokarbon adatokat (T. Dobosi, 1967; Sümegi-Krolopp, 1995; Willis et al. 2000; Sümegi, 2007; Sümegi et al. 2007) összevetjük a szelvény malakológiai eredményeivel, kor-, illetve más, független sztratigráfiai adatokkal, akkor azt láthatjuk, hogy a különböző adatok (malakológiai, radiokarbon) némileg eltérnek egymástól (12. ábra). Ezt a problémát két oldalról lehet megközelíteni: egyrészt a koradatok, másrészt a szelvény felől. A '90-es években a „nyers” radiokarbon adatok kalibrálása eltért az 1998-1999 utáni adatok kalibrálásától (www.atomki.hu/hekal/vizsgalati_eljarasok/radiokarbon_kormeghatarozas_hu). Ezek a különbségek okozhatnak némi eltérést. Másik tényező, hogy a madarasi löszfeltárás tulajdonképpen egy téglavető. Jelenleg már nem üzemel, de a régészeti feltárás során (1966-1974) aktív bányászat folyt a területen (T. Dobosi-Kőhegyi, 1989). Problémát jelent az is, hogy nem ismert az 1967-es radiokarbon mérés pontos helye (tengerszint feletti magasság, koordináták, pontos mélység) a szelvény mentén, csak egy 40 cm-es intervallum van megadva. Az 1989-es publikációkból kiderül (Vörös, 1989), hogy a régészeti feltárás idején a

bányatalp 10,00-10,50 méteren volt. Szerencsére Vörös azt is megadta, hogy itt húzódott egy csernozjomos fosszilis talajszint. Ez jó egyezést mutat az 1978-as szedimentológiai elemzés eredményeivel (Molnár-Krolopp, 1978). Vagyis ezek alapján a korábbi radiokarbon adatok helyesek, a jelenlegi szelvénnel azonban mégsem azonosíthatóak.

Véleményem szerint az ok a terület morfológiájában és a bányászatban rejlik. T. Dobosi Viola 1989-es cikkében fényképekkel és felszínrajzokkal szemlélteti a régészeti feltárás helyszínét. Fényképein jól látszik, hogy a kitermelés során a löszös hátat bontották meg, melynek eredeti felszíne É-Ény felé lejt. A bányászat során folyamatosan hátrált a fal D-DK felé. Így például a közel 30 éve 7 méter körül rögzített horizont és koradat a jelenlegi szelvényben nem használható, annak helye a szelvény magasabb pontján keresendő.

6.4. A malakológiai eredmények sztratigráfiai párhuzamosításai

Az alábbi alfejezetben a kinyert adatokat összevetem a felső-pleisztocénre kidolgozott regionális bio-, öko- és klímasztratigráfiai egységekkel (Sümei-Krolopp, 1995, 2002), valamint az észak-atlanti fűráselemzés nyomán lehatárolt globális rétegtani egységekkel (Bond et al. 1992, 1993; Johnsen et al. 1997; Shackleton et al. 2004). Az összesítő ábrát a 4. melléklet tartalmazza.

6.4.1. A biosztratigráfiai párhuzamosítás

A pleisztocént Krolopp 5 biozónára osztotta fel (Krolopp, 1983):

I. *Viviparus böckhi* biozóna

II. *Perforatella bidentata* biozóna

III. *Helicigona vertesi* biozóna

IV. *Helicigona banatica* – *Phenacolimax annularis* biozóna

V. *Bithynia leachi* – *Trichia hispida* biozóna

1. *Clausilia pumila* alzóna

2. *Helicopsis striata* alzóna

3. *Succinea oblonga* alzóna

4. *Catinella arenaria* alzóna

5. *Semilimax kotulai* alzóna

Az ötödik biozóna kronosztratigráfiailag a würmnek felel meg. Jellegzetessége, hogy olyan fajokat is találunk az egységben, melyek kihaltak, vagy a recens faunában már nem fordulnak elő. Az egyes biozónák finomabb tagolásával Sümei Pál foglalkozott (Sümei, 1989, 1995/b,

1996/b, 2005). Közös eredményeiket a témával kapcsolatban 1995-ben illetve 2002-ben publikálták (Sümegei-Krolopp, 1995, 2002). Az egyes szakaszok sztratigráfiai egységekké válását kellő számú koradat tette lehetővé. Ennek nyomán az utolsó 30.000 évet 9 paleoökológiai szakaszra – zonulára – lehet felbontani:

4. *Catinella arenaria* alzóna

4/1. *Granaria frumentum* – *Vallonia enniensis* zonula

4/2. *Pupilla triplicata* zonula

5. *Semilimax kotulai* alzóna

5/1. *Vallonia tenuilabris* zonula

5/2. *Vallonia costata* zonula

5/3. *Columella columella* zonula

5/4. *Punctum pygmaeum* – *Vestia turgida* zonula

5/5. *Pupilla sterri* zonula

5/6. *Columella edentula* zonula

5/7. *Vertigo antivertigo* – *Vertigo geyeri* zonula

Krolopp 1989-es munkájában a madarasi szelvényt a *Bithynia leachi* – *Trichia hispida* biozónán belül a *Catinella arenaria* alzóna felső-, és a *Semilimax kotulai* alzóna alsó részére helyezi.

A *Granaria frumentum* – *Vallonia enniensis* zonulát maihoz hasonló klímával és talajképződéssel jellemzik (Sümegei-Krolopp, 1995). Fontos taxonegyüttese a *Granaria frumentum*, *Pupilla triplicata*, *Vallonia enniensis* és a *Chondrula tridens*. A talajképződés nagyobb csapadékbevitelre utal, tehát meleg és nedves környezetet tudunk rekonstruálni. A madarasi szelvény 1000 és 900 cm közötti szakaszának faunatartalma (3. melléklet) és hőmérsékleti adatai (10. ábra) jó egyezést mutatnak ezzel a zonulával. Megtalálható a *G. frumentum*, *P. triplicata*, *C. tridens*, ugyanakkor magasabb páratartalmi igényű fajok (*Succinea oblonga*, *Vitrea crystallina*, *Nesovitrea hammonis*, *Punctum pygmaeum*) is előfordulnak ebben a horizontban. A magasabb csapadékbevitelt jól tükrözik a vízi taxonok is, melyek kisebb időszakos állóvizeket, semlyékeket jeleznek. A zonula az első paleohőmérsékleti horizontot és a második szakasz alsó részét foglalja magába (4. melléklet). A fauna összetétele valóban egy egység kijelölését indokolja, ugyanakkor a dominanciaváltozások és a „malakohőmérő” adatai alapján mégis két részre lehet bontani a szelvény ezen részét.

Ezt követően a fiatal löszös üledékekben egy még mindig meleg, de már száraz paleoökológiai szakasz következik, melyet leggyakoribb faja alapján *Pupilla triplicata zonulának* neveztek el (Sümegi-Krolopp, 1995). A madarasi löszfal estében 900 cm és 860 cm között találunk ennek részben megfelelő faunát. Az extrém száraz körülmények itt nem teljesülnek, de az előző szakaszhoz képest megfigyelhető a szárazodás. A *P. triplicata* és a *Vallonia costata* aránya magas, egyéb melegkedvelő és tágtűrésű fajokat is találunk, de a fauna összetétele szegényesnek mondható (3. melléklet), ami nyilvánvalóan összefüggésben áll a magasabb hőmérséklettel és az alacsonyabb páratartalommal. A középhőmérsékleti értékek 18°C feletti (10. ábra). A zonula a második paleohőmérsékleti horizont fiatalabb részével azonosítható, felső határa jó egyezést mutat a horizont határával (4. melléklet).

A következő zonula már a *Semilimax kotulai* szubzóna része. A leírás alapján a melegkedvelők visszaszorulnak és hideg-nedves klímát kedvelő fajok válnak uralkodóvá. Jelző taxonok a *Columella columella*, *Vallonia tenuilabris*, *Succinea oblonga*, *Columella edentula*, *Pupilla muscorum*, *Trichia hispida*. Ezt a szintet *Vallonia tenuilabris zonulának* nevezik (Sümegi-Krolopp, 1995). Ez az időszak hideg, kontinentális sztyepp kialakulását tette lehetővé. A zonula az alföldi löszterületek nagy részén kimutatható (Sümegi, 1989). A madarasi fauna esetében nem találunk jelentős lehülésre utaló nyomot, azonban 860 és 820 cm között megjelenik a *V. tenuilabris*, a *S. oblonga*, a *T. hispida* és a *P. muscorum* is, valamint a melegkedvelő fajok aránya jelentősen lecsökken (3. melléklet). Ezzel együtt a hőmérséklet csak 16°C-ig csökken, bár a szelvény alsó 3 méterénél itt a legalacsonyabb a júliusi középhőmérséklet (10. ábra). Vagyis drasztikus lehülés nem mutatható ki, ugyanakkor a szakasz faunája és a paleohőmérsékleti adatok arra utalnak, hogy változás állt be a terület klimatikus viszonyaiban. A zonula a harmadik horizont alsó részében jelölhető ki a dominancia értékek változása alapján (4. melléklet).

Ezt az időszakot egy enyhébb, csapadékosabb klímájú periódus követi. A hidegkedvelők visszaszorulnak, helyüket a tágtűrésű és a melegkedvelő fajok veszik át. A *Vallonia costata zonulában* (Sümegi-Krolopp, 1995) a névadó fajon kívül elterjedt a *Vallonia pulchella* és a *P. muscorum*, valamint az Alföld középső és déli részein megjelenik a *Granaria frumentum*. Esetünkben ezt a zonulát 820 és 690 cm között határolhatjuk le. A *V. costata* egyértelműen uralja a faunát, mellette a *P. triplicata*, *C. tridens*, *T. hispida* és a *P. muscorum* aránya mondható kissé magasabbnak. Szórtan és kis egyedszámban, de megtalálható a *G. frumentum* is. A harmadik horizont nagyobbik, fennmaradó részével azonosítható ez a zonula (4. melléklet).

A következő periódust ismét a hidegkedvelők uralják. A felső-würm egyik hidegmaximumának nevezik a *Columella columella zonulát* (Sümegei-Krolopp, 1995). A madarasi faunában az előző zonulához képest ez csak egy vékony horizont 690 és 650 cm között. Megjelenik a *C. columella*, a *V. tenuilabris*, valamint a magasabb páratartalmi viszonyokat jelzi a *Succinea oblonga*, a *Vitrea crystallina*, a *Punctum pygmaeum* és az először megjelenő *Clausilia dubia*. Ugyanakkor a melegkedvelők nem tűnnek el teljesen a szelvényből. A középhőmérsékleti értékek nagyon ingadoznak ebben a szakaszban (10. ábra), ráadásul ehhez alacsony egyedszám társul (2. melléklet). A negyedik paleohőmérsékleti horizont és a zonula tökéletesen fedik egymást (4. melléklet).

A soron lévő újabb szakasz során enyhe és csapadékos klimatikus körülmények alakultak ki, ami kedvezett a zártabb növénytakarót igénylő fajok elterjedésének, a talajképződésnek és az erdőssztyepp típusú vegetáció térhódításának a Dél-Alföldön (Sümegei-Krolopp, 1995). A zonula legdominánsabb faja a *Punctum pygmaeum*, a kísérőfauna elemei: *Vestia turgida*, *Orcula dolium*, *Discus ruderratus*, *Clausilia dubia*, *Vitrina pellucida*, *Semilimax semilimax*, *S. kotulai*, *Arianta arbustorum*, *Vertigo alpestris*, *Mastus venerabilis*. A *Punctum pygmaeum-Vestia turgida zonula* típuslelőhelye Szeged-Öthalom I. szelvény, ahol mintegy 50 cm-es kifejlődésben tanulmányozható a fauna. Esetünkben egy nagyon jól fejlett horizonttal állunk szemben, mely 650 cm-től 440 cm-ig jelölhető ki. Ez magyarázható a terület eddig is magasabb páratartalmi viszonyaival. Egy eleve nedvesebb környezetben hamarabb teret nyernek az enyhe, csapadékos klímát kedvelő fajok, valamint eltűnésük is későbbre tehető, mint egy szárazabb területen. A *P. pygmaeum* dominanciája több esetben meghaladja a 60%-ot. Ezen túl a kísérőfaunában megtaláljuk a fejlettebb növényzeti borítottságot igénylő fajokat is: *O. dolium*, *D. ruderratus*, *C. dubia*, *V. crystallina*, *V. pellucida*, *S. semilimax*, *A. arbustorum* (3. melléklet). A hőmérsékleti viszonyok rendkívül kiegyenlítették: $15\pm 1^{\circ}\text{C}$ (10. ábra). A zonulát a Ságvár-Lascaux mikrointerstadiálissal szinkronizálják (Sümegei et al. 1998; Sümegei-Krolopp, 2000/a; Krolopp-Sümegei, 2002). A körülbelül 3000 évet átfogó ciklus tulajdonképpen kétosztatú (Krolopp-Sümegei, 1991, 2002; Hum, 1998, 1999; Sümegei-Krolopp, 2000/b, 2001/a; Krolopp, 2001). A *P. pygmaeum* magas dominanciája visszaszorul és helyét *V. tenuilabris*, *T. hispida* és *P. muscorum* veszi át egy rövidebb szakaszon, majd ezt követően a *P. pygmaeum* aránya ismét emelkedésnek indul (Krolopp, 2001). Ebből az következik, hogy a hosszabb csapadékos, enyhe klímát megszakította egy rövidebb lehűlés, melynek során a vegetáció is változott. Ezt a madarasi szelvényben kijelölhető horizont megerősíti, ugyanis 560 cm körül visszaesés rajzolódik ki a *P. pygmaeum* és a *V. pellucida* dominanciájában, ezzel párhuzamosan megjelenik a *V. tenuilabris*, a *T. hispida*, a *C. dubia* aránya pedig emelkedik. Ez az állapot 500 cm-ig tart, majd ezután a *V. tenuilabris* aránya

csökken és a *P. pygmaeum* dominanciája ismét 50% feletti lesz. Hasonló változásokat figyeltek meg és írtak le a ságvári, tápiósülyi szelvényben, valamint a Kárpát-medence több pontján korábban (Krolopp-Sümei, 1991, 2002; Krolopp, 2001). Ez a zonula az ötödik és a hatodik paleohőmérsékleti szakaszt foglalja magába. Alsó határa egyezik az ötödik horizonttal, míg felső határa a hatodik és a hetedik horizont választóvonalával (4. melléklet). A *P. pygmaeum* nagyfokú dominanciája alapján valóban egyetlen egységként kezelhetjük a szelvény ezen szakaszát. Azonban az egyéb ökológiai csoportok dominanciája és a „malakohőmérő” adatai indokoltá teszik a tagolást (11. ábra).

A mikrointerstadiális lehűlés követte, melynek során a hidegkedvelő elemek (*C. columella*, *P. sterri*, *V. tenuilabris*) terjedtek el. A *Pupilla sterri* zonula a legtöbb magyarországi fiatal löszszelvényben kimutatható (Sümei-Krolopp, 1995). Madarason 440 cm és 160 cm között találunk a zonulának megfelelő fauna összetételt. Mindhárom hidegkedvelő faj megtalálható és a *V. tenuilabris* igen magas aránnyal szerepel. A kísérőfauna nagyobb részét a *S. oblonga*, *T. hispida* és az *E. fulvus* adja. Ugyanakkor folyamatosan jelen van a *P. muscorum*, *C. dubia*, *N. hammonis*, valamint szórtan találunk *O. dolium*, *D. ruderatus*, *P. pygmaeum* és *V. crystallina* fajokhoz tartozó héjakat is (3. melléklet). A jelentős vastagságú horizont érdekessége, hogy több kisebb-nagyobb hidegcsúcsot foglal magába. 400 cm-nél a *C. columella* dominanciája 50% feletti. Ekkor a középhőmérséklet 11°C-ig süllyedt. Ezt követően 12-15°C között ingadozott, majd 220 és 200 cm között ismét 11°C alá süllyedt (10. melléklet). Ez utóbbi egybeesik a *V. tenuilabris* 50% feletti dominancia értékével. 200 cm felett a hidegkedvelők aránya fokozatosan csökken, míg a *S. oblonga* és a *T. hispida* értékei emelkednek. A zonula jó egyezést mutat a hetedik paleohőmérsékleti horizonttal (4. melléklet).

A *Columella edentula* zonula idején enyhébb, csapadékosabb körülmények uralkodtak. A hidegkedvelők visszaszorultak és a hidegtűrő, nedvességkedvelő fajok (*S. oblonga*, *C. edentula*, *Vertigo parcedentata*, *T. hispida*) kerültek előtérbe. Tulajdonképpen ekkora teszik a „lösszfauna” utolsó megjelenését (Sümei-Krolopp, 1995).

Ezt követően a würm záró szakaszában a hidegkedvelők kiszorulnak, a hidegtűrők aránya csökken ugyan, de még mindig jelentős részét adják a faunának. Megjelennek a melegkedvelő fajok (*Vertigo antivertigo*, *V. angustior*, *P. triplicata*, *C. tridens*, *G. frumentum*, *H. striata*) is (Sümei-Krolopp, 1995). A *Vertigo antivertigo-Vertigo geyeri* zonula egy átmeneti állapotot tükröz, mely során a lösz-sztyeppék átalakulnak vegyes lombú tajgás sztyeppé (Hertelendi et al. 1993; Kertész et al. 1994), a hőmérséklet pedig 12-16°C-ról 16-20°C-ra emelkedik.

A madarasi szelvény 160 cm feletti szakaszát nehéz párhuzamba állítani ez utóbbi két zonulával. Ugyanis itt a hideghullám után egyből megjelennek a melegkedvelők. Elsőként a *P. triplicata* és a *C. tridens*, ráadásul arányuk emelkedik. 110 cm-nél és a legfelső mintákban *G. frumentum* héjakat is találtam. A *P. sterri* egy időre eltűnik a mintákból, majd 80 és 30 cm között ismét megjelenik. A *C. columella* aránya lecsökken ugyan, de csak a felső 30 cm-en tűnik el az üledékből, a *V. tenuilabris* jelenléte pedig folyamatos (3. melléklet). Ezen túl a hidegtűrők a fauna 40-60%-át adják, míg a tágtűrősűek körülbelül 20%-ot (11. ábra). Ez azt jelenti, hogy a felső másfél méteren először emelkedik a hőmérséklet 16-17°C-ig, ugyanakkor a *S. oblonga*, a *D. ruderatus* és a *C. dubia* jelenléte nedves körülményekre utal. 80 cm-től azonban hőmérséklet csökkenés lép fel: 12-14°C-os júliusi középhőmérsékleti értékeket tudunk rekonstruálni. 60 cm felett valamivel enyhébb körülmények uralkodtak: 13-15°C (10. ábra). Mindezek alapján olyan, mintha a *Columella edentula* és a *Vertigo antivertigo-Vertigo geyeri* zonulák összemosódnának. A melegkedvelők megjelenése ellenére a hőmérsékleti értékek alacsonyabbak maradnak.

6.4.2. A globális rétegtani párhuzamosítás

Több grönlendi fúráslemez közül a North GRIP GICC05 (Greenland Ice Core Chronology 2005) jelzésűt választottam az összehasonlítás alapjául (Andersen et al. 2006; Rasmussen et al. 2006). A párhuzamosításhoz kiválasztott oxigén izotópos elemzés ($\delta^{18}\text{O}$) görbéje 42.000-től 15.000 b2k évig (=2000-től számítva) tart. A melegebb szakaszokat GI (Greenland Interstadial) jelzéssel látták el, melyeket Dansgaard-Oeschger (Dansgaard et al. 1993; Johnsen et al. 1997) eseményeknek ismerhetünk. Míg a lehűléseket a Heinrich eseményekkel (Heinrich events - Heinrich, 1988; Bond et al. 1992; Mazaud et al. 2000; Harrison-Sanchez Goni, 2010) próbáltam meg azonosítani (4. melléklet). Természetesen az egyes szintek azonosításához még több koradatra lenne szükség, ennek hiányában csak feltételezhetjük a párhuzamot, ki nem jelenthetjük.

Figyelembe véve a malakológiai adatokat, véleményem szerint az első paleohőmérsékleti horizont (1000-932 cm) a GI-3 jelzésű interstadiális során képződhetett. A harmadik madarasi horizont (856-684 cm) a H2 lehűlési szinttel párhuzamosítható. A negyedik horizont ezek alapján a GI-2-es jelzésű melegebb időszak során halmozódhatott fel. Az ötödik és a hatodik paleohőmérsékleti horizont az LGM (Last Glacial Maximum) jelzésű lehűlési szinttel mutat nagyon jó egyezést. A szelvény 160 cm feletti szakasza valószínűleg a H1 jelzésű lehűlés során képződött. Ezt követően a GI-1-es horizontnak kellene kifejlődnie, de ennek feltehetően csak a kezdeti szakasza található meg Madarason (4. melléklet).

Ha részletesebben vizsgáljuk az oxigén izotóp görbét, a zonulákat és a szelvényt, akkor több azonosságot és eltérést is találhatunk. A *Granaria frumentum*-*Vallonia enniensis* zonula kifejlődése nagyon elnyújtott a GI-3 szinthez képest, ugyanakkor a *Pupilla triplicata* zonula magasabb-, valamint a *Vallonia tenuilabris* zonula alacsonyabb hőmérséklete jól kirajzolódik a NGRIP görbén is. A *Columella columella* zonula kifejlődése már a dominancia értékek és a „malakohőmérő” lefutása alapján is vet fel kérdéseket, ezt csak tovább erősíti összevetése az izotóp görbével. Ez alapján ugyanis a madarasi szelvény 690 és 650 cm közé eső szakasza a GI-2 interstadiális idején képződött (4. melléklet). Sajnos ebben az intervallumban nagyon alacsony a darabszám is (2. melléklet), ami még bizonytalanabbá teszi a horizont elemzését. A zonula részleges kifejlődését igazolja, hogy hidegkedvelők és hidegtűrők kerültek elő az üledékből, ugyanakkor a melegkedvelők jelenléte inkább az interstadiális hatását támasztja alá (11. ábra). Hum délkelet-dunántúli löszszelvények vizsgálata során hasonló eredményre jutott (Hum, 1998). A *Columella columella* zonula során 15-16°C-os júliusi középhőmérsékleti értékeket rekonstruált, ezért, és a fauna összetétele miatt hűvös-nedves klímát állapított meg a területen (Hum, 1998). Szintén érdekes a *Punctum pygmaeum*-*Vestia turgida* zonula is, mely az LGM idejére tehető (4. melléklet). Ez alapján markáns hidegszint kialakulására számíthatnánk, de Madaras esetében nem ezt tapasztaljuk. Úgy tűnik, hogy a lehülés során nőtt a csapadékbevitel, így nem hideg-száraz, hanem hűvös-nedves klímával kell számolnunk ezen a területen. Ez a *Pupilla sterri* zonula esetében is elmondható. A szelvény mentén tapasztalható legnagyobb lehülés idején sem tűnnek el a nedvességkedvelő elemek. Ugyanakkor feltehetően a vegetáció átalakulása játszódott le, ugyanis a nedvességkedvelő, de nyílt területen élő fajok (*S. oblonga*, *T. hispida*) aránya jóval magasabb, mint a zárt növényzeti borítást kedvelő taxonoké (*C. dubia*, *P. pygmaeum*) (3. melléklet). Vagyis az erőteljesebb lehülés során felszakadozott a korábbi zártabb növénytakaró és nedves, ligetes sztyepp alakult ki. Ez jó egyezést mutat délkelet-dunántúli löszszelvények paleoökológiai rekonstrukciójával (Hum, 1998, 1999), ahol hasonló páratartalmi körülmények alakultak ki az adott időszakban. Ezeknél a szelvényeknél a nedves körülményekhez enyhébb hőmérsékleti adatok társultak, melyet Hum mediterrán klímahatással magyaráz (Hum, 1998, 1999; Hum-Sümei 2001). Ezt a klimatikus hatást Sümei többször is megállapította (Sümei et al. 1991; Sümei, 1996/b, 2007), Ő azonban szubmediterránnak nevezi. Későbbi publikációkban már Hum is szubmediterrán klímahatásról ír (Hum, 2000; Hum et al. 2006). Ezek alapján a szubmediterrán befolyás a vizsgált területen is kimutatható, de itt a délkelet-dunántúli szelvényekkel ellentétben, a hőmérsékleti adatokban kevésbé jelentkezik. Ez szoros összefüggésben állhat a szelvény fekvésével. Az északi kitettség mindenképpen meghatározó volt a lokális hőmérsékleti és páratartalmi viszonyok kialakulásában.

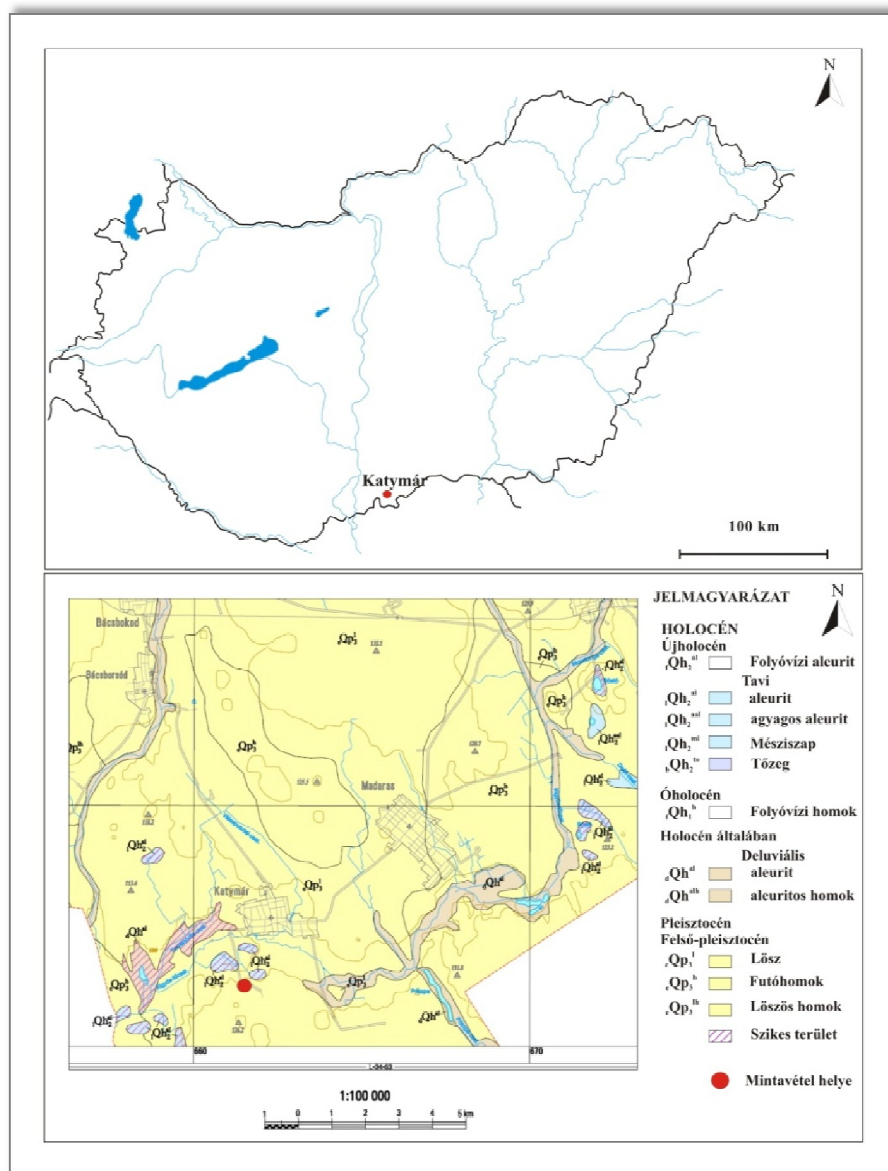
Mindezek alapján elmondható, hogy a madarasi löszfeltárás képződése a felső-würmre, a MIS (Marine Isotope Stages) 3 végére és a MIS 2 idejére tehető, de a würm záró szakaszát és a MIS 1 kifejlődést csak hiányosan tartalmazza. Ez idő alatt a fauna alakulását a globális és regionális hatásokon túl a lokális környezeti tényezők is befolyásolták. Ezt bizonyítja, hogy mind a globális, mind a regionális sztratigráfiai egységekkel párhuzamba állítható a malakológiai anyag, azonban az azonosságok mellett eltéréseket, különbségeket is találunk.

Az összehasonlítások révén igazoltnak látom azt a feltételezést, hogy a „malakohőmérő” nyomán kijelölt horizontok alkalmasak a malakofauna tagolására a szelvényben. Az ilyen módon kijelölt szakaszok határai biztosabbak, mintha csak a dominancia adatokat vennénk figyelembe.

7. Összehasonlító elemzés hazai löszös szelvények malakológiai adatai között

7.1. A katymári löszszelvény

Az összehasonlítás alapjául célszerűnek tartottam olyan szelvényt választani, melynek felbontása a madarasihoz hasonló, vagy azzal megegyező. Emiatt esett választásom a katymári téglavető löszprofiljára.



13. ábra: A katymári mintaterület elhelyezkedése (Magyarország térképe Agrotopo adatbázis alapján szerkesztve, Magyarország földtani térképe 1:100.000)

A feltárás Katymár községtől DNy-i irányban, szintén a Bácskai löszös síkságon, a Telecskai-dombok északi részén (Nebojszki, 2005) helyezkedik el (13. ábra). Mivel a

madarasi szelvénytől csak néhány kilométerre fekszik, így a két löszprofil földtani háttere megegyezik.

A területtel többen is foglalkoztak. Molnár Béla és Geiger János szedimentológiai, őslénytani és matematikai módszereket kombináltan alkalmaztak 25 centiméteres felbontásban (Molnár-Geiger, 1981, 1995). Sümegi is többször tesz említést a terület növényzetével, klímájával kapcsolatban, valamint radiokarbon adatokat is közöl (Willis et al. 2000; Sümegi et al. 2002, 2007; Sümegi 2005). Történtek malakológiai vizsgálatok 4 cm-es mintaközökkel (Hupuczi et al. 2006; Lócskai et al. 2006), de a terület legrészletesebb és legátfogóbb elemzése Sümegi nevéhez kötődik (Sümegi, 2007), ezért az általa közölt adatokat használok fel az összehasonlítás során.

A katymári szelvény korát Sümegi 32 és 12 ezer évek közé teszi, ezt 10 darab radiokarbon adattal támasztja alá (Sümegi, 2007). Ezek alapján európai és globális szinten is az egyik legvastagabb würm végi löszrétegnek nevezi (Sümegi, 2007). A malakológiai anyag elemzése 4 centiméterenként történt, összesen 23 faj több, mint 25.000 egyede került meghatározásra (Sümegi, 2007). Ebből 22 faj szelvény menti dominancia értékeit, valamint a „malakohőmérő” adatait az 5. melléklet tartalmazza.

Sümegi a következő horizontokat különíti el a szelvényben:

1. horizont (fekü-920 cm): Fajokban gazdag fauna, alacsony egyedszámmal. Főként xerofil elemek jellemzik (*Granaria frumentum*, *Pupilla triplicata*, *Chondrula tridens*, *Vallonia costat*, *Bradybaena fruticum*, *Helicopsis striata*). A horizontot a Dansgaard-Oeschger 7, 6 és 5 szakaszával párhuzamosítja.

2. horizont (920 cm–740 cm): A melegkedvelők visszaszorulnak és hideg löszsziptepp alakul ki a *Pupilla sterri* magas dominanciájával, valamint nedvességkedvelő elemekkel (*Succinea oblonga*, *Trichia hispida*, *Pupilla muscorum*). Ezt a szakaszt a Heinrich 3-as lehűlési szinttel azonosítja.

3. horizont (748 cm–680 cm): A rövid intervallum során a faunakép fokozatosan átalakul. A hidegtűrők jelenléte mellett a melegkedvelők aránya emelkedik. Ez feltehetően egy interstadiális kezdetét rögzíti.

4. horizont (680 cm–580 cm): Erőteljes felmelegedés mutatható ki a *G. frumentum*, *P. triplicata*, *H. striata* jelenléte alapján. Véleménye szerint ez a Dansgaard-Oeschger 3-as és 4-es szintjével párhuzamosítható, de megjegyzi, hogy ezt a két felmelegedést elképzelhető, hogy a 3-as és a 4-es horizont együttesen alkotja.

5. horizont (580 cm–520 cm): Gyors és erőteljes faunaváltozás játszódott le ekkor. A melegkedvelők teljesen visszaszorulnak és egy hideg-száraz sztyepp alakul ki, ahol a *V. tenuilabris* aránya kiemelkedő. A „malakohőmérő” értékei is itt a legalacsonyabbak a szelvény mentén, számszerűen 11-13°C júliusi középhőmérsékleti értékek rekonstruálhatók. Ezt a horizontot a Heinrich 2-es lehűlési szinttel azonosítja.

6. horizont (510 cm–470 cm): Egy rövid, de intenzív interstadiális szintet foglal magába a *P. triplicata*, *H. striata* és a *G. frumentum* jelenlétével. A szakaszt a Dansgaard-Oeschger 2-es felmelegedési szintjével állítja párhuzamba.

7. horizont (470 cm–370 cm): A melegkedvelők eltűnnek, helyüket a hidegkedvelők és a hidegtűrők foglalják el, a *Columella columella* aránya pedig kiemelkedő. Ezt a szakaszt a felső-würm LGM (Last Glacial Maximum) hidegszintjével azonosítja.

8. horizont (370 cm–240 cm): A nedvességkedvelő, nagyobb növényzeti borítottságot igénylő fajok dominanciájával jellemezhető. A *Clausilia dubia* dominanciája magas. Ezek alapján egy enyhe, csapadékos klíma rekonstruálható, a középhőmérséklet 15-16°C volt a „malakohőmérő” szerint. Ezt az intervallumot Sümegi a Ságvár-Lascaux interstadiálissal szinkronizálta. Érdekessége, hogy a *C. columella* dominancia emelkedése két részre osztja ezt a horizontot. A hűvös, nedves klímát rövid időre megszakítja egy lehűlés, majd ismét enyhébb körülmények alakultak ki.

9. horizont (240 cm–150 cm): Újabb erőteljes lehűlés alakul ki a *C. columella*, *V. tenuilabris* és *P. sterri* dominancia emelkedése alapján. Ezt a stadiális szintet a Heinrich 1-es szinttel azonosítja.

10. horizont (152 cm–112 cm): A hidegkedvelő fajok visszaszorulnak, helyüket tágtűrűsű, nedvességkedvelő taxonok veszik át (*Vitrea crystallina*, *Nesovitrea hammonis*, *C. dubia*). Ezen túl az *Orcula dolium* kiemelkedő aránya jellemzi ezt a szelvényrészt. A radiokarbon adatok alapján a Bølling interstadiálissal szinkronizálja ezt a kifejlődést.

11. horizont (112 cm–88 cm): Ismét megjelennek a hidegkedvelők, de a klíma inkább hűvös, mint hideg. Feltételeken a fiatal Dryas idejére teszi ezt a szakaszt.

12. horizont (88 cm–60 cm): A hidegkedvelők visszaszorulnak és a maihoz hasonló faunaösszetétel alakul ki: *G. frumentum*, *H. striata*, de van még *P. triplicata* és *S. oblonga* is. Ezt a szakaszt hipotetikusán a Dansgaard-Oeschger 1-es felmelegedési szintjével állítja párhuzamba.

7.2. A két löszprofil faunájának összehasonlítása

A legjobb illesztéshez természetesen megfelelő számú koradatra lenne szükség. Ennek hiányában a jellegzetes fauna-összetételek dominancia értékeire, valamint az egyes fajok jelenlétének relatív időtartalmára hagyatkozom az összehasonlítás során.

A dominancia görbék tanulmányozása során már első ránézésre is egyértelmű, hogy a két szelvény különbözik egymástól (3. és 5. melléklet). Míg Madaras esetében nagy általánosságban egy meleg és egy hideg szakaszt tudunk elkülöníteni, addig Katymárnál felmelegedések és lehülések sorozatát tapasztaljuk. Ha részletesebben vizsgálódunk, akkor kiderül, hogy Madaras esetében a katymári első két horizont teljesen hiányzik, majd ez után már hasonló faunakép rajzolódik ki. Vagyis a katymári löszprofil alsó három métere idősebb, mint az általam vizsgált szelvény. Emiatt az összehasonlításban a katymári szelvény ezen része nem szerepel. Ezek után már vonható párhuzam a két terület között (6. melléklet). A Sümegi által kijelölt malakológiai horizontok nem teljesen egyeznek a madarasi paleohőmérsékleti horizontokkal, valamint az őshőmérsékleti adatok is némiképp eltérően alakulnak a két szelvény mentén.

7.2.1. A melegkedvelők ökológiai csoportja:

Mindkét szelvény faunájában megtalálható a *Granaria frumentum*, *Pupilla triplicata*, *Chondrula tridens*, *Bradybaena fruticum*, *Helicopsis striata* és a *Helicella obvia*. Madarason ez kiegészül a *Cochlicopa lubricellával*, míg Katymárnál *Cochlicopa lubrica* található (6. melléklet). Soós szerint a két faj elterjedése fedi egymást, de még a *C. lubrica* a nedvesebb, addig a *C. lubricella* a szárazabb területeken is megél, vagyis „ökológiai igényeik szélsőségei” más irányba tolódtak el (Soós, 1955-1959). A két szelvény malakológiai adatait vizsgálva azonban ez pont fordítottnak tűnik: a *C. lubrica* Katymáron xerofil fajokkal együtt jelenik meg, míg a *C. lubricella* Madarason nedvességkedvelő taxonok mellett fordul elő, valamint a *Punctum pygmaeum-Vestia turgida* zonulában is szinte végig megtalálható a magasabb hőmérsékletű szakaszon (3. és 5. melléklet). A madarasi szelvényben a melegkedvelők megjelenése és eltűnése jó egyezést mutat a katymári szelvényben 7 méter felett tapasztaltakkal. Dominancia értékeik Katymár esetében magasabbak, ugyanakkor jelenlétük Madarason elnyújtottabb: 10-től 6 méterig folyamatosan megtalálhatóak, míg Katymárnál ez körülbelül 740 cm-től 530 cm-ig tart. Ez után nagyon visszaszorulnak, de nem tűnnek el teljesen a szelvényből. Madarason ez még egy egy méteres szakaszt jelent, majd a felső 1,5 méterig nem találunk melegkedvelőket. Katymár esetében ez nem így alakul. Körülbelül 530 méter után eltűnnek, és csak 150 cm-nél jelennek meg újra, nagyon kis arányban. Az egyes fajok dominanciája sem teljesen azonos a két szelvényben. A *G.*

frumentum Katymárnál magasabb dominancia értékeket produkál, mint Madarason: az előzőnél nem ritka a 20-40%-os arány, míg az utóbbinál ez nem haladja meg a 10%-ot. A *P. triplicata* jelenléte kiegyenlítettebb Katymáron. Madarason alacsonyabb arányban, ingadozó értékekkel, de hosszabb szakaszon van jelen. A *C. tridens* esetében fordítva alakul a dominancia: Katymárnál 20% alatt marad, míg a madarasi szelvényben ezt többször meghaladja. Ettől függetlenül jelenlétére ugyanaz vonatkozik, mint a *P. triplicatára*: hosszabb szakaszon megtalálható az üledékben. A *B. fruticum* dominancia értékei hasonlóak a két szelvényben, de Madarason az erőteljes hidegkedvelő-hidegtűrő dominanciával jellemezhető szakasz kivételével szinte folyamatosan jelen van, míg Katymárnál sokkal ritkább elem. A *H. striata* Katymáron 10% és 40% között mozog, Madarason ez 5% és 30% (3., 5., 6. melléklet).

7.2.2. A hidegkedvelők ökológiai csoportja:

Mindhárom faj (*Columella columella*, *Pupilla sterri*, *Vallonia tenuilabris*) megtalálható mindkét szelvényben. Madarason 420 cm-ig jelenlétük ritka, majd ezt követően egyértelműen uralják a faunát. Katymárnál körülbelül 470 cm után nő az arányuk. Madarason az első jelentősebb megjelenésük 660 cm-nél van. Itt arányuk eléri a 40%-ot, de ez mindössze egy mintára korlátozódik. Ezek után többször, 10%-os együttes dominanciával szerepelnek 5 méterig. 420 cm-től a felső 10 cm-ig arányuk 10% és 50% között mozog. Katymár esetében 7 méter felett első jelentősebb dominanciájuk 540 és 510 cm között van, ekkor körülbelül 60%-át adják a faunának. A következő megjelenésük 470 cm-re tehető és egészen a felső 90 cm-ig megtalálhatóak, összesített dominanciájuk körülbelül 10-50%. A *C. columella* a madarasi faunában először 680 és 580 cm között jelenik meg, aránya 5-15%. Ezt követően eltűnik a szelvényből, majd 410 és 40 cm között változó dominanciával, számos kiugró csúccsal és visszaeséssel, de jelen van az üledékben. Katymár esetében 6 méternél jelenléte nagyjából egyetlen mintára korlátozódik és aránya 10% alatti. Ezt követően 410 cm és 90 cm között többször megjelenik. 410 és 360 cm között éri el maximális dominanciáját (40%) a szelvény mentén. 320 és 230 cm között szórványosan van jelen a faunában, ekkor aránya 20% alatt marad, majd 220 cm és 90 cm között folyamatosan megtalálható, két kisebb csúcsot produkál, szintén 20% alatti dominancia értékkel. A *P. sterri* Madarason először 730 cm-nél jelenik meg, aránya 5%. Legközelebb 330 cm és 130 cm között található, itt háromszor emelkedik a dominanciája, ekkor 2-7%-át adja a faunának. Ezt követően eltűnik, majd ismét megjelenik körülbelül 84 és 32 cm között, dominanciája ekkor magasabb: 5-20%. Katymár esetében 7 méter után többször, szórványosan fordul elő körülbelül 10-15%-os arányban. Összefüggőbb jelenléte 320 cm és 90 cm között van, bár itt is néha hiányzik a mintákból. Dominanciája ekkor 10-20% körül mozog. A *V. tenuilabris* a madarasi faunában 446 cm-ig háromszor

jelenik meg: 870-770 cm között szórványosan, 710-630 cm között kissé összefüggőben, valamint 560-500 cm között folyamatosan, végül 440 és 10 cm között stabil része a faunának, ekkor aránya 10% és 60% közötti. Ez tulajdonképpen egy hosszan elnyúló dominancia csúcs. Katymáron 560 és 520 cm között jelenik meg, majd aránya gyorsan emelkedik körülbelül 60%-ra, ezután hirtelen eltűnik a szelvényből. Madarasihoz hasonló, elnyújtott dominancia csúcsot produkál 470 cm-től 70 cm-ig, értékei is hasonlóak: 10-70% (3., 5., 6. melléklet).

7.2.3. A hidegtűrők ökológiai csoportja:

Mind a négy, Madarásról előkerült faj megtalálható a katymári faunában (*Succinea oblonga*, *Orcula dolium*, *Discus ruderatus*, *Trichia hispida*). Madarason 580 cm-től folyamatosan jelen vannak a szelvényben, a fauna 20-70%-át adják. 580 cm előtt is többször megjelennek egy-egy kisebb dominancia csúcsot produkálva. Katymár esetében 7 méter felett 560 cm-től beszélhetünk folyamatos hidegtűrő jelenlétről, arányuk 10-50% közötti. Ez előtt jelenlétük nagyon szórványos, néhány *T. hispida* egyedre korlátozódik. A *S. oblonga* a madarasi szelvényben háromszor jelenik meg: 868-832 cm, 706-626 cm, 436-20 cm. Dominancia értékei 5% és 40% között mozognak. Jelenléte jó egyezést mutat a *V. tenuilabris*ével, dominancia csúcsaik azonban pont ellentétesek egymással. Ehhez hasonló változásokat tapasztaltak a Hajdúság területén is (Sümei, 1986, 1989). A katymári szelvényben sokkal ritkább faunaelem. 7 méter felett négyszer jelenik meg, de ebből háromszor csak 1-1 mintára korlátozódik néhány %-os aránnyal. 170-68 cm között jelenléte tartósabb, aránya 5-15% körüli. Az *O. dolium* a madarasi mintákban először 1000 cm és 900 cm között jelenik meg szórványosan, ezután összefüggően 556 cm és 424 cm között található, ekkor maximális aránya 5%. Szintén szórványosan fordul elő 408 cm és 56 cm között, 1-2%-os arányban. A katymári szelvényben 556 cm és 186 cm között többször előfordul körülbelül 5-15%-os aránnyal. 168-100 cm között folyamatosan jelen van 5-10%-os dominancia értékkel. A *D. ruderatus* szórványosan, kevés egyeddel szerepel a madarasi szelvényben. Egyetlen összefüggő jelenléte 560 cm és 530 cm között van, ekkor aránya 5-6%. A katymári mintákban még ritkább, összesen kétszer jelenik meg: 398 cm-nél és 328 cm-nél. A *T. hispida* ezzel szemben rendkívül gyakori. Madarason csak néhány mintából hiányzik: 624 és 576 cm között, illetve 28 cm felett. Dominanciája minimum 10%, maximum 60%. A katymári szelvényben nem ennyire gyakori, összefüggően 470-70 cm között jelenik meg, ekkor aránya körülbelül 10% és 50% közötti (3., 5., 6. melléklet).

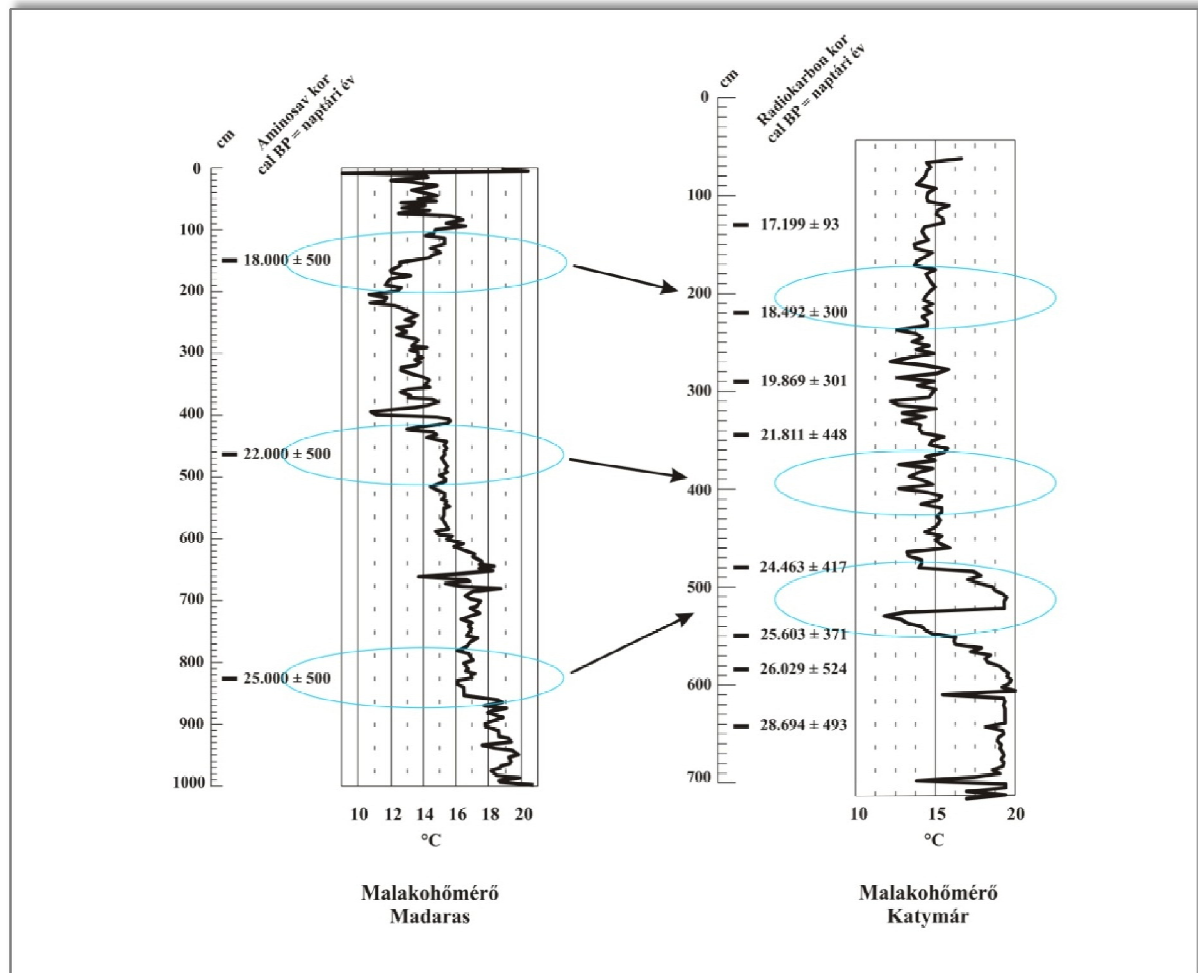
7.2.4. A tágtűrősek ökológiai csoportja:

Közös fajok a két szelvényben: *Pupilla muscorum*, *Vallonia costata*, *Clausilia dubia*, *Punctum pygmaeum*, *Vitrea crystallina*, *Nesovitrea hammonis*, *Euconulus fulvus* és az *Arianta*

arbustorum. Ez a csoport a madarasi minták mindegyikében képviselteti magát. Összesített dominanciájuk 860 és 400 cm között magas, ekkor akár 80%-át is adhatják a faunának. Katymáron is nagyon gyakoriak, összesített arányuk viszont kiegyenlítettebb. A *P. muscorum* a madarasi szelvényben a *T. hispidához* hasonlóan szinte az összes mintában megtalálható, csak 656 cm és 576 cm között csökken le nagyon az aránya. A szelvény mentén több dominancia előretörést produkál, a magasabb százalékos értékek (20-40%) 6 méterig jelentkezőnek, utána aránya lecsökken. A katymári faunában 7 méter felett szórványosan fordul elő, körülbelül 10%-os dominancia értékekkel. A felső 4 méteren gyakoribb elem, de összefüggő jelenléte itt sem tapasztalható. A *V. costata* Madarason 6 méterig nagyon gyakori, aránya 10% és 60% közötti. Ezek után már csak két kisebb szakaszon fordul elő: 550-440 cm – maximum értéke 10%, 180-40 cm – maximum értéke 15%. Katymár esetében 6 métertől 4 méterig 3 dominancia csúcsot ér el, aránya ekkor eléri a 40%-ot. 4 méter felett két kisebb szakaszon fordul elő: ~370-320 cm, ~190-80 cm. A *C. dubia* első megjelenése a madarasi szelvényben 690 cm-re tehető, de itt még nagyon szórványos. Első jelentősebb dominancia csúcsa 570 cm és 530 cm közé tehető, ekkor eléri a 30%-ot. 440 cm-től jelenléte folyamatos az üledékben, aránya nem csökken 5% alá. A katymári szelvényben 560 cm-től körülbelül 512 cm-ig egy kisebb csúcs tapasztalható 40-50%-os dominanciával, majd eltűnik az üledékből. 480 cm-től 80 cm-ig állandó tagja a faunának. Aránya körülbelül 10% és 40% közötti. A *P. pygmaeum* 920-888 cm között jelenik meg először a madarasi szelvényben, aránya 12% alatti. Ezt követően 840-800 cm-ig ismét feltűnik, aránya ekkor már 5% és 35% közötti. 7 méter és 4 méter között rendkívül gyakori, dominancia maximuma eléri a 70%-ot, és ezen kívül még két kisebb (60%, 50%) csúcsot is produkál. Ezt követően jelenléte sporadikussá válik, de 210-60 cm között több mintában szerepel. Katymáron kevésbé gyakori és aránya is kisebb. 580-550 cm között meghaladja a 20%-ot, majd eltűnik. 500-480 cm között kisebb dominancia csúcsot produkál (~20%). 270 cm-től 70 cm-ig többször megjelenik néhány mintában, aránya változó. A *V. crystallina* Madarason 6 méterig háromszor, 10% alatti dominanciával jelenik meg az üledékben, majd ezt követően 6 méter és 4 méter között jelenléte folyamatos, több dominancia csúcsot produkál, melyeknél 20% körüli az aránya. A katymári mintaterületen 570 cm-től 110 cm-ig többször, szórtan jelenik meg, de nem haladja meg a 16%-ot. A *N. hammonis* a madarasi szelvényben 860 cm-től körülbelül 40 cm-ig folyamatosan megtalálható. Dominancia értéke nem túl magas, 15% alatti. Katymáron körülbelül 580 cm-től 80 cm-ig állandó tagja a faunának, aránya 10-20% közötti. Az *E. fulvus* a madarasi mintákban 720 cm-ig háromszor jelenik meg, majd rövid időre eltűnik. 680 cm-től azonban jelenléte folyamatos 10-15%-os dominanciával, 440-410 cm között aránya 40%-ra emelkedik. A katymári mintaterületen 628 és 78 cm között mindig megtalálható átlagosan

20% körüli dominanciával, de ez néhány esetben megközelíti a 40%-ot. Az *A. arbustorum* mindössze két példánya 440-444 cm között jelenik meg Madarason. Katymáron 562 cm-nél és körülbelül 88 cm-nél található (3., 5., 6. melléklet).

7.2.5. A „malakohőmérő” adatainak összehasonlítása:



14. ábra: A két szelvény őshőmérsékleti adatai (aminosav korok: Csapó-Sümei, 2012 alapján; katymári adatok Sümei, 2007 nyomán szerkesztve)

Az adatokat a 14. ábra szemlélteti. A könnyebb átláthatóság miatt a katymári „malakohőmérő” 7 méter feletti részét ábrázoltam. A rekonstruált júliusi középhőmérsékleti értékek a madarasi szelvényben 11°C és 20°C között változnak. Ha általánosságban nézzük az értékeket, akkor azt mondhatjuk, hogy kisebb ingadozásokkal, de egészen 2 méterig csökken a hőmérséklet, majd ezt követően emelkedésnek indul. A kijelölt 9 paleohőmérsékleti horizont ezeket a finomabb változásokat rögzíti a szelvény mentén (10. ábra). A katymári adatok 7 méter felett 12°C és 20°C között ingadoznak. Több hasonlóságot és különbséget lehet megállapítani a két görbét tanulmányozva. Katymáron 690 és 612 cm között 18-20°C-ot mutat a görbe, Madarason ez 1000 cm és 856 cm között jellemző. Ezt követően Katymáron jön egy erőteljes és gyors hőmérséklet csökkenés, melynek során 15°C alá süllyednek az

értékek, majd ismét 18-20°C közé emelkedik a görbe. 590 cm felett újabb, de már tartós lehűlés tapasztalható: 530 cm-nél 12°C alá süllyed a hőmérséklet. Madarason nem találunk ilyen hirtelen változást, 684 cm-ig (3. madarasi horizont) Katymárhoz képest nagyon kiegyenlített a görbe (16-18°C). Katymáron 530 cm után hirtelen hőmérséklet emelkedés lép fel: az értékek megközelítik a 20°C-ot, majd fokozatos csökkenés figyelhető meg. A koradatok alapján ezzel a rendkívül változékony katymári szakasszal azonos korú Madaras 8 méter körüli szelvényrésze. (10. és 14. ábra).

Ezt követően mindkét szelvényben egy kiegyenlített hőmérsékletű szakasz jelölhető ki – Katymár esetében (~450-330 cm) az ingadozás nagyobb mértékű, mint Madarason (6. horizont). Ezt az intervallumot egy sokkal változatosabb zóna követi. Mindkét területen ezt a szakaszt a 15°C alatti hőmérséklet, és a jellegzetes, farkasfogszerű oszcilláció jellemzi – Katymár 330-130 cm, Madaras 7. paleohőmérsékleti horizont (10. és 14. ábra). Madaras esetében a lehűlés nagyobb mérvű, mint Katymáron, ráadásul a hőmérséklet egyre csökken a szelvényben felfelé haladva, Katymárnál ennek inkább az ellenkezője a jellemző. Ezután mindkét adatsorban a klíma enyhülése figyelhető meg (16-17°C) – Katymár 130-108 cm, Madaras 8. horizont. A madarasi 9. paleohőmérsékleti horizont alsó részével jó egyezést mutat a katymári „malakohőmérő” következő, körülbelül 40 cm-es szakasza: mindkét esetben 15°C alá csökken a hőmérséklet. A felső, néhány 10 cm-es üledék hőmérsékleti adatait az átkeverés és a *Helicella obvia* jelenléte miatt kihagyom az elemzésből.

Mindezek alapján elmondható, hogy a madarasi szelvény malakofaunája bár nagyon hasonló a katymári adatokhoz, mégis tapasztalhatóak eltérések. Jól látszik, hogy az egyes ökológiai csoportok dominancia értékei számos esetben másként alakulnak a két területen (6. melléklet). A melegkedvelők Madarason hosszabb szelvényszakaszon vannak jelen, a hidegtűrők több dominancia csúcsot produkálnak és a tágtűrűsűek aránya dinamikusabban változik. Az egyes fajok megjelenése és dominanciája nagyon jó egyezést mutat, különbséget a jelenlétek hosszában tapasztalhatunk. Mindenképpen figyelemre méltó a *S. oblonga*, *D. ruderatus* és a *P. pygmaeum* fajok nagyobb aránya és tartósabb jelenléte a madarasi faunában. A *P. muscorum* és a *N. hammonis* dominanciája nem magasabb, mint Katymáron, de szinte folyamatosan jelen vannak az üledékben. A paleohőmérsékleti adatok szintén nagyon jó egyezést mutatnak, azonban itt talán még jobban látszanak a különbségek is. Madarason két szakaszra is a kiegyenlített klíma a jellemző (3. és 6. paleohőmérsékleti horizont). Katymárnál ilyen nem található. A hetedik madarasi horizont egy hosszan elnyúló lehűlés során alakult ki, ekkor végig 15°C alatti a hőmérséklet. Katymáron is jelentkezik ez a klímaromlás, de nem olyan markáns. A hasonlóságok egyértelműen a földrajzi közelség miatt ilyen szembetűnőek. Ugyanakkor a különbségek alátámasztják a korábbi nézetet (Sümei et al. 1991, 2000;

Sümei, 1996/b, 2007) hogy a helyi jellegek, morfológiai sajátosságok hatással vannak a növényzeti borítottságra és a faunára is. A madarasi szelvény északi fekvése, valamint a területen érvényesülő szubmediterrán klímahatás (Sümei-Krolopp, 2001/a, 2002) együttesen magasabb csapadékbevételt és ezáltal párásabb környezetet eredményeznek. Emiatt a nedvességkedvelő elemek magasabb dominanciával vannak jelen a szelvényben, ráadásul megtalálhatóak a *Semilimax semilimax* és a *Vitrina pellucida* fajok is, melyek nem részei a tipikus löszfaunának (Krolopp, 1989). A nedvesség- és hidegkedvelő fajok tartósabb jelenléte is ezekkel a tényezőkkel magyarázható.

8. Összefoglalás

A negyedidőszak során képződött löszös üledékek változatos klimatikus feltételek mellett halmozódtak fel. A változó körülmények alapvetően befolyásolták a hőmérsékletet, a csapadék mennyiségét, ezáltal a növénytakaró jellegét. Ezek a folyamatok a löszön kívül egyértelműen hatással voltak a faunára is, különösen a nagy számban előforduló molluszka fajokra. Így az üledékbe zárt malakofauna statisztikus paleoökológiai vizsgálatával információt kaphatunk a löszös képződmények keletkezéséről és az egykori környezeti viszonyokról (Krolopp-Sümei, 1992; Sümei-Krolopp, 1995). Ennek az egykori környezetnek legpontosabban a hőmérsékleti tényezőit tudjuk rekonstruálni a szárazföldi puhatestűek vizsgálatával. Ezen túl természetesen a páratartalmi viszonyokra és a növényzeti borítás jellegére is tehetünk megállapításokat, azonban ezek már nem annyira pontos adatok, ugyanis a csigák döntő része nem növényfaj specifikus, páratartalmi igényeik pedig elsősorban nem a csapadékbevételtől függenek, hanem sokkal inkább a talaj nedvességtartó képességétől (Sümei, 2001). Figyelemre méltó mennyiségű szakirodalmi anyag áll rendelkezésre a témával kapcsolatban, melynek alapján többszörösen is bebizonyosodott a módszer alkalmazhatósága, a szakterület tudományos megalapozottsága.

Munkám során egy már ismert löszfeltárás malakológiai anyagát dolgoztam fel. Vagyis a cél nem egy ismeretlen terület „feltérképezése” volt, hanem annak sokkal finomabb, részletesebb feltárása. Ezt a mintaközök csökkentésével és a begyűjtött üledék mennyiségének növelésével értük el. Ennek eredményekén a 10 méteres madarasi feltárásból 4 cm-ként 250 mintát gyűjtöttünk be, melyből 36 faj összesen 110.795 egyedet válogattam ki és határoztam meg (1. melléklet).

Aminosav elemzés révén (Csapó-Sümei, 2012) három cal BP-re kalibrált adatot tudtam felhasználni a szelvény korolása kapcsán. Bár korábban is végeztek radiokarbon vizsgálatot a területen (T. Dobosi, 1967; Sümei-Krolopp, 1995; Willis et al. 2000; Sümei, 2007; Sümei et al. 2007), de azok az adatok legfeljebb tájékoztató jellegűek lehetnek. Ugyanis a faanaelemzés és az új koradatok alapján egyértelmű, hogy az É-ÉNy felé lejtő madarasi löszfal D-DK-i irányban, a fejtés síkjának megfelelően „hátrált” a téglagyári művelés során. Emiatt a horizontok magasabbra tolódtak, a korábbi koradatok a jelenlegi szelvénybeli helyzetükhöz képest mélyebben helyezkedtek el (12. ábra).

A feldolgozás során a fajokat Soós (1943, 1955-59) Krolopp (1983), Bába (1983, 1986) Sümei (1989), Krolopp-Sümei (1992, 1995) és Sümei-Krolopp (1995) munkái nyomán hőmérsékleti igényüknek megfelelően ökológiai csoportokba vontam össze. Így nem csak az

egyes fajok dominancia viszonyait vizsgáltam, hanem a hasonló igényű fajok együttes jelenlétét is (11. ábra).

A vizsgálataim során a következő megállapításokat tettem, amelyek egyben doktori értekezésem tézispontjait alkotják:

A malakológiai anyag értelmezése és feldolgozása során 9 paleohőmérsékleti horizontot különítettem el a szelvény mentén. Vagyis nem az egyes dominancia lefutásokat vettem alapul, hanem a Sümegi Pál által kidolgozott „malakohőmérő” (Sümegi, 1989, 1996/b) változásai nyomán jelöltem ki a szakaszokat (10. ábra).

Az elemzés alapján elmondható, hogy a területen a lösz poranyagának felhalmozódása meleg, csapadékos klímán indult meg. Ezt követően kisebb-nagyobb ingadozásokkal, de folyamatosan csökkent a júliusi középhőmérséklet egészen a szelvény felső, másfél méteres szakaszáig. A lehülés során két nagyobb „hideghullám” mutatható ki, ekkor 11°C alá süllyedt a hőmérséklet (10. ábra). Emellett magasabb páratartalmi értékek uralkodtak a területen a *Succinea oblonga*, *Columella columella*, *Clausilia dubia*, *Punctum pygmaeum*, *Vitrea crystallina* és a *Trichia hispida* fajok jelenléte és dominancia szintjei alapján (3. melléklet).

Ezek után beillesztettem a szelvényt a felső-pleisztocénre kidolgozott regionális bio-, öko- és klímasztratigráfiai rendszerbe (Sümegi-Krolopp, 1995, 2002) és a kronológiai adatok, kvartermalakológiai eredmények nyomán igyekeztem az egyes malakológiai szintek kifejlődését lehatárolni (4. melléklet). A malakológiai anyag alapján a madarasi löszfeltárás kezdő szakasza a *Trichia hispida*-*Bithynia leachi* biozóna – *Catinella arenaria* szubzóna *Granaria frumentum*-*Vallonia enniensis* zonulájának végével azonosítható. Míg a szelvény döntő része a *Semilimax kotulai* szubzóna során halmozódott fel. Az általam kijelölt paleohőmérsékleti horizontok határai több ponton egyeznek a zonula határokkal. A szelvény érdekes vonása, hogy a zonulák jelentős vastagságban fejlődtek ki. Ez alól csak a *Pupilla triplicata*- és a *Vallonia tenuilabris* zonula a kivétel, ezek a típuslelőhelyekhez képest kisebb szelvényszakaszt fognak át, ugyanakkor a *Vallonia costata*-, *Punctum pygmaeum*-*Vestia turgida*- és a *Pupilla sterri* zonulák tekintélyes részét adják a szelvénynek. Ezek az eltérések mindenképpen a löszfeltárás finom felbontásából erednek. Az viszont, hogy nem minden zonula vastagabb, maga után vonja azt a következtetést, hogy a területen változhatott az üledék felhalmozódási sebessége.

A *Vallonia costata* zonula típushelye a lakiteleki téglagyári szelvény, ott 20 cm-es kifejlődésben tanulmányozható (Sümegi-Krolopp, 1995). Madarason, a fauna alapján ennek a zonulának egy 130 cm-es szakasz felel meg.

Érdekes a *Columella columella zonula* kifejlődése, azaz „ki nem fejlődése”, ugyanis ez a felső-pleisztocén egyik lehülési szintjét jelzi. Madarason azonban nem ezt találjuk. A zonulának megfelelő horizontban vegyes, átmeneti jellegű a faunakép.

A *Punctum pygmaeum-Vestia turgida zonula* a típushelyen 50 cm-es szelvényszakaszt fog át, míg Madarason ez az érték 210 cm. Több más szelvényhez hasonlóan (Krolopp-Sümegei, 1991, 2002; Hum, 1998, 1999; Sümegei-Krolopp, 2000/b, 2001/a; Krolopp, 2001) itt is kimutatható, hogy a zonula kétosztatú. Jelentős hidegtűrő, és kisebb mértékű hidegkedvelő dominancia ékelődik a tágtűrésű és nedvességkedvelő elemekkel jellemezhető szintbe. Ezen túl a szelvény sajátossága, hogy a *P. pygmaeum* faj a zonulában több dominancia csúcsot produkál, valamint ezzel párhuzamosan megjelenik a *Semilimax semilimax* és a *Vitrina pellucida* is (3. melléklet).

A *Pupilla sterri zonula* ennél még tetemesebb, 280 cm-es vastagságban fejlődött ki a területen, szemben a típuslelőhely 40 cm-es szelvényrészével.

Úgy véltem, hogy a szelvény finom felbontása alkalmassá teszi azt egy globális sztratigráfiai párhuzamosításra, hasonlóan a katymári löszszelvényhez (Sümegei, 2007). Ezért a North GRIP GICC05 (Greenland Ice Core Chronology 2005) jelzésű grönlandi fúrásszelvény megfelelő szakaszával (Andersen et al. 2006; Rasmussen et al. 2006) vetettem össze a madarasi adatokat. Természetesen a katymárihoz hasonló illesztéshez több koradatra lenne szükség, azonban párhuzam így is vonható a két szelvény között. Az összehasonlítás nyomán megállapítható, hogy a 10 méteres löszfal felhalmozódása a GI-3 (Greenland Interstadial) felmelegedési szint idején indult meg, magába foglalja a H2, H1 lehülési szinteket és feltehetően egészen a GI-1 felmelegedés kezdetéig tartott. Érdekes, hogy az LGM (Last Glacial Maximum) idején nem tapasztalunk drasztikus hideghullámot, a klíma inkább hűvös-párás, mint hideg lehetett. Vagyis a madarasi löszfeltárás képződése a felső-würmre, a MIS (Marine Isotope Stages) 3 végére és a MIS 2 idejére tehető, de a würm záró szakaszát és a MIS 1 kifejlődést csak hiányosan tartalmazza (4. melléklet).

Mind a regionális, mind a globális sztratigráfiai összehasonlítás igazolta feltevésemet, hogy a 13 faj (*Succinea oblonga*, *Granaria frumentum*, *Columella columella*, *Pupilla muscorum*, *Pupilla sterri*, *Pupilla triplicata*, *Vallonia costata*, *Vallonia tenuilabris*, *Clausilia dubia*, *Punctum pygmaeum*, *Vitrea crystallina*, *Trichia hispida*, *Cepaea vindobonensis*) alapján számolt hőmérő adatsora stabilabb, így az ez által kijelölt horizontok határai biztosabbak, mintha a dominancia lefutásokat vennénk alapul.

Végző lépésként egy közeli földrajzi fekvésű, hasonló korú és azonos felbontású löszszelvénytel hasonlítottam össze a madarasi faunát. A katymári löszszelvény (5. melléklet)

egészével nem, de 7 méter feletti részével több ponton egyezést tudtam kimutatni. Az egyes fajok megjelenése és dominanciája hasonló, különbségeket a jelenlétek hosszában tapasztalhatunk. A melegkedvelő fajok Madarason hosszabb szakaszon vannak jelen, a hidegkedvelők több dominancia csúcsot produkálnak és jelenlétük a szelvény felső részén egybefüggő. A magasabb páratartalmi igényű fajok közül a *S. oblonga*, *D. ruderatus* és a *P. pygmaeum* aránya magasabb és jelenlétük tartósabb, mint Katymáron. A *Punctum pygmaeum-Vestia turgida* zonula is fejlettebb, míg Katymáron 130 cm-es kifejlődésben (8. katymári horizont, 370-240 cm – Sümegi, 2007) tanulmányozható a Ságvár-Lascaux interstadiális faunája, addig Madarason ez 210 cm. Az ezt követő lehűlés hosszabb és alacsonyabb hőmérsékletű, mint Katymáron (14. ábra, 6. melléklet).

Ezekből az adatokból több következtetést lehet levonni. A hosszabban elnyúló jelenlétek, az egyes zonulákhoz rendelhető tekintélyes üledékvastagságok kétséget kizáróan a szelvény nagyon finom felbontását jelzik. Ezt a koradatok alapján számolt ülepedési ráta is alátámasztja, mely átlagosan 0,965 mm/évnek adódik. Emiatt, és a 4 cm-es feldolgozásnak köszönhetően véleményem szerint a felső-pleisztocén regionális sztratigráfiai egységei (Sümegi-Krolopp, 1995) közül a *Punctum pygmaeum-Vestia turgida* zonula jelenleg a madarasi szelvényben tanulmányozható a legrészletesebben, illetve a *Pupilla sterri* zonula kifejlődése is mindenképpen figyelemre méltó. A katymári szelvénnel való azonosságok egyértelműen a földrajzi közelség miatt ilyen szembetűnőek, a különbségek pedig rávilágítanak arra a már korábban megállapított tényre (Sümegi et al. 1991, 2000; Sümegi, 1996/b, 2007), hogy a lokális környezeti adottságok jelentősen befolyásolják a mikroklímát és ezáltal az ott élő faunaközösségeket. Feltehetően a két szelvény eltérő fekvése – Madaras északi, míg Katymár nyugati – miatt adódnak különbségek a hidegkedvelők dominancia szintjeiben. Ehhez járul hozzá a területen érvényesülő szubmediterrán klímahatás (Sümegi-Krolopp, 2001/a, 2002). Ez magasabb hőmérsékletet és csapadékbevételt eredményez az ország déli részén (Sümegi et al. 1991; Sümegi, 1996/b, 2007; Hum, 1998, 1999). A jelentősebb páratartalmi értékek egyértelműen ennek köszönhetőek, ugyanakkor az átlagosan magasabb hőmérséklet nem mutatható ki, sőt, a *Pupilla sterri* zonula idején kifejezetten alacsony hőmérsékletet rekonstruálhatunk. Ez a szelvény északi fekvésével magyarázható, mely befolyásolta a terület hőmérsékleti és páratartalmi viszonyait. Ennek köszönhető, hogy a nedvességkedvelő elemek nagyon elterjedtek a szelvény mentén, különösen a hűvös klímaszakaszok során, de még a nagyobb hideghullámok alkalmával sem tűnnek el az üledékből. Ez alapján arra következtethetünk, hogy a nedvesséigényes fajok számára a madarasi terület menedékhelyként működhetett. Ugyanakkor a szelvény dél-alföldi helyzete lehetővé tette azt is, hogy a felmelegedések során déli elemek – például *Granaria frumentum*

– vándoroljanak be a területre. Ez alátámasztja Sümegi korábbi megállapításait, hogy a felmelegedések idején, a kiterjedt szubmediterrán hatás következtében balkáni refugialis területről thermoxerofil elemek vándorolhattak be a Kárpát-medencébe (Sümegi-Krolopp, 1995; Sümegi-Hertelendi, 2001; Sümegi et al. 2002; Sümegi, 2007).

Mindezekből véleményem szerint egyrészt az következik, hogy érdemes átgondolni a korábbi mintavételezési stratégiákat, mert a finomabb felbontás pontosabb és részletesebb elemzést tesz lehetővé. Másrészt az eredmények alapján jelenleg ez a szelvény tárja fel legjobban, legaprólékosabban és legrészletesebben a MIS 3-2 átmenetet szárazföldi környezetben a Kárpát-medencében.

9. Summary

Loessic sediments that formed during the Quaternary accumulated in diverse climatic conditions. Changing circumstances fundamentally influenced temperature, the amount of precipitation and thus features of vegetation. Besides loess sedimentation, these processes unequivocally had impacts on the fauna as well, particularly mollusc species occurring in great numbers. Thus by accomplishing statistical analysis of paleoecological records on the malacofauna trapped in layers of sediment we may gain information about the development of loessic formations and the onetime environmental conditions (Krolopp-Sümegei, 1992; Sümegei-Krolopp, 1995). Temperature conditions of this onetime environment can be determined most accurately by studying terrestrial molluscs. Furthermore, we can of course make statements on humidity relations and vegetation coverage too; although these data are not that accurate, as a decisive majority of gastropods is not plant species-specific, and their moisture requirement does not depend primarily on precipitation input, but much rather on soil's water retaining capacity (Sümegei, 2001). Considerable amount of scientific literature is available in this topic, which has already proved the method's applicability many times, and the well-foundedness of this particular scientific area.

I investigated the malacological material of an already learnt loess excavation during my research. In other words, my aim was not to “map” a still unknown area, but to present a more comprehensive, more detailed excavation of an existing spot. We managed to achieve this goal by means of decreasing sampling intervals and increasing the amount of collected sediment. Conclusively, we collected 250 samples having taken at 4 cm intervals from a 10 m vertical loess profile at Madaras, of which I selected and identified altogether 110,795 specimens of 36 species.

By using results of amino acid analyses (Csapó-Sümegei, 2012) I was able to employ three calibrated BP data for the dating of the loess profile. Although radiocarbon analyses were already performed in the area (T. Dobosi, 1967; Sümegei-Krolopp, 1995; Willis et al. 2000; Sümegei, 2007; Sümegei et al. 2007), their results can rather be of informative nature. Since it has been proved to be definite by the faunal analysis and new age data that the loess wall at Madaras, slanting north-northwesterly, “retreated” during the brickyard's operation in south-southeastern direction in accordance with the mining face. Therefore horizons moved upward, and earlier age data took deeper positions in relation to their contemporary locations in the loess profile.

During the assessment, I classified species into ecological groups on the basis of their temperature requirement following the guidelines of Soós (1943, 1955-59) Krolopp (1983), Bába (1983, 1986) Sümegi (1989), Krolopp-Sümegi (1992, 1995) and Sümegi-Krolopp (1995). Thus I studied not only the dominance relations of individual species but also the coexistence of species with similar claims.

During my analyses I stated the following, which simultaneously presents the thesis statements of my PhD dissertation:

I separated 9 paleotemperature horizons along the profile during the interpretation and procession of the malacological material. In other words, I did not rely on the individual dominance relations, but I designated sections with regard to changes of the ‘malacothermometer’ elaborated by Pál Sümegi (Sümegi, 1989, 1996).

The analysis I completed reveals that accumulation of the loess dust was induced under warm and precipitative climatic conditions. Subsequently, the mean July paleotemperature decreased continuously with more or less fluctuation up until the upper, one and a half-meter-thick section. Two greater “cold wave” can be detected during this fall in temperature, when the temperature dropped below 11°C. Additionally, higher humidity values prevailed in the area on the basis of the occurrence and the dominance level of *Succinea oblonga*, *Columella columella*, *Clausilia dubia*, *Punctum pygmaeum*, *Vitrea crystallina* and the *Trichia hispida* species.

Subsequently, I introduced the cross section into the regional bio-, eco- and climatostratigraphical frameworks elaborated for the Upper Pleistocene (Sümegi-Krolopp, 1995, 2002), and made efforts to section the development of individual malacological sequences with respect to chronological data and quatermalacological results. The malacological material suggests that the initial section of the Madaras loess excavation can be identified as the *Trichia hispida*-*Bithynia leachi* biozone-final section of the *Granaria frumentum*-*Vallonia enniensis* zonule of the *Catinella arenaria* subzone. Whereas a dominant portion of the profile developed during the *Semilimax kotulai* subzone. Boundaries of the paleotemperature horizons I delineated correspond to the boundary between zonules at many points. It is a curious feature of the section that zonules developed in significant thickness. The only exceptions are presented by the *Pupilla triplicata*- and the *Vallonia tenuilabris* zonules, which overlie smaller section of the profile in relation to the type locality. Nevertheless, the *Vallonia costata*-, *Punctum pygmaeum*-*Vestia turgida*- and the *Pupilla sterri* zonules represent a remarkable portion of the profile. These alterations derive, by all

means, from the finer resolution having applied on the loess excavation. Nonetheless, the fact that not all zonules have thicker character leads us to the conclusion that velocity of sediment deposition could have changed in the area.

Vallonia costata zonule's type locality is represented by the profile at the Lakitelek brickyard, where its 20-cm-thick formation can be studied (Sümegei-Krolopp, 1995). Based on faunal components, a 130-cm-thick section at Madaras can be associated with this zonule.

The development, or rather the 'non-development' of Columella columella zonule presents curiosity, as it marks one of the cooling horizons of the Upper Pleistocene. Nonetheless, we find no traces of this at Madaras. The faunal composition exhibits mixed, transitional character in the horizon that can be associated with this zonule.

Punctum pygmaeum-Vestia turgida zonule represents 50 cm of the loess section at the type locality, while this value is 210 cm at Madaras. It can be indicated similarly to other profiles (Krolopp-Sümegei, 1991, 2002; Hum, 1998, 1999; Sümegei-Krolopp, 2000/b, 2001/a; Krolopp, 2001) that the zonule comprises two sections. Significant dominance of cold-resistant and smaller-degree of cryophilous elements intruded the horizon characterized by mesophilous and higrophilous species. Moreover, it is the profile section's feature that more peaks are presented in the dominance of the species *P. pygmaeum* in the zonule, and that *Semilimax semilimax* and *Vitrina pellucida* also appear coincidentally.

Pupilla sterri zonule developed in a lot greater degree, in a thickness of 280 cm in the area, as opposed to that 40-cm-thick profile section at its type locality.

I considered that the profile's high resolution would enable a global stratigraphic comparison, similarly to the loess sections at Katymár (Sümegei, 2007). Therefore I collated the records of Madaras with relevant sections – North GRIP GICC05 – from the Greenland Ice Core Chronology 2005 (Andersen et al. 2006; Rasmussen et al. 2006). More chronological data would be, of course, needed for a collation like that of Katymár, however, comparison between the two profiles can already be drawn. Conclusively, it may be stated that the onset of the accumulation of that 10 m vertical loess wall was in GI-3 (Greenland Interstadial) period, included H2 and H1 stadials, and could have lasted until the GI-1 interstadial's onset. It is interesting that we do not experience drastic cool snap during the period of the LGM (Last Glacial Maximum), the climate could have been cool and humid, rather than cold. In other words, the formation of the loess wall of Madaras can be dated to the Upper Würm, the terminal phase of MIS 3 (Marine Isotope Stages) and throughout MIS 2, but it contains the terminal phase of the Würm and the MIS 1 formation only deficiently.

Both the regional and the global stratigraphic collation verified my hypothesis, namely that dataset of the thermometer calculated upon that 13 species (*Succinea oblonga*, *Granaria frumentum*, *Columella columella*, *Pupilla muscorum*, *Pupilla sterri*, *Pupilla triplicata*, *Vallonia costata*, *Vallonia tenuilabris*, *Clausilia dubia*, *Punctum pygmaeum*, *Vitrea crystallina*, *Trichia hispida*, *Cepaea vindobonensis*) presents greater stability, thus boundaries of horizons delineated by relying on them are more definite than those obtained from dominance values.

Finally, I drew comparison between the Madaras fauna and another loess section that lies close geographically, resembles in chronological sense, and has records of identical resolution. I did not manage to present absolute parity with the loess wall of Katymár, but I could identify more matches in its portion above 7 meters. Occurrence and dominance of individual species are similar; we can detect distinctions in their duration. Warm-loving species are represented by longer sections in the loess sequence at Madaras, whereas cryophilous species demonstrate more peaks in dominance, and their presence in the upper portion is coherent. Among higrophilous species proportions of the *S. oblonga*, *D. ruderatus* and the *P. pygmaeum* are higher, and their occurrence more permanent than in Katymár. *Punctum pygmaeum*-*Vestia turgida* zonule is also more developed: whereas the Ságvár-Lascaux interstadial fauna can be studied on a 130-cm-thick formation in Katymár (Katymár 8 horizon, 370-240 cm – Sümegei, 2007), relevant layer thickness at Madaras reaches 210 cm. The consecutive stadial period was longer and lower in temperature than in Katymár.

We can draw several conclusions from the abovementioned data. Occurrences that stretch longer, remarkable amounts of deposited sediment associated with individual zonules refer undoubtedly to the profile's very high resolution. This is also verified by the deposition rate calculated from age data, which measures 0.965 mm per year. Therefore, and owing to the 4 cm processing intervals I consider that the *Punctum pygmaeum*-*Vestia turgida* zonule can be the most meticulously investigated among the regional stratigraphic units of the Upper Pleistocene (Sümegei-Krolopp, 1995) in the loess profile of Madaras; furthermore, the development of *Pupilla sterri* zonule is, by all means, remarkable. Striking identities to the profile at Katymár are unequivocally due to geographical proximity, whereas distinctions reflect to the formerly articulated fact (Sümegei et al. 1991; Sümegei, 1996/b; Sümegei, 2007; Sümegei et al. 2000) that local environmental endowments have significant impact on the microclimate, and thus faunal communities residing there. Differences in the dominance values of cold-loving species are presumably caused by dissimilar location – north-facing location in the case of Madaras and west-facing in the case of Katymár. Besides all these, sub-

Mediterranean climatic effect prevails in the mentioned area (Sümegei-Krolopp, 2001/a, 2002), which concludes higher temperature values and precipitation input in the southern portion of the country (Sümegei et al. 1991; Sümegei, 1996/b, 2007; Hum, 1998, 1999). More significant humidity values are definitely owing to this, however, the averagely higher temperature value cannot be detected; what is more, expressly low temperature can be reconstructed during the *Pupilla sterri zonule*. The latter can be explained by the north-facing character of the plot, which influenced the area's temperature and humidity conditions. Consequently, higrophilous elements are remarkably widespread along the profile, especially during cool climatic phases, but they did not disappear from the sediment on the occasions of more intensive cold snaps either. Therefore we may arrive at the conclusion that the area at Madaras could have functioned as a shelter for moisture-demanding species. At the same time, its location being in the Great Hungarian Plain enabled southern elements – e.g. *Granaria frumentum* – to infiltrate this territory, too. This contributes to Sümegei's earlier statements, i.e. that thermoxerophilous elements could have entered the Carpathian Basin from refugial areas of the Balkan as a consequence of the extensive sub-Mediterranean effect during the interstadial period (Sümegei-Krolopp, 1995; Sümegei-Hertelendi, 2001; Sümegei et al. 2002; Sümegei, 2007).

In my opinion, all the above mentioned suggest that, on one hand, earlier sampling methods are worth being revised, as finer resolution enables more accurate and detailed analysis. On the other hand, this loess profile reveals the MIS 3/2 transition under terrestrial circumstances the best, most meticulous and detailed way in the Carpathian Basin.

10. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni mindazoknak, akik segítséget nyújtottak abban, hogy ezen dolgozat elkészülhessen.

Első helyen családomnak szeretném megköszönni az évek során nyújtott támogatást, biztatást és azt a lelkesedést, mely nélkül ez a munka nem készülhetett volna el. Külön köszönöm Anyukámnak a munkám precíz helyesírási, és stilisztikai ellenőrzését.

Köszönöm témavezetőm, Dr. Sümegi Pál tanszékvezető egyetemi tanár sokéves útmutatását, bizalmát, tanácsait és segítségét, valamint a kézirat alapos szakmai ellenőrzését.

Külön köszönet illeti Dr. Geiger Jánost bátorító szavaiért és tanácsaiért, melyeket doktori tanulmányaim és a dolgozat írása közben kaptam tőle.

Köszönettel tartozom a Földtani és Őslénytani Tanszék egykori és jelenlegi dolgozóinak, név szerint Barkócziné Katikának, Imre Mariannak, Horváth Janinának, Sóla Angelikának, Dr. Hum Lászlónak, Veres Zsoltnak, Molnár Dávidnak, Dr. Gulyás Sándornak és Dr. Persaits Gergőnek, hogy munkámat támogatták.

Kiemelném Dr. Náfrádi Kata és Páll Dávid Gergely kollégáimat, mert nagyon sok segítséget, ötletet és támogatást köszönhetek nekik.

Köszönettel tartozom egykori szakdolgozóimnak, mert a munkájuk során felmerülő kérdések és problémák számomra is tanulságosak voltak.

Hálás vagyok barátaimnak – Almási Andinak, Knipl Pistinek, Kolláti Lindának, Illés Nórinak, Musák Szabinának, Nyári Diának, Vékony Zsuzsónak – akár szakmai eszmecserék során nyújtott tanácsaikért, meglátásaikért, akár magánbeszélgetéseinkért, melyek mindig új erőt adtak munkám során.

Végül, de nem utolsó sorban férjemnek, Zsoltinak szeretnék köszönetet mondani tengernyi türelméért, fáradhatatlan optimizmusáért és a kézirat szerkesztésének aprólékos javításáért.

11. Felhasznált irodalom

- Albert, Cs. – Salamon, R. – Csapó, J. (2006): *Fosszilis anyagok korának meghatározása az aminosavak átalakulása és racemizációja alapján.* – A Csíki Székely Múzeum Évkönyve, 2. pp. 415-483.
- Andersen, K. K. – Svensson, A. – Johnsen, S. J. – Rasmussen, S. O. – Bigler, M. – Röthlisberger, R. – Ruth, U. – Siggaard-Andersen, M.-L. – Steffensen, J. P. – Dahl-Jensen, D. – Vinther, B. M. – Clausen, H. B. (2006): *The Greenland Ice Core Chronology 2005, 15-42 ka. Part 1: constructing the time scale.* – Quaternary Science Reviews, 25. 23-24. pp. 3246-3257. doi: 10.1016/j.quascirev.2006.08.002
- Ant, H. (1963): *Faunistische, ökologische und tiergeographische Untersuchungen zur Verbreitung der Landschnecken in Nord-westdeutschland.* – Abhandlungen aus dem Landesmuseum für Naturkunde zu Münster in Westfalen, 25. p. 1-125.
- Bába, K. (1966): *A Tisza hullámterének puhatestűi Algyő és Szeged között.* – Szegedi Tanárképző Főiskola Tudományos Közleményei, 11. pp. 91–98.
- Bába, K. (1983): *Magyarország szárazföldi csigáinak állatföldrajzi besorolásához felhasznált faj area térképek I.* – Folia Historico Naturalia Musei Matraensis, 8. pp. 129-138.
- Bába, K. (1986): *Magyarország szárazföldi csigáinak besorolásához felhasznált fajarea térképek és értelmezésük II.* – Folia Historico Naturalia Musei Matraensis, 11. pp. 49-69.
- Bába, K. (1994): *Adatok Csongrád megye (Dél-alföld) gyepeinek állatföldrajzi viszonyaihoz a csigák alapján.* – Malakológiai Tájékoztató, 13. pp. 81–90.
- Bartha, F. (1964): *Biosztratigráfiai vizsgálatok a Dorog-Esztergomi-medence pleisztocén kori képződményein.* – Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1961-ről, pp. 407–416.
- Bennett, K. D. (1992): *PSIMPOLL – a quickBASIC program that generates PostScript page description files of pollen diagrams* – INQUA Commission for the study of the Holocene: working group on data handling methods, Newsletter, 8. pp. 11-12.
- Bond, G. – Heinrich, H. – Broecker, W. – Labeyrie, L. – McManus, J. – Andrews, J. – Huson, S. – Jantschik, R. – Clasen, S. – Simet, C. – Tedesco, K. – Klas, M. – Bonani, G. – Ivy, S. (1992): *Evidence for massive discharges of icebergs into the North Atlantic ocean during the last glacial period.* – Nature, 360. pp. 245-249. doi:10.1594/PANGAEA.52215

- Bond, G. – Broecker, W. S. – Johnsen, S. J. – McManus, J. – Labeyrie, L. – Jouzel, J. – Bonani, G. (1993): *Correlations between climate records from North Atlantic sediments and Greenland ice*. – Nature, 365. 143-147. pp. 143-147. doi:10.1038/365143a0
- Borhidi, A. 1961: *Klimadiagramme und Klimazonale Karte Ungarns*. – Annales Universitatis Scientiarum Budapestiensis, Sectio Biologica, 4. pp. 21–50.
- Boycott, A. E. (1934): *The habitats of land Mollusca in Britain*. – Journal of Animal Ecology, 22. pp. 1-38.
- Csapó, J. – Albert, Cs. – Salamon, Sz. – Darvas, L. – Kovács, J. – Salamon, R. – Albert, B. – Csapó-Kiss, Zs. (2008): *Az aminosavak racemizációján alapuló korbecslés alkalmazása egy magyarországi és egy erdélyi mamutcsont és –agyar korának meghatározására*. – Somogyi Múzeumok Közleményei, 18. pp. 139-146.
- Csapó, J. – Csapó-Kiss, Zs. – Csapó, J. JR. (1998): *Use of the amino acids and amino acid racemization for age determination in archaeometry*. – Trends in Analytical Chemistry, 17.3. pp. 140-148.
- Csapó, J. – Némethy, S. – Folestad, S. – Tiversen, A. – Martin, T. G. – Csapó-Kiss, Zs. (1994): *Age determination based on amino acid racemization. A new possibility*. – Amino Acids, 7. pp. 317-325. DOI: 10.1007/BF00807707
- Cameron, R. A. D. - Redfern, M. (1976): *British Land Snails*. – Academic Press, London, p. 62.
- Dansgaard, W. – Johnsen, S. J. – Clausen, H. B. – Dahl-Jensen, D. – Gundelstrup, N. S. – Hammer, C. U. – Hvidberg, C. S. – Steffensen, J. P. – Sveinbjörnsdottir, Á. E. – Jouzel, J. – Bond, G. (1993): *Evidence for general instability of past climate from a 250 kyr ice-core record*. – Nature, 364. 218-220. doi:10.1038/364218a0
- Domokos, T. (1982): *Morphometrical study of the chronocline of Granaria frumentum (Draparnaud, 1801) (Gastropoda: Chondrinidae)*. – Miscellanea Zoologica Hungarica, 1. pp. 45-51.
- Domokos, T. (1985): *A Horváti-likból (Uppony) előkerült holocén Granaria frumentum (Draparnaud) morfológiai vizsgálata és kora*. – Malakológiai Tájékoztató, 5. pp. 9-13.
- Domokos, T. (1995): *A Gastropodák létállapotáról, a létállapotok osztályozása a fenomenológia szintjén*. – Malakológiai Tájékoztató, 14. pp. 79-82.
- Domokos, T. – Fűköh, L. (1984): *A Granaria frumentum (Draparnaud, 1801) héjmorfológiája klímavizsgálatok tükrében (Gastropoda: Chondrinidae)*. – Folia Historico Naturalia Musei Matraensis, 9. pp. 91-107.
- Dövényi, Z. (szerk.) (2010): *Magyarország kistájainak katasztere*. – Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. p. 1-876.

- Rousseau, D. D. (1990): *Methods and concepts in European quaternary stratigraphy – introduction to methods for the study of stratigraphical records*. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 80 (1). pp. 1-6.
- Fényes, J. (1981): *A Duna-Tisza közti tőzeges tavak fejlődéstörténete Mollusca-fauna vizsgálata alapján*. – Doktori Disszertáció (kézirat), József Attila Tudományegyetem, Szeged, p. 1-69.
- Fűköh, L. (1978): *Észak-magyarországi barlangok holocén üledékeinek malakofaunisztikai vizsgálata*. – Doktori Értekezés (kézirat), Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen, p. 1-65.
- Fűköh, L. (1980): *Adatok az Upponyi-szoros csigafaunájához*. – *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis*, 6. pp. 137-145.
- Fűköh, L. (1990): *A magyarországi holocén Mollusca-fauna fejlődéstörténete az elmúlt tízezer év során*. – Kandidátusi Értekezés (kézirat), Mátra Múzeum, Gyöngyös, p. 1-118.
- Fűköh, L. - Krolopp, E. (2004): *Magyarország negyedidőszaki malakológiai bibliográfiája (1883-2002)*. – *Malakológiai Tájékoztató*, 22. pp. 5-38.
- Gause, G. F. (1932): *Experimental studies on the struggle for existence*. – *Journal of Experimental Biology* 9. pp. 389-402.
- Géczy, B. (1993): *Ősállattan I. Invertebrata paleontologia*. – Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, p. 1-596.
- Halaváts, Gy. (1891): *A szegedi két artézi kút*. – Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve, 9. pp. 77-97.
- Hardin, G. (1960): *Competitive Exclusion*. – *Science*, 131. pp. 1292-1297.
- Harrison, S. P. – Sanchez Goni, M. F. (2010): *Global patterns of vegetation response to millennial-scale variability and rapid climate change during the last glacial period*. – *Quaternary Science Reviews*, 29. 21-22. pp. 2957-2980. doi: 10.1016/j.quascirev.2010.07.016
- Heinrich, H (1988): *Origin and consequences of cyclic ice rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the past 130.000 years*. – *Quaternary Research*, 29. pp. 142-152.
- Hertelendi, E. - Sümegi, P. - Szöör, Gy. (1992): *Geochronologic and paleoclimatic characterization of Quaternary sediments in the Great Hungarian Plain*. – *Radiocarbon*, 34. pp. 833-839.
- Hertelendi, E. – Lóki, J. – Sümegi, P. (1993): *A Háy-tanya melletti feltárás rétegsorának szedimentológiai és sztratifikai elemzése. Sedimentological and stratigraphic*

- examination of the profile at the Háy-tanya excavation.* – Acta Geographica, Geologica et Meteorologica Debrecina, 30-31. pp. 65-75.
- Horusitzky, H. (1903): *A diluviális mocsárlöszről.* – Földtani Közlöny, 33. pp. 209–216.
- Horusitzky, H. (1905): *Előzetes jelentés a Nagy-Alföld diluviális mocsárlöszéről.* – Földtani Közlöny, 39. pp. 135-143.
- Horusitzky, H. (1909): *Újabb adatok a löszről és a diluviális faunáról.* – Földtani Közlöny, 39. pp. 135–143.
- Horusitzky, H. (1911): *A szegedi diluviális faunáról.* – Földtani Közlöny, 41. pp. 249–254.
- Horváth, A. (1954/a): *Az Alföldi lápok puhatestűiről és az Alföld változásairól.* – Állattani Közlemények, 44. pp. 63–70.
- Horváth, A. (1954/b): *A paksi pleisztocén üledékek csigái és értékelésük.* – Állattani Közlemények, 44. pp. 171–185.
- Hum, L. (1998): *Délkelet-Dunántúli lösz-paleotalaj sorozatok keletkezésének rekonstrukciója üledéktani, geokémiai és őslénytani vizsgálatok alapján.* – Doktori Disszertáció (kézirat), József Attila Tudományegyetem, Szeged, p. 1-140.
- Hum, L. (1999): *Moháctól délre fekvő fiatal löszszelvények paleoökológiai vizsgálatai.* – Malakológiai Tájékoztató, 17. pp. 37-52.
- Hum, L. (2000): *A Szekszárd, volt „Budai úti” téglagyári lösz-paleotalaj sorozat paleoökológiai vizsgálatai.* – Malakológiai Tájékoztató, 18. pp. 29-50.
- Hum, L. – Horváth, Z. – Linkai, I. (2006): *A villánykövesdi téglagyár pleisztocén képződményei.* – In: Kiss, A. – Mezösi, G. – Sümeghy, Z. (eds.): *Táj, környezet és társadalom.* Szegedi Egyetem Kiadványa, pp. 305-314.
- Hum, L. – Sümegi, P. (2001): *Dunaszekcsői pleisztocén rétegsorok malakológiai vizsgálata.* – Malakológiai Tájékoztató, 19. pp. 17-27.
- Hupuczi, J. – Lócskai, T. – Hum, L. – Sümegi, P. (2006): *Heinrich események kimutatása hazai löszszelvény alapján.* – Malakológiai Tájékoztató, 24. pp. 31-34.
- Jakab, G. – Sümegi, P. – Magyar, E. (2004): *A new quantitative method for the paleobotanical description of late Quaternary organic sediments.* – Antaeus, 27. pp. 181–211.
- Johnsen, S. J. – Clausen, H. B. – Dansgaard, W. – Gundestrup, N. S. – Hammer, C. U. – Andersen, U. – Andersen, K. K. – Hvidberg, C. S. – Dahl-Jensen, D. – Steffensen, J. P. – Shoji, H. – Sveinbjörnsdóttir, Á. E. – White, J. – Jouzel, J. – Fische, D. (1997): *The $\delta^{18}O$ record along the Greenland Ice Core Project deep ice core and the problem of possible Eemian climatic instability.* – Journal of Geophysical Research, 102. 12. pp. 26.397-26.410. doi:10.1029/97JC00167

- Kerney, M. P. - Cameron, R. A. D. – Jungbluth, J. H. (1983): *Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas*. – Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin, p. 1-384.
- Kertész, R. – Sümegi, P. – Kozák, M. – Braun, M. – Félegyházi, E. – Hertelendi, E. (1994): *Archeological and paleoecological study of an Early Holocene settlement in the Jászság Area (Jászberény I.)*. – Acta Geographica Geologica et Meteorologica Debrecina, 33. pp. 5-49.
- Kordos, I. (1977): *Holocén klímaváltozások Magyarországon a „pocokhőmérő” segítségével*. – Földrajzi Közlemények, 25. 1-3. pp. 222-229.
- Kordos, L. - Krolopp, E. (1990): *Alsó-pleisztocén puhatestű és gerinces fauna a Kisalföldről (Halászi, Arak I.sz. fúrás)*. – Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1988-ról, pp. 235–244.
- Kormos, T. (1904): *A Succinea (Lucena) oblonga Drap. eredetéről*. – Állattani Közlemények, 3. pp. 184.
- Kormos, T. (1905/a): *A Dunántúl keleti részének pleisztocénkorú puhatestű faunája*. – A Balaton Tudományos Tanulmányozásának Eredményei, 1.1., Paleontológiai Függelék, 10. pp. 1–31.
- Kormos, T. (1905/b): *A püspökfürdői és tatai Neritinák kérdéséhez*. – Állattani Közlemények, 4. pp. 39–44.
- Kormos, T. (1906): *A Balatonmelléki diluviális Neritinákról*. – Földtani Közlöny, 36. pp. 295–296.
- Kormos, T. (1909): *Magyarországi új pleisztocén csigák*. – Földtani Közlöny, 39. pp. 4–7.
- Kormos, T. (1910/a): *A pleisztocén és postpleisztocén klímaváltozások bizonyítékai Magyarországon*. – A Magyar Királyi Földtani Intézet Népszerű Kiadványai, 2. pp. 61–68.
- Kormos, T. (1910/b): *Új adatok a balatonmelléki alsópleisztocén rétegek geológiájához és faunájához*. – A Balaton Tudományos Tanulmányozásának Eredményei, 1.1., Paleontológiai Függelék, 4. pp. 1–50.
- Kretzoi, M. (1957): *Wirbeltierfaunistische Angaben zur Quarterchronologie der Jankovich-Höhle*. – Folia Archeologica, 9. pp. 16-22.
- Kretzoi, M. & Krolopp, E. (1972): *Az Alföld harmadkor végi és negyedkori rétegtana az őslénytani adatok alapján*. – Földrajzi Értesítő, 21. pp. 133–156.
- Krolopp, E. (1973): *Quaternary malacology in Hungary*. – Földrajzi Közlemények, 21. pp. 161-166.
- Krolopp, E. (1975): *Helicella obvia (Hartmann, 1840) aus dem ungarischen Pleistocän*. – Soosiana, 3. pp. 7-10.

- Krolopp, E. (1980/a): *A Földtani Intézet pleisztocén malakológiai típusanyaga. Pleistocene mollusc type material at the Hungarian Geological Institute.* – Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1978-ról, pp. 359–383.
- Krolopp, E. (1980/b): *Die mittelpleistozäne, jungpleistozäne und postglaziale Gastropodenfauna der Felsnische Tarkő.* – Karszt és Barlangkutatás, 9. pp. 15–38.
- Krolopp, E. (1981): *Negyedidőszaki sztratotípusaink Mollusca faunája: Kisláng.* – Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1979-ről, pp. 477–482.
- Krolopp, E. (1982): *Negyedidőszaki sztratotípusaink Mollusca faunája. Süttő.* – Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1980-ról, pp. 371–380.
- Krolopp, E. (1983): *A magyarországi pleisztocén képződmények malakológiai tagolása.* – Kandidátusi Értekezés (kézirat), Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, p. 1-160.
- Krolopp, E. (1989): *A madarasi téglagyári löszfeltárás malakológiai vizsgálata.* – Cumania, 11. pp. 13-27.
- Krolopp, E. (1990): *Molluscan fauna from Vértesszőlős.* In: Kretzoi, M. – T. Dobosi, V. (ed.) *Vértesszőlős– Site, Man and Culture.* - Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 163–182.
- Krolopp, E. (1992): *Negyedidőszaki sztratotípusaink Mollusca-faunája. Solymári Ördöglyuk- barlang.* – Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1990-ről, pp. 527–533.
- Krolopp, E. (1995): *Biostratigraphic division of Pleistocene formations in Hungary according to their mollusc fauna.* In: Fűköh, L. - Krolopp, E. - Sümegi, P.: *Quaternary Malacostratigraphy in Hungary.* – Malacological Newsletter, Supplementum, 1. pp. 17–78.
- Krolopp, E. (2001): *A tápiósülyi (=Sülysáp) felső-pleisztocén csigafauna.* – Malakológiai Tájékoztató, 19. pp. 29-35.
- Krolopp, E. (2002): *Pleisztocén Mollusca-faunánk taxonómiai, faunisztikai, rétegtani és paleoökológiai értékelése.* – Akadémiai Doktori Értekezés (kézirat), Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, p. 1-48.
- Krolopp, E. - Sümegi, P. (1991): *Dominance level of the species Punctum pygmaeum (Draparnaud, 1801) a biostratigraphical and paleoecological key level for the Hungarian loess sediments of the Upper Würm. A Punctum pygmaeum (Draparnaud, 1801) faj dominanciaszintje: a magyarországi felső-würm löszös üledékek biosztratigráfiai és paleoökológiai vezetősíntje.* - Soosiana, 19. pp. 17-23.
- Krolopp, E. – Sümegi, P. (1992): *A magyarországi löszök képződésének paleoökológiai rekonstrukciója Mollusca fauna alapján.* In: Szőőr Gy. (ed.): *Fáciesanalitikai,*

- paleobiogeokémiai és paleoökológiai kutatások.* – MTA Debreceni Akadémiai Bizottság, Debrecen, p. 247–263.
- Krolopp, E. – Sümegi, P. (1995): *Paleoecological reconstruction of the Late Pleistocene, based on Loess Malacofauna in Hungary.* – *GeoJurnal*, 36. pp. 213-222.
- Krolopp, E. – Sümegi, P. (2002): *A ságvári lösz-rétegsor csigafaunája.* – *Malakológiai Tájékoztató*, 20. pp. 7-14.
- Likharev, I. M. – Rammel'meier E. S. (1962): *Land Snails of the Fauna of the USSR.* – Akademia NaukSSSR, Moszkva, p. 1-574.
- Lócskai, T. – Hupuczi, J. – Hum, L. – Sümegi, P. (2006): *Dansgaard-Oeshger ciklusok kimutatása hazai löszszelvény alapján.* – *Malakológiai Tájékoztató*, 24. pp. 35-39.
- Lóczy L. (1887): *Jelentés az 1886. év nyarán Arad, Csanád és Temes megyékben eszközölt földtani részletes felvételekről. Bericht über die geologischen Detailaufnahmen im Arader, Csanáder und Temeser Comitate im Sommer des Jahres 1886.* – Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1886. évről, pp. 99–116.
- Ložek, V. (1964): *Quartärmollusken der Tschechoslowakei.* – *Rozpravy Ústředního ústavu geologického, Praha*, 31. p. 1- 374.
- Marosi, S. – Somogyi, S. (1990): *Magyarország kistájainak katasztere I-II.* – Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest.
- Mazaud, A. – Vimeux, F. – Jouzel, J. (2000): *Short fluctuations in Antarctic isotope records: a link with cold events in the North Atlantic?* – *Earth and Planetary Science Letters*, 177. 3-4. pp. 219-225. doi: 10.1016/S0012-821X(00)00040-6
- Meijer, T. (1985): *The pre-Weichselian nonmarine molluscan fauna from Maastricht-Belvédere (Southern Limburg, the Netherlands).* – *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, 39. pp. 75-103.
- Merényi, L. (1983): *Magyarországi pleisztocén és recens malakológiai bibliográfia.* p. 1–116.
- Miháltz, I. (1953): *A Duna-Tisza köze déli részének földtani felvétele.* – Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1950-ről, pp. 113-138.
- Molnár, B. (1961): *A Duna-Tisza közti eolikus rétegek felszíni és felszín alatti kiterjedése.* – *Földtani Közlöny*, 91. 3. pp. 300-316.
- Molnár, B. (1964): *A magyarországi folyók homoküledékeinek nehézsavány-összetétel vizsgálata.* – *Hidrológiai Közlöny*, 44. 8. pp. 347-355.
- Molnár, B. (1965): *Adatok a Duna-Tisza köze fiatal harmadidőszaki és negyedkori rétegeinek tagolásához és származásához nehézsavány-összetétel alapján.* – *Földtani Közlöny*, 95. 2. pp. 217-225.

- Molnár, B. (1966): *A Hajdúság pleisztocén eolikus üledéksora.* – Földtani Közlöny, 96. pp. 305-316.
- Molnár, B. (1967): *A Dél-Alföld pleisztocén feltöltődésének ritmusai és vízföldtani jelentőségük.* – Hidrológiai Közlöny, 47. 12. pp. 537-552.
- Molnár, B. (1973): *Az Alföld harmadidőszak végi- és negyedkori feltöltődési ciklusai.* – Földtani Közlöny, 103. pp. 294-310.
- Molnár, B. (1977): *A Duna-Tisza köz felső-pliocén (levantei) és pleisztocén földtani fejlődéstörténete.* – Földtani Közlöny, 107. 1. pp. 1-16.
- Molnár, B. – Geiger, J. (1981): *Homogénnek látszó rétegsorok tagolási lehetősége szedimentológiai, őslénytani és matematikai módszerek kombinált alkalmazásával.* – Földtani Közlöny, 111. pp. 238-257.
- Molnár, B. – Geiger, J. (1995): *Possibility for subdividing apparently homogeneous depositional sequences by combined use of sedimentological, palaeontological and mathematical methods.* – GeoJurnal, 36. 2/3. pp. 169-177.
- Molnár, B. – Krolopp, E. (1978): *Latest Pleistocene geohistory of the Bácska loess area.* – Acta Mineralogica – Petrographica, 23. 2. pp. 245-265.
- Mucsi, M. (1963): *Finomrétegtani vizsgálatok a kiskunsági édesvízi karbonátképződményekben.* – Földtani Közlöny, 93. pp. 373-386.
- Nebojszki, L. (2005): *A Telecskai-dombok lábánál.* – Természet Világa, 136. 9. pp. 405-408.
- Persaits, G. (2010): *A fitolitok szerepe a geoarcheológiai minták értékelésében.* – Doktori Disszertáció (kézirat), Szegedi Tudományegyetem, Szeged, p. 1-147.
- Pécsi, M. (1959): *A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalaktana.* – Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 1-345.
- Pécsi, M. (1965): *A Kárpát-medencebeli löszök, löszszerű üledékek típusai és litosztratigráfiai beosztásuk.* – Földrajzi Közlemények, 13. 4. pp. 305-356.
- Pécsi, M. (1993): *Negyedkor és löszkutatás.* – Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 1-375.
- Piperno, D. R. (1988): *Phytolith Analysis. An Archaeological and Geological Perspective.* – Academic Press Inc., San Diego, pp. 21-49.
- Rasmussen, S. O. – Andersen, K. K. – Svensson, A. M. – Steffensen, J. P. – Vinther, B. M. – Clausen, H. B. – Siggard-Andersen, M.-L. – Johnsen, S. J. – Larsen, L. B. – Dahl-Jensen, D. – Bigler, M. – Röthlisberger, R. – Fischer, H. – Goto-Azuma, K. – Hansson, M. E. – Ruth, U. (2006): *A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination.* – Journal of Geophysical Research, 111. D06102. doi:10.1029/2005JD006079

- Rotarides, M. (1931): *A lősz csigafaunája, összevetve a mai faunával, különös tekintettel a szegedvidéki löszökre.* – Állattani Közlemények, 8. pp. 1–180.
- Rotarides, M. (1942): *A pleisztocén puhatestű-fauna értékelése.* – Földtani Közlöny, 72. pp. 171–180.
- Rotarides, M. (1943): *Pleisztocén puhatestűek meghatározásának módszerei.* – Földtani Közlöny, 73. pp. 459–484.
- Rotarides, M. (1953): *Néhány alföldi lelőhely pleisztocén molluszka faunájának ismertetése.* – Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1950-ről, pp. 209–210.
- Rónai, A. (1977): *Negyedidőszaki kéregmozgások a Magyar-medencében.* – Földtani Közlöny, 107. pp. 431–436.
- Rónai, A. (1985): *Az Alföld földtana.* – Geologica Hungarica. Series Geologica, 21. p. 1–446.
- Shackleton, N. J. – Fairbanks, R. G. – Chiu, T. C. – Parrenin, F. (2004): *Absolute calibration of the Greenland time scale: implications for Antarctic time scales and for $\delta^{14}C$.* – Quaternary Science Reviews, 23. pp. 1513–1522. doi: 10.1016/j.quascirev.2004.03.006
- Soós, L. (1943): *A Kárpát-medence Mollusca-faunája.* – In: Magyarország természetrajza I. Állattani rész. – Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 1–478.
- Soós, L. (1955–1959): *Puhatestűek.* – In: Székessy, V. (ed.): Magyarország Állatvilága – Fauna Hungariae. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 19. kötet. 1, 2, 3.
- Sólymos, P. – Sümegi, P. – Domokos, T. (2002): *A héj morfo-hőmérő módszer és alkalmazásai a paleoökológiában.* – Földtani Közlöny, 132/különszám. pp. 257–263.
- Sparks, B.W. (1961): *The ecological interpretation of Quaternary non-marine Mollusca.* – Proceedings of the Linnean Society of London, 172. pp. 71–80.
- Stieber, J. (1967): *A madarasi löszprofil faszeneinek vizsgálata.* – Archeológiai Értesítő, 94. 2. pp. 192–193.
- Sümeghy, J. (1944): *A Tiszántúl.* – Magyar Királyi Földtani Intézet, Budapest, p. 1–208.
- Sümegi, P. (1986): *A Hajdúsági löszterület pleisztocén végi Mollusca-faunája.* – Malakológiai Tájékoztató, 6. pp. 40–47.
- Sümegi, P. (1989): *Hajdúság felső-pleisztocén fejlődéstörténete finomrétegtani (üledékföldtani, őslénytani, geokémiai) vizsgálatok alapján.* – Egyetemi Doktori Értekezés (kézirat), Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen, p. 1–96.
- Sümegi, P. (1995/a): *Az utolsó 30.000 év változásainak rekonstrukciója őslénytani adatok alapján a Kárpát-medence centrális részén.* „Berényi Dénes professzor születésének 95. évfordulója” tiszteletére rendezett tudományos emlékülés előadásai. – MTA Debreceni

- Területi Bizottsága, Meteorológiai Munkabizottság és KLTE Meteorológiai Tanszék Kiadvány, Debrecen, p. 244-258.
- Sümei, P. (1995/b): *Quartermalacological analysis of Late-Pleistocene loess sediments of the Great Hungarian Plain*. – In: Fűköh, L. (ed.): *Quaternary Malacostratigraphy in Hungary*. – *Malacological Newsletter Suppl.* 1. pp. 79-111.
- Sümei, P. (1996/a): *A Bátorligeti-láp fejlődéstörténete*. – *Calandrella*, 10. pp. 151-160.
- Sümei, P. (1996/b): *Az ÉK-magyarországi löszterületek összehasonlító őskörnyezeti rekonstrukciója és rétegtani értékelése*. – Kandidátusi Értekezés (kézirat), Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen, p. 1-120.
- Sümei, 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*. – In: Hamar, J. – Sárkány-Kiss, A. (eds.): *The Upper Tisa Valley*. – *Tiscia Monograph Series*, Szeged, pp. 173-204.
- Sümei, P. (2001): *A negyedidőszak földtanának és őskörnyezettanának alapjai*. – JATEPress, Szeged, p. 1-262.
- Sümei, P. (2003): *A régészeti geológia és a történeti ökológia alapjai*. – JATEPress, Szeged, p. 1-223.
- Sümei, P. (2005): *Loess and Upper Paleolithic environment in Hungary*. – AUREA Kiadó, Nagykovácsi, p. 1-312.
- Sümei, P. (2007): *Magyarország negyedidőszak végi környezettörténete (Az elmúlt 34 ezer év üledékföldtani és malakológiai változásai Magyarországon)*. – Akadémiai Doktori Értekezés (kézirat), Szegedi Tudományegyetem, MTA Régészeti Intézet, Szeged-Budapest, p. 1-545.
- Sümei, P. (2011): *Archeomalakológiai vizsgálatok Magyarországon*. – *Archeometriai Műhely*, 2011. 8. 2. pp. 101-116.
- Sümei, P. – Gulyás, S. eds. (2004): *The geohistory of Bátorliget Marshland*. – *Archaeolingua Press*, Budapest, p. 1-366.
- Sümei, P. – Hertelendi, E. (1998): *Reconstruction of microenvironmental changes in Kopasz Hill loess area at Tokaj (Hungary) between 15 000–70 000 BP years*. – *Radiocarbon*, 40. pp. 855–863.
- Sümei, P. – Hertelendi, E. (2001): *Negyedidőszak végi éghajlati változások rekonstrukciós lehetőségei őslénytani és izotópgeokémiai módszerekkel Magyarországon*. – *Acta Geographica, Geologica et Meteorologica Debrecina*, 35. pp. 317–342.

- Sümege, P. – Krolopp, E. (1995): *A magyarországi würm korú löszök képződésének paleoökológiai rekonstrukciója Mollusca-fauna alapján.* - Földtani Közlöny, 125. pp. 125-148.
- Sümege, P. – Krolopp, E. (2000/a): *Paleoecological reconstruction of the Ságvár-Lascaux interstadial (Upper Weichselian).* – ERAUL, 95. pp. 103-112.
- Sümege, P. – Krolopp, E. (2000/b): *A Kárpát-medence öskörnyezeti állapota a felső-würm egy éghajlati eseménye során (I. rész).* – Soosiana, 21. pp. 25-49.
- Sümege, P. – Krolopp, E. (2001/a): *A Kárpát-medence öskörnyezeti állapota a felső-würm egy éghajlati eseménye során (II. rész).* – Soosiana, 22. pp. 31-48.
- Sümege, P. – Krolopp, E. (2001/b): *Új adatok a holocén rétegtani és öskörnyezeti vitás kérdéseihez.* – Magyar Őslénytani vándorgyűlés előadáskivonatai, Pécsvárad, 4. pp. 1–33.
- Sümege, P. – Krolopp, E. (2002): *Quartermalacological analyses for modelling of the Upper Weichselian palaeoenvironmental changes in the Carpathian Basin.* – Quaternary International, 91. pp. 53-63.
- Sümege, P. – Krolopp, E. – Hertelendi, E. (1998): *A Ságvár-Lascaux interstadiális paleoökológiai rekonstrukciója.* – Acta Geographica Debrecina, 34. pp. 65-80.
- Sümege, P. – Krolopp, E. – Rudner, E. (2002): *Negyedidőszak végi öskörnyezeti változások térben és időben a Kárpát-medencében.* – Földtani Közlöny, 132. pp. 5–22.
- Sümege, P. – Molnár, M. – Svingor, É. – Szántó, Zs. – Hum, L. – Gulyás, S. (2007): *Results of radiocarbon analysis of Upper Weichselian loess sequences from Hungary.* – Radiocarbon, 49. 2. pp. 1023-1030.
- Sümege, P. – Szőör, Gy. – Hertelendi, E. (1991): *Palaeoenvironmental reconstruction of the last period of the Upper Würm in Hungary, based on malacological and radiocarbon data.* – Soosiana, 19. pp. 17-23.
- Szónoky, M. (1963): *A szegedi téglagyár lösz-szelvény finomrétegtani felbontása.* – Földtani Közlöny, 93. pp. 235–243.
- Szónoky, M. (1978): *Biosztratinómiai és fosszilizációs megfigyelések a dél-alföldi infúziós löszök molluszkáin.* – Soosiana, 6. pp. 21–26.
- Szőör, Gy. – Sümege, P. – Hertelendi, E. (1991): *Őshőmérsékleti adatok megahtározása malakohőmérő-módszerrel az Alföld felső pleisztocén – holocén klímaváltozásaival kapcsolatban.* – Acta Geographica Debrecina, 28-29. pp. 217-229.
- T. Biró, K. (1989): *A madarasi lelőhely kőeszközeinek nyersanyagáról.* – Cumania, 11. pp. 59-62.

- T. Dobosi, V. (1967): *Új felsőpaleolit telep az Alföldön.* – Archeológiai Értesítő, 94. 2. pp. 184-193.
- T. Dobosi, V. (1989): *Madaras-Téglavető felsőpaleolit telep, régészeti feldolgozás.* – Cumania, 11. pp. 45-58.
- T. Dobosi, V. – Köhegyi, M. (1989): *Felsőpaleolit telep Madaras-Téglavetőben, ásatások 1966-1974.* – Cumania, 11. pp. 9-11.
- Varga, A. – Fűköh, L. - Krolopp, E. (2005): *Magyar malakológiai bibliográfia (1727-2004).* – Malakológiai Tájékoztató, 23. pp. 5-129.
- Vörös, I. (1989): *Madaras-Téglavető felsőpleisztocén emlős maradványai.* – Cumania, 11. pp. 29-43.
- Willis, K. J. – Sümegi, P. – Braun, M. – Tóth, A. (1995): *The late Quaternary environmental history of Bátorliget, N.E. Hungary.* – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 118. 1-2. pp. 25-47. doi: 10.1016/0031-0182(95)00004-6
- Willis, K. J. – Rudner, Z. E. – Sümegi, P. (2000): *Full-glacial forests of central and South Eastern Europe.* – Quaternary Research, 53. pp. 203-213. doi: 10.1006/qres.1999.2119
- Wolf, H. (1867): *Geologisch-geographische Skizze der ungarischen Tiefebene.* – Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt Wien, 17. pp. 517–552.
- Zólyomi, B. (1989): *Magyarország természetes növénytakarója.* – In.: Pécsi M. (ed.): Nemzeti Atlasz. Kartográfia, Budapest, p. 1-89.

Internetes hivatkozások:

www.animalbase.uni-goettingen.de

www.atomki.hu/hekal/vizsgalati_eljarasok/radiokarbon_kormeghatározás_hu.html

www.calpal-online.de

www.mollbase.de

12. Ábrajegyzék

1. ábra: Mintagyűjtés állványzatról (a szerző felvétele)	20
2. ábra: A gastropoda ház legfontosabb részei (az eredeti kép forrása: www.mollbase.de).....	21
3. ábra: Néhány melegkedvelő faj (képek forrása: www.mollbase.de; fajok átlagos mérete Soós, 1955-59 alapján).....	24
4. ábra: Két hidegkedvelő faj (képek forrása: www.mollbase.de; fajok átlagos mérete Soós, 1955-59 alapján)	25
5. ábra: Néhány hidegtűrő faj (képek forrása: www.mollbase.de; fajok átlagos mérete Soós, 1955-59 alapján)	26
6. ábra: Néhány tágtűrősű faj (képek forrása: www.mollbase.de; fajok átlagos mérete Soós, 1955-59 alapján)	27
7. ábra: A madarasi mintaterület elhelyezkedése (Magyarország térképe Agrotopo adatbázis alapján szerkesztve, Magyarország földtani térképe 1:100.000)	32
8. ábra: A madarasi löszfal (a szerző felvétele).....	35
9. ábra: A mintázási terület digitális domborzatmodellje (készítette: Molnár Dávid)	36
10. ábra: A rekonstruált júliusi középhőmérsékleti értékek és a paleohőmérsékleti horizontok a szelvény mentén.	57
11. ábra: A madarasi szelvény ökológiai csoportjainak dominancia lefutása, a „malakohőmérő” és a paleohőmérsékleti horizontok.....	61
12. ábra: A madarasi löszszelvény koradatai (aminosav kor: Csapó-Sümege, 2012 alapján)	69
13. ábra: A katymári mintaterület elhelyezkedése (Magyarország térképe Agrotopo adatbázis alapján szerkesztve, Magyarország földtani térképe 1:100.000)	78
14. ábra: A két szelvény őshőmérsékleti adatai (aminosav korok: Csapó-Sümege, 2012 alapján; katymári adatok Sümege, 2007 nyomán szerkesztve)	85

13. Táblázatok jegyzéke

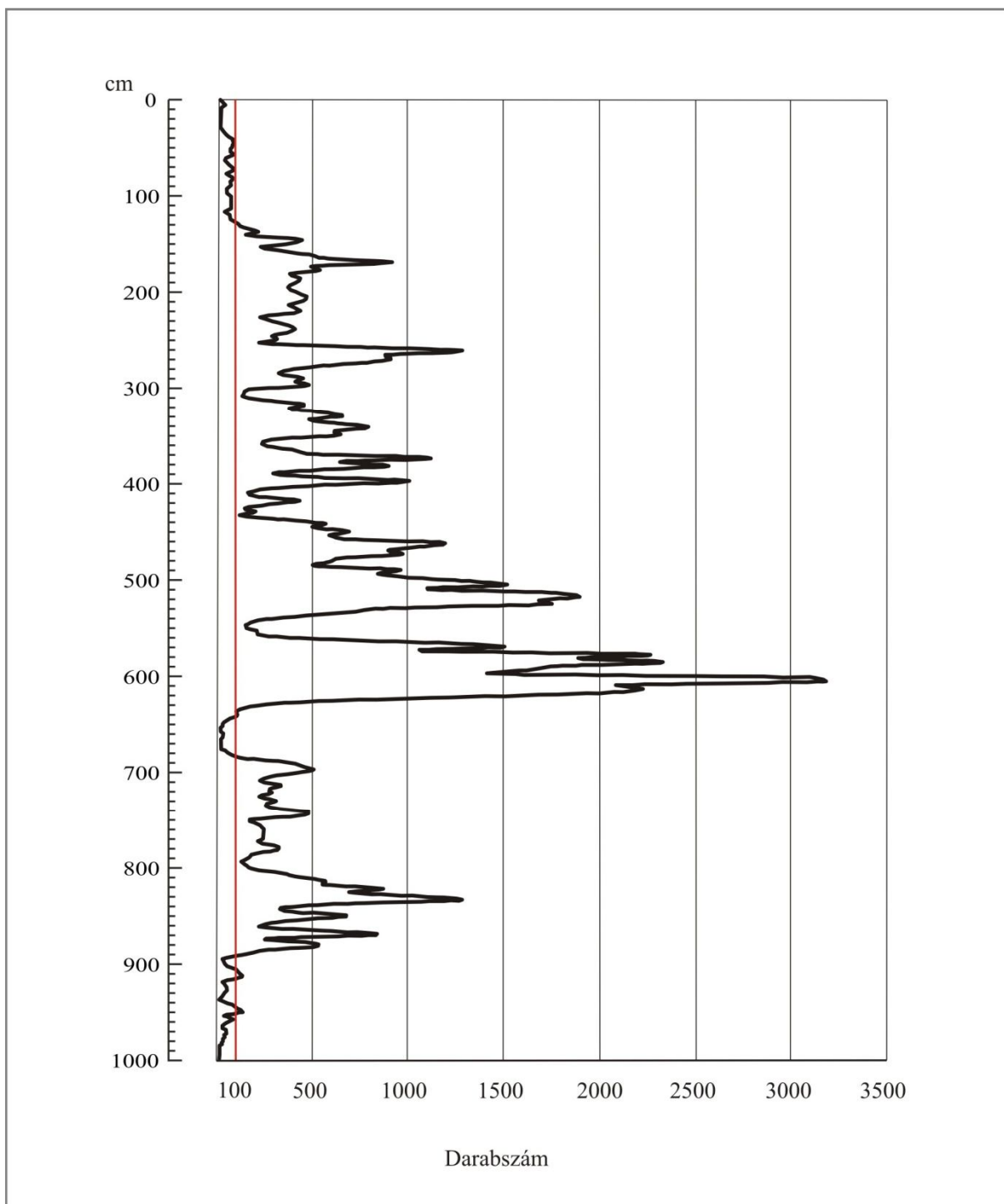
1. táblázat: Szárazföldi molluszka fajok paleoökológiai csoportosítása Sümegi, 2001 alapján	11
2. táblázat: Néhány löszben előforduló, nagyobb termetű szárazföldi puhatestű faj átlagos mérete Soós 1955-59 alapján.....	19
3. táblázat: A „malakohőmérő” módszernél felhasznált fajok aktivitási és optimális hőmérsékleti értékei (Sümegi, 1996/b, 2005 alapján).....	29

14. Mellékletek

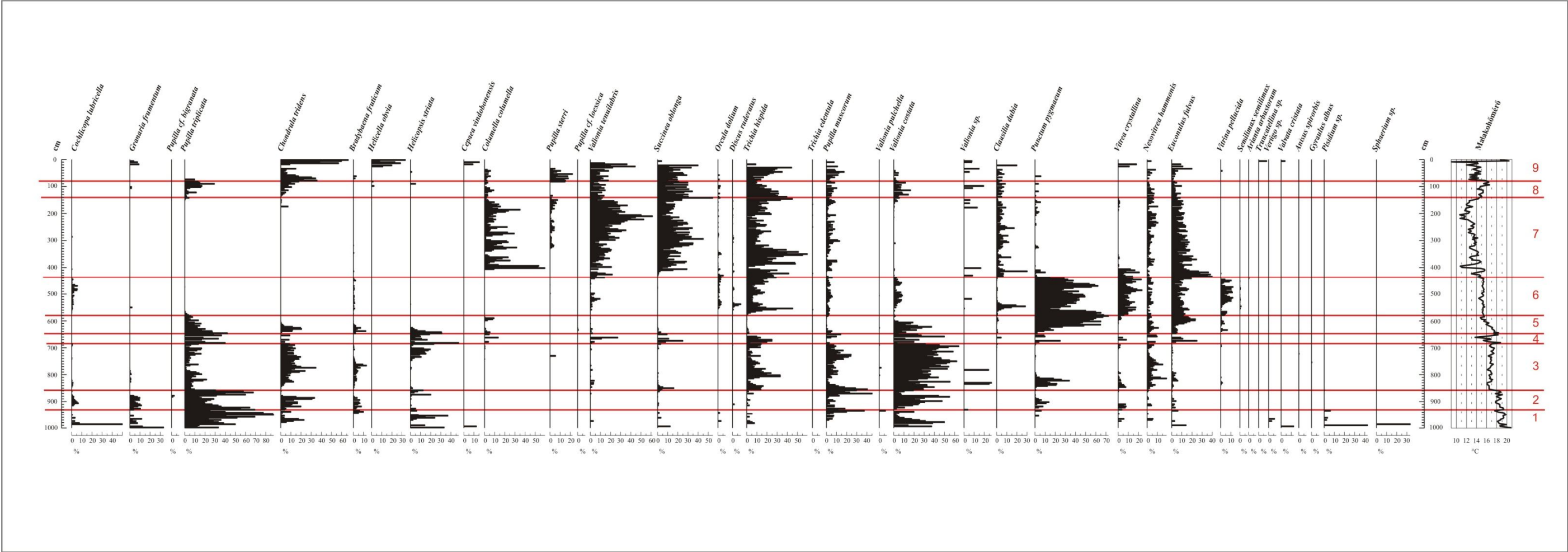
1. melléklet: A madarasi feltárásban található fajok listája és darabszáma (taxonális sorrend Soós 1955-1959 alapján)	114
2. melléklet: A madarasi feltárás összegyedszáma a mélység függvényében	115
3. melléklet: A madarasi löszfeltárás malakológiai anyagának dominancia viszonyai.....	116
4. melléklet: A malakológiai eredmények sztratigráfiai párhuzamosításai (koradatok Csapó-Sümege, 2012 nyomán; felső-würm zonulák: Sümege-Krolopp, 1995 alapján; North GRIP GICC05: Andersen et al. 2006 alapján).	117
5. melléklet: A katymári löszfeltárás malakológiai anyagának dominancia viszonyai, paleohőmérsékleti adatai és a szelvény globális sztratigráfiai párhuzamosítása (Sümege, 2007 alapján szerkesztve).	118
6. melléklet: A madarasi és a katymári fauna (aminosav kor Csapó-Sümege, 2012 nyomán; Katymár: Sümege, 2007 alapján szerkesztve).....	119

<i>Valvata cristata</i> (Müller, 1774)	2 db
<i>Anisus spirorbis</i> (Linnaeus, 1758)	1 db
<i>Gyraulus albus</i> (Müller, 1774)	1 db
<i>Succinea oblonga</i> (Draparnaud, 1801)	6.608 db
<i>Cochlicopa lubricella</i> (Porro, 1838)	489 db
<i>Granaria frumentum</i> (Draparnaud, 1801)	181 db
<i>Vertigo</i> sp.	2 db
<i>Truncatellina</i> sp.	2 db
<i>Columella columella</i> (Martens, 1830)	4.788 db
<i>Pupilla muscorum</i> (Linnaeus, 1758)	4.504 db
<i>Pupilla</i> cf. <i>bigranata</i> (Rossmässler, 1839)	20 db
<i>Pupilla sterri</i> (Voith, 1838)	559 db
<i>Pupilla triplicata</i> (Studer, 1820)	5.695 db
<i>Pupilla</i> cf. <i>loessica</i> (Ložek, 1954)	3 db
<i>Orcula dolium</i> (Draparnaud, 1801)	421 db
<i>Vallonia pulchella</i> (Müller, 1774)	11 db
<i>Vallonia costata</i> (Müller, 1774)	10.915 db
<i>Vallonia tenuilabris</i> (Braun, 1843)	7.786 db
<i>Vallonia</i> sp.	1.063 db
<i>Chondrula tridens</i> (Müller, 1774)	2.462 db
<i>Clausilia dubia</i> (Draparnaud, 1805)	1.799 db
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	29.201 db
<i>Discus rudieratus</i> (Férussac, 1821)	144 db
<i>Vitrea crystallina</i> (Müller, 1774)	4.228 db
<i>Nesovitrea hammonis</i> (Strøm, 1765)	3.869 db
<i>Euconulus fulvus</i> (Müller, 1774)	10.696 db
<i>Vitrina pellucida</i> (Müller, 1774)	2.491 db
<i>Semilimax semilimax</i> (Férussac, 1802)	42 db
<i>Bradybaena fruticum</i> (Müller, 1774)	637 db
<i>Helicella obvia</i> (Menke, 1828)	13 db
<i>Helicopsis striata</i> (Müller, 1774)	695 db
<i>Trichia hispida</i> (Linnaeus, 1758)	11.447 db
<i>Trichia edentula</i> (Draparnaud, 1805)	6 db
<i>Arianta arbustorum</i> (Linnaeus, 1758)	2 db
<i>Cepaea vindobonensis</i> (Férussac, 1821)	4 db
<i>Sphaerium</i> sp.	1 db
<i>Pisidium</i> sp.	7 db

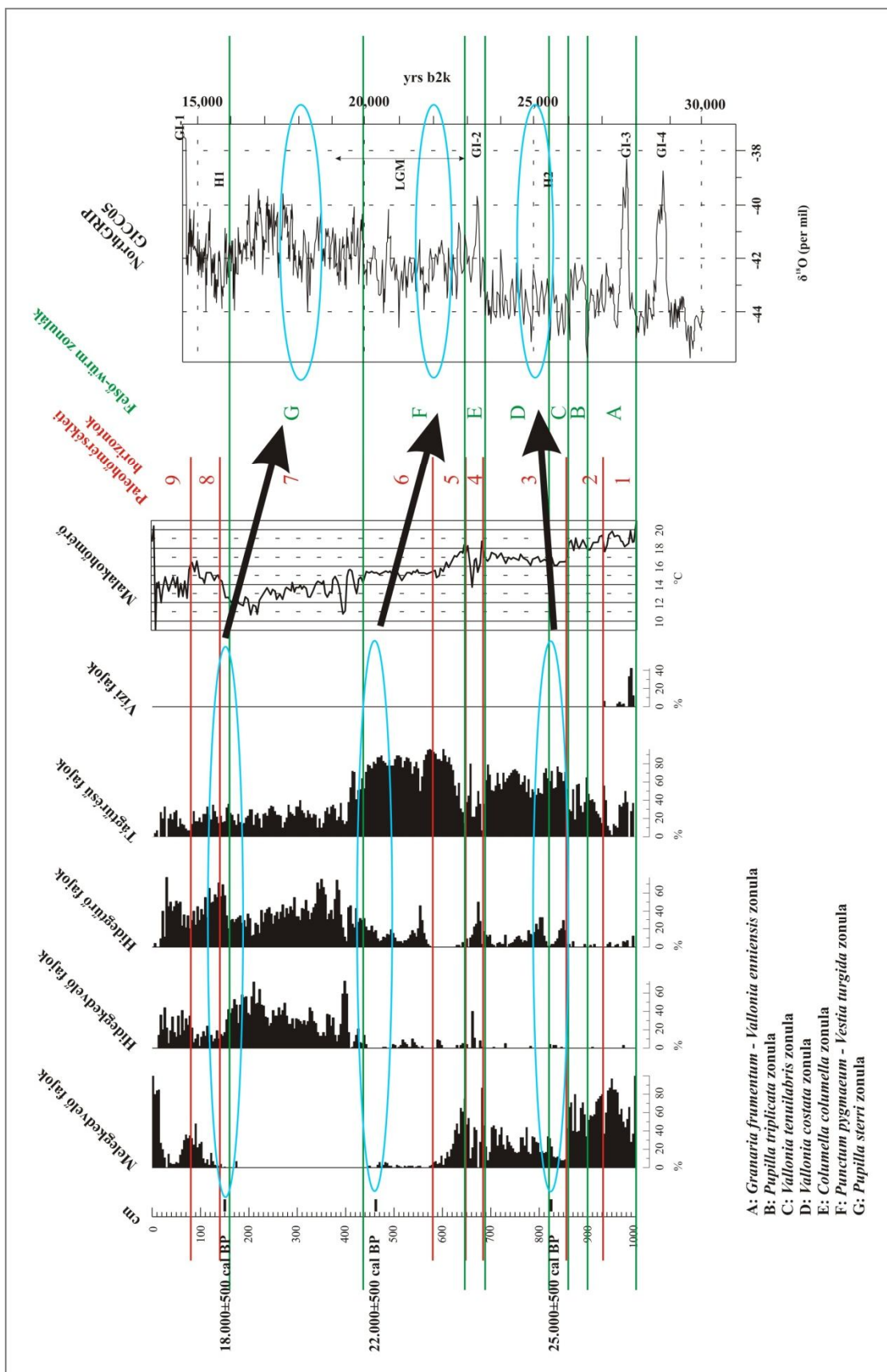
1. melléklet: A madarasi feltárásban található fajok listája és darabszáma (taxonális sorrend Soós 1955-1959 alapján)



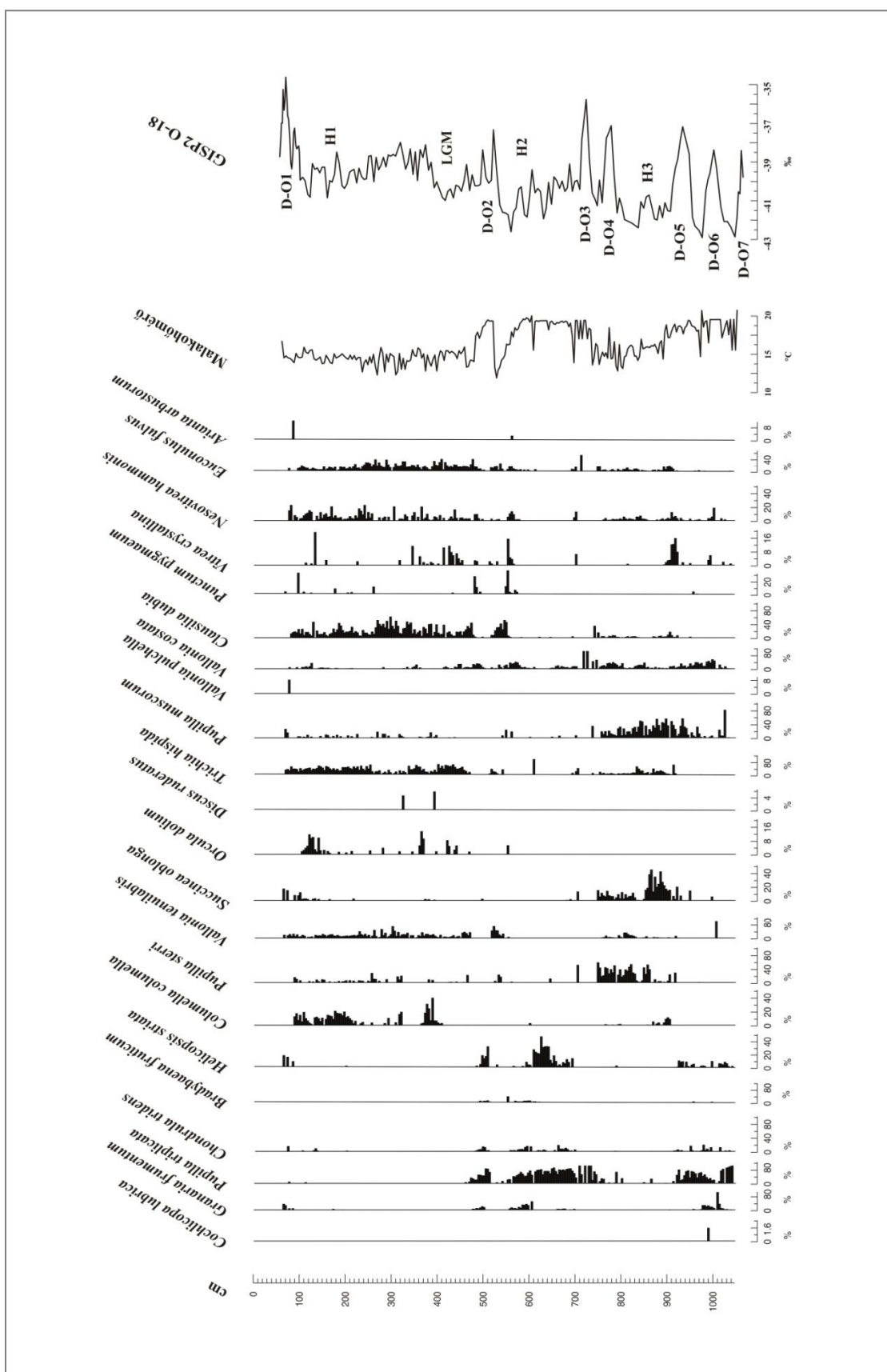
2. melléklet: A madarasi feltárás összegyedszáma a mélység függvényében



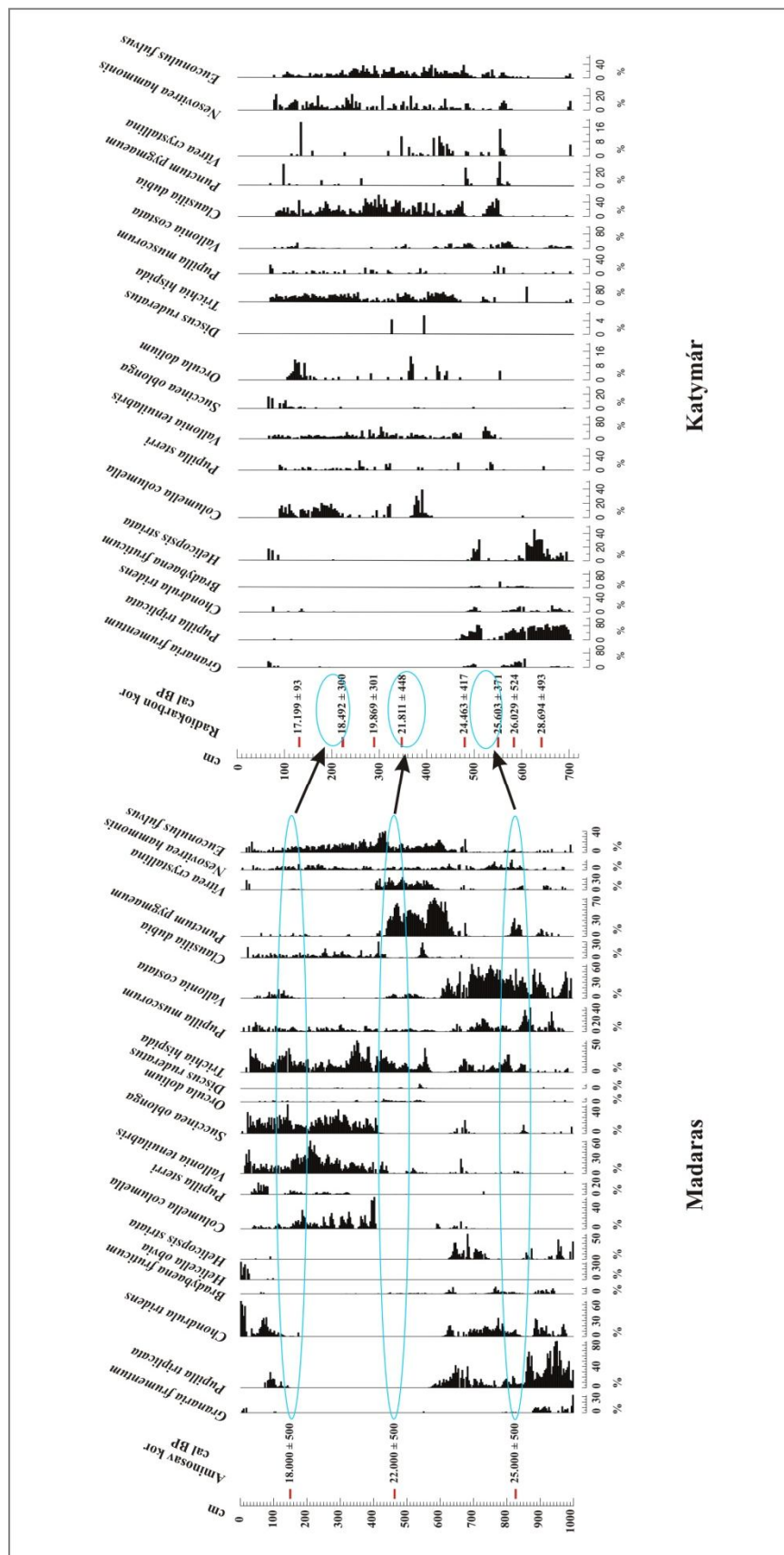
3. melléklet: A madarasi löszfeltárás malakológiai anyagának dominancia viszonyai



4. melléklet: A malakológiai eredmények sztratiográfiai párhuzamosításai (koradatok Csapó-Sümei, 2012 nyomán; felső-würm zonulák: Sümei-Królopp, 1995 alapján; North GRIP GICC05: Andersen et al. 2006 alapján).



5. melléklet: A katymári löszfeltárás malakológiai anyagának dominancia viszonyai, paleohőmérsékleti adatai és a szelvény globális sztratigráfiai párhuzamosítása (Sümei, 2007 alapján szerkesztve).



6. melléklet: A madarasi és a katymári fauna (aminosav kor Csapó-Sümei, 2012 nyomán; Katymár: Sümei, 2007 alapján szerkesztve).