

A KÁRPÁT-MEDENCE NÖVÉNYZETÉNEK KIALAKULÁSA

JÁRAINÉ KOMLÓDI MAGDA

H-1125 Budapest, Álom u. 20.

1. BEVEZETÉS

A Kárpát-medence rendszeres negyedkori vegetációtörténeti feltárása a 20. század első felében kezdődött. Tágabb értelemben vett paleobotanikai kutatás KOVÁCS GY. munkássága révén már 1856 óta folyik hazánkban, de negyedkori fossziliákról az első közlések csak a századforduló idején láttak napvilágot. Az 1800-as évek végén még csak szórvány adatokról tudunk más irányú (legtöbbször geológiai) vizsgálatok melléktermékeként és legfeljebb csak, mint "vizinövények" vagy "lomblevelek" lenyomatai megnevezéssel. Az 1900-as évek elején már botanikusok, paleobotanikusok, így elsősorban TUZSON J. közöltek jól identifikált adatokat. Ekkoriban még főleg moha kövületek voltak ismeretesek SZEPESFALVI J. ÉS BOROS Á. munkássága révén. Továbbá kiváló xyilotómiai eredmények láttak napvilágot a negyedkori faszénmaradványok rendszeres feldolgozásával, főként HOLLENDONNER F., SÁRKÁNY S. és STIEBER J. kutatásainak eredményeképpen. Az első palinológiai eredmények később, a harmincas években születtek, azon történeti növényföldrajzi felismerés ösztönzésére, miszerint a jelenben lejátszódó folyamatok megértéséhez a múltbeli történések ismerete igen fontos. Ennek jegyében, elsősorban ZÓLYOMI B. palinológiai és SOÓ R. történeti növényföldrajzi munkássága nyomán az 1950-es évekre már kirajzolódott hazánk holocén vegetációtörténete és több fontos kérdésben (például a magyar puszta eredete) már kialakult a máig érvényes koncepció.

A magyar negyedkori vegetációtörténeti és történeti növényföldrajzi kutatás a továbbiakban ezen eredményekre támaszkodva, módszereiben korszerűsödve és kiteljesedve, számos társtudomány eredményeit bevonva haladt tovább. Így az elmúlt fél évszázad folyamán történt kutatások hazánk és részben a Kárpát-medence múltjának megismerését az alsó-pleisztocénig kiterjesztették, a paleoökológiai viszonyokat az erdőfejlődésen túl a foszilis lágyszárú- és vizinövények identifikálása segítségével tovább finomították.

Jelen tanulmány célja ezen időszak gazdag, nemzetközileg is elismert eredményeinek rövid összefoglalása és az utóbbi években sokasodó újabb eredmények értelmezése a fontosabb paleobotanikai leletekre és kérdésekre összpontosítva.

Szükségét látjuk ennek azért, mert a közelmúltban újra örömdetesesen fellendülő negyedkori klíma- és vegetációtörténeti kutatás eredményességének alapfeltétele e gazdag információs tárház figyelembe vétele, azaz az új, sok tekintetben az eddigieknél korszerűbb módszerekkel történő, komplexebb mai kutatásoknak ezekre az előzményekre való építkezése.

A cél, amely hetven éve fogalmazódott meg, hogy a jelen a múlt ismerete nélkül nem érthető meg, napjainkban, amikor a vegetációdinamika, a változás lépten-nyomon megnyilvánul, érvényesebb, mint valaha.

A Kárpát-medence mai, nagyléptékű vegetáció típusai a harmadidőszak folyamán alakultak ki, akkor játszódtott le az erdők jellegzetességeinek utolsó, nagy, döntő változása. A miocénig ugyanis a paleobotanikai bizonyítékok alapján Közép-Európában még vegyes lombos- és tűlevelű fajok alkották mind a lombhullató, mind a trópusi-szubtrópusi örökzöld erdőket, melyeknek legjellemzőbb alkotói a luc (*Picea*), a tölgy (*Quercus*) és az éger (*Alnus*) voltak, még sok, a későharmadkorra jellemző fával, mind nyitvatermőkkel: pl. mamutfenyő (*Sequoia*), mocsárciprus (*Taxodium*), ernyőfenyő (*Sciadopitys*), hemlökfenyő (*Tsuga*), mind zárvatermőkkel: pl. hikoridió (*Carya*), szárnyasdió (*Pterocarya*), gumiszil (*Eucommia*), tupelófa (*Nyssa*), ámbrafa (*Liquidambar*), bokrétafa (*Aesculus*), liliumfa (*Magnolia*), sztiraxfa (*Styrax*), mézillatfa (*Meliosma*), parásfa (*Phellodendron*). A vegetációtípusok még jelentősen eltértek a jelenlegi hasonló típusoktól. Több taxon, erdőalkotó faj ma már csak Délkelet-Ázsiában vagy Észak-Amerikában él, de mintegy 20 millió évvel ezelőtt megkezdődött az addigi társulások fanemek szerinti specializálódása: egyrészt kialakultak a tisztán zárvatermő erdők, majd az önálló nyitvatermő, tűlevelű erdőkkel borított nagyobb területek, s végül ezek uralkodó fanemek szerinti további specializálódása: először a lucosok, majd a jegenyefenyőerdők, s végül az erdeifenyvesek.

Bár a késő harmadidőszakban (miocén, pliocén) már az egész Földön folyamatos, fokozatos lehűlésnek és a klíma kontinentálisabbá válásának tanúi jelentkeznek az élővilágban, a harmadidőszak végi (pliocén, Reuveri) klíma egész Észak-Euráziában a mainál melegebb, nedvesebb volt. A juliusi átlaghőmérséklet Közép- és Nyugat-Európában + 2-3 °C-al, Kelet-Európában + 4-5 °C-al lehetett magasabb a mainál. A januári és az évi átlaghőmérséklet is legalább + 5-7 °C-al lehetett magasabb Közép- és Kelet-Európában és Szibériában, mint ma. Az évi csapadék átlagot 300 mm-el nagyobbak becsülik a mainál. A klíma általában óceánikusabb volt.

A harmadidőszak elején, például az eocén folyamán, tehát a mérsékeltövi területeken, így a Kárpát-medencében is a növényzet még túlnyomóan melegéövi volt örökzöld trópusi fákkal és pálmákkal. Ekkor még hazánkban is élt a ma csak az óvilági trópusi mangróve mocsarakban növő *Nipa* pálma. Ekkoriban (paleocén) még jelentős evolúciós lépések is történtek, például a pázsitfűfélék (*Poaceae*) megjelenése.

A késő harmadidőszaktól kezdve azonban az északi mérsékeltöv növényzete, elsősorban az úgynevezett arktotercier fajok elterjedése és ezáltal új növénytársulások kialakulása révén már jelentősen megváltozott. Igaz, törzsejlődésről már nincs bizonyíték és néhány nemzetség kivételével már minden ma élő nemzetség is kialakult, de számos új faj keletkezett, míg az addig élők, eltekintve néhány monotipikus genus egyetlen fajától, mint például a kínai guttapercsafa (*Eucommia ulmoides*) vagy az észak-amerikai tulipánfa (*Liriodendron tulipifera*), mind kihaltak.

A klímarozsabbodás csúcsa a hozzánk legközelebb álló földtörténeti szakasz, a mintegy 2,5 millió éve kezdődött negyedidőszak alatt következett be. Ettől az időtől kezdve már legfeljebb új fajok keletkezéséről tudunk. Főként a növényzet florisztikai összetétele, a növényzeti övek elhelyezkedése, a taxonok areája változott. A flóra fokozatosan elszegényedett. Jószerével az összes trópusi nemzetség eltűnt Európából, a nagyléptékű környezeti változások, elsősorban a mérsékeltöv eljegesedésével kapcsolatos drámai klímaváltozások hatására (ANDREÁNSZKY 1954; JÁRAI-KOMLÓDI 1982; JÁRAI-KOMLÓDI & VIDA 1983).

1.1. A múlt kutatásának főbb módszerei

A magyar flóra és növénytakaró negyedidőszaki történetét részben a különböző periódusokból fennmaradt reliktum-növényeknek és az őket megőrző maradvány tájfoltnak, részben pedig a paleobotanikai vizsgálatokkal előkerült makro- és mikro-fossziliáknak a segítségével lehet nyomon követni.

A módszer lényege, hogy az évmilliókig is változatlanul megmaradó, eltemetett (fosszilis) növényi maradványokat valamilyen rokonsági szinten általában azonosítani lehet azzal az anyanövénnyel, amelyiknek része lehetett (pollen, szár, levél, mag stb.), s így rétegről-rétegre feltárva pl. a pollent, megismerhetjük az eltemetődött réteg korában élt paleonövényzetet. Mivel a mindenkori növénytakaró az uralkodó éghajlat függvénye, segítségükkel az egykori klímának az időbeli változása, alakulása is rekonstruálható. A rovarmegporzású növények virágpóra elsősorban a lokális, míg a szélmegporzásúaké főként a regionális paleoviszonyokat tükrözi.

Hazánk következőiben vázolt negyedidőszaki klíma- és vegetációtörténetének felderítése elsősorban ezzel a módszerrel, az ún. pollenanalízis segítségével vált lehetővé. Ebben a nyomozásban azonban igen fontos a nagyobb (makrofosszília) növényi maradványok (levél, törzs, gyökér, termés stb.) szerepe is, akár kővület, akár faszén formájában. Míg a pollenanalízis legfőbb lehetősége a milliányi fosszilis virágporszem miatt a statisztikai értékelésben, és a növényzetnek nemcsak a lokális, hanem nagyléptékű, regionális vagy zonális megítélésében, addig a szórványosabban előforduló makrofossziliák fontossága az "in situ" fosszilizálódás és az abszolút kormeghatározás (faszenek) lehetőségének tekintetében van.

Habár a negyedkori paleoökológiai kutatások már korábban is éltek az azonos területeken talált állati- és növényi makro- és mikro-fossziliák, így a mohaleletek együttes figyelembevételével (például JÁRAI-KOMLÓDI 1966/b) a jelenleg megindult paleobryológiai analízis jelentős módszertani előrelépés elsősorban a lápkutatásban (JAKAB és MAGYARI 2000). Megvalósulását a század első felétől mindmáig tartó nemzetközi viszonylatban is előkelő helyen elismert hazai recens és paleobryológiai kutatás alapozta meg, hogy csak SZEPESFALVI, BOROS, PÓCS, ORBÁN munkásságára utaljunk.

Az egykori növényvilág feltárására tehát legjobb módszer az, ha a paleobotanika egészének tárházát igénybe tudjuk venni, azaz minden lelőhelyen felkutatjuk és megvizsgáljuk mind a makro- mind a mikro-fossziliákat.

A paleokörnyezet, paleoklíma megbízhatóbb, finomabb részletekre is kiterjedő, ugyanakkor szélesebb körű megismerésére a tudományok ennél is bővebb területét szükséges figyelembe venni: így elsősorban az állati fossziliákat pl. vízi mikroszervezeteket, csiga, kis- és nagyemlős maradványokat. A tengeri üledékek fossziliái a jelentős, tartós, globális klímaváltozások, így a glaciális lehűlések egyik legmegbízhatóbb bizonyítékai, mert nagy tömege miatt a tengervíz csak drasztikus klímaromlás hatására tud hirtelen lehűlni. A szárazföldek belsejében ez a folyamat sokkal elhúzódóbb (JUHÁSZ 1983). Nagyon fontos paleoökológiai adatokat szolgáltathatnak az élettelen környezettel foglalkozó természettudományok, pl. a földtan (geológia), a földfelszín alakana (geomorfológia), a földfizika (geofizika) és az ösvíztan (paleohidrológia).

A Kárpát-medence geológiai képződményeinek harmadidőszakvégi és teljes negyedidőszaki rétegtani időbeosztását (kronosztratigráfia) a geomorfológia és az életrétegtani (biosztratigráfia) adatok alapján készítették el, a földtörténet élettelen és élő eseményeinek összehangolásával (KRETZOI & PÉCSI 1982, HERTELENDI és mtsai 1992).

A negyedidőszak végi régészeti leletek és a legfiatalabb történeti időkben a társadalomtudományok írott emlékei a legfontosabb források a közelmúlt kutatásában. Bizonyos tehát, hogy minél több tudományterület adatait hasonlítjuk össze, annál megbízhatóbb, annál szélesebb körű a rekonstrukció.

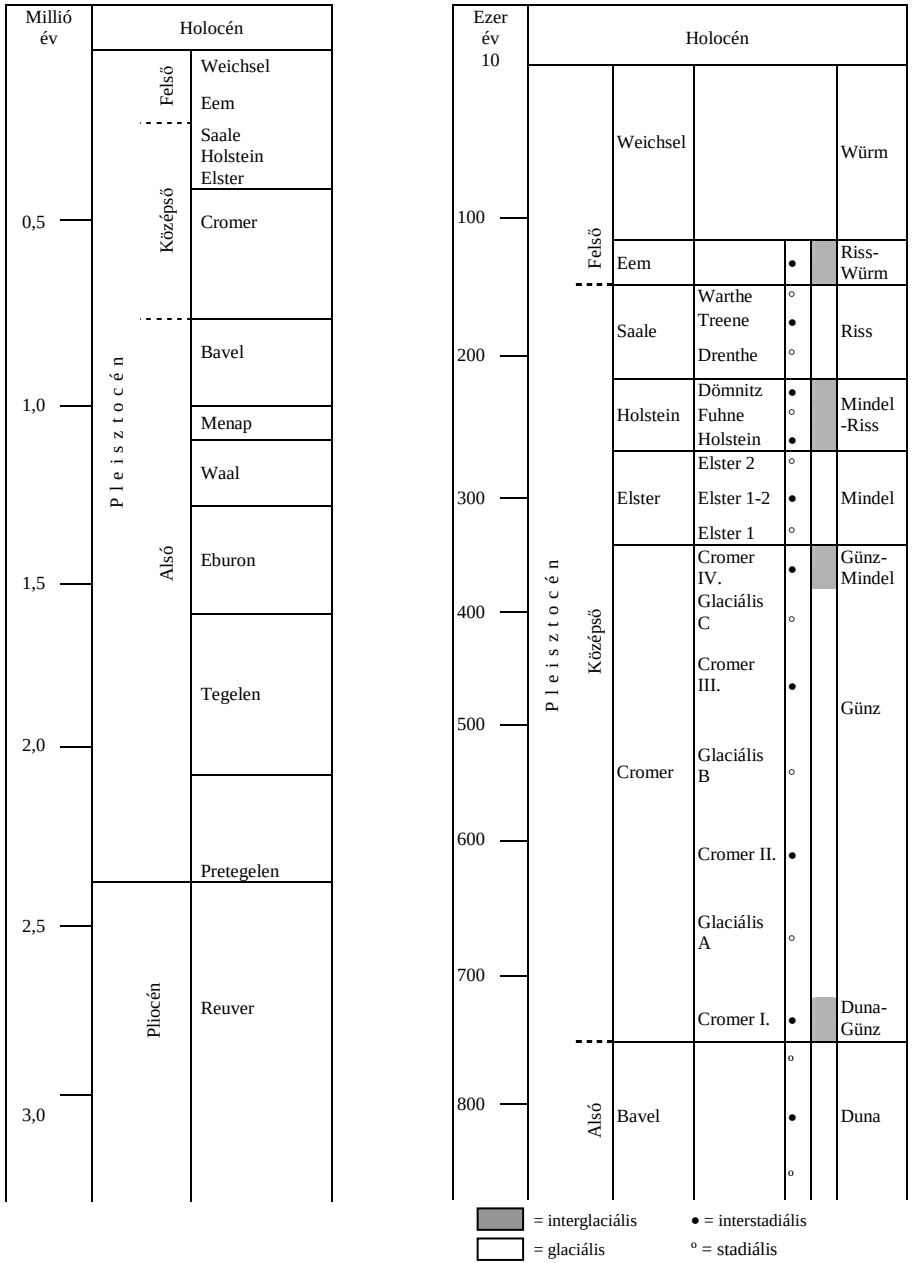
1.2. A jégkorszakról általában

A pleisztocén éghajlatára jellemző, hogy az uralkodó klíma a megelőző, harmadkorhoz képest általában hideg, szélsőséges és jelentős ingadozást mutat. A nagy eljegesedések (glaciálisok) között nagy felmelegedések (interglaciálisok), az egyes glaciálisokon belül pedig rövidebb, kisebb mértékű enyhülések (interstadiálisok) és hideg csúcsok (stadiálisok) és még kisebb további klímaoscillációk voltak. Az eleinte – főként az interglaciálisokban – még a mainál is melegebb, csapadékosabb éghajlat csak a jégkor utolsó harmadában (az utolsó 7-800 ezer évben) fordult olyan kedvezőtlené, hogy a lehülő periódusokban a lehülések mértéke valódi eljegesedéshez vezetett, amikor az északi-sarki jégsapka mélyen lehúzódott a kontinensek belsejébe. A Kárpát-medencében ezen hideg szakaszok alatt nyitott, szórt szubarktikus túlemlő tajgaerdők, cserjés erdőstundra és fátlan hideg sztyepp volt az uralkodó növényzet. A felmelegedések alatt pedig a maihoz hasonló, illetve legfeljebb + 2-3 °C-al melegebb volt, mint ma (WRIGHT 1977), és a növényzet is a maihoz hasonló volt, különösen az utolsó már harmadkori trópusi fajok nélküli Riss-Würm interglaciálisban.

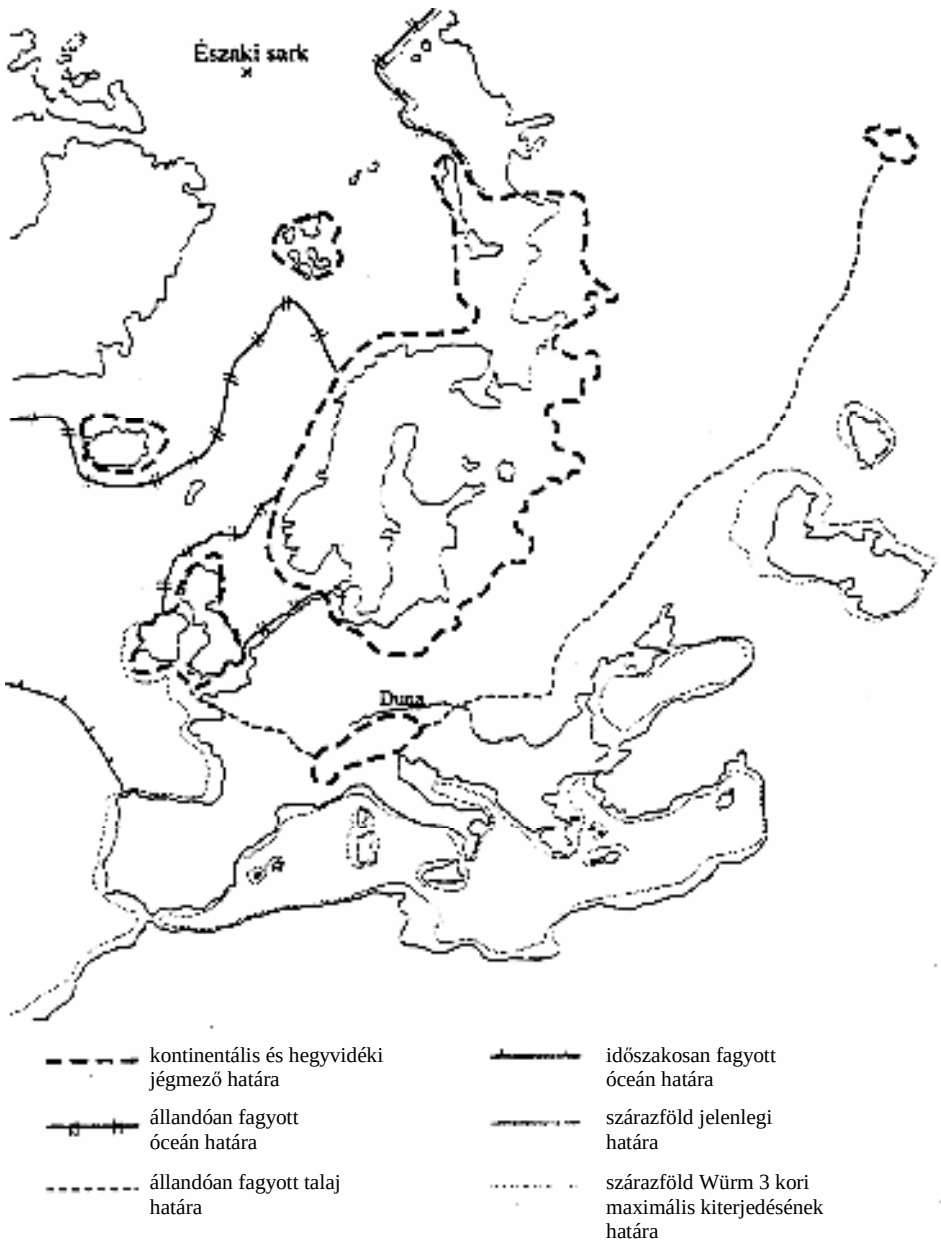
A klíma azonban a klasszikus értelemben vett négy fő európai eljegesedés /Günz (=Cromer), Mindel (=Elster), Riss (=Saale), Würm (=Weichsel)/ alatt sem volt egyforma, mivel a lehülés mértéke, a glaciálisok időtartama és a jégtakaró kiterjedése esetenként és helyenként eltérő volt (1. ábra). A Würm folyamán például a sarki jégsapka 2-3 km vastagra meghízott összefüggő jégtakarója Észak-Amerikában a 40. és Európában az 50-55. szélességi fokig, Moszkva—Krakkó vonaláig ért le. Amíg Észak-Európát és Észak-Amerikát (kivéve az Alaszkai-síkságot) ilyen kiterjedésű jégtakaró borította, addig Ázsiában szárazföldi eljegesedés (kivéve a hegyvidékeket) nem volt. Az észak-szibériai síkság még a maximális eljegesedés (W3) alatt is teljességében jégtakaró mentes volt. Ugyanakkor a hegyvidékeken nemcsak Európában (Alpok), Észak-Amerikában, de Dél-Európában és Ázsiában még a trópusi hegyvidékek egy részén is a gleccserek jelentősen kiterjedtek, illetve számos helyen ideiglenes gleccserek képződtek (FRENZEL és mtsai 1992/a). A hóhatár a hegységek nagyságától, illetve magasságától függően 1-2 ezer méterrel is lejjebb ereszkedett.

Ebből az is következik, hogy Magyarország talaját összefüggő jégtakaró soha nem borította. Hazánk a Kárpátok védelmében teljes egészében Európa ún. jégközeli vagy jégkörnyéki (periglaciális) területén helyezkedett el, s még a Kárpátoknak is csak a legmagasabb vonulatai voltak eljegesedve (2. ábra).

Ennek ellenére a lehülés mértéke olyan nagyfokú volt, hogy a valódi eljegesedések idején az évi középhőmérséklet még a jégtakaró nélküli Kárpát-medencében is a mainál 10-12 °C-al volt kevesebb, esetenként és helyenként akár fagypontra alá is süllyedhetett (FRENZEL és mtsai 1992/a). A periglaciális klíma bizonyítéka a Kárpát-medencében a kiterjedt glaciális lösztakaró is. A hideg, száraz glaciálisok alatt főként a pleisztocén fiatalabb felében, a síkvidéki sztyeppeken és a hegyek szélárnyékos lejtőin hulló porból keletkezett lösz rakódott le, amely jelentős területet borít ma hazánkban, főként az Alföldön, az Alföld-peremi tájakon és Nyugat-Dunántúlon. Az igen finom, alig századmilliméternyi



1. ábra – A pleisztocén korbeosztása az észak – európai és az alpesi nevezéktan szerint (FRENZEL és mtsai 1992/b; LANG 1994 alapján)



2. **ábra** – A szárazföldi jégtakaró kiterjedése és az állandóan fagyott talaj déli határa Európában, az utolsó eljegesedés hideg maximuma alatt (FRENZEL és mtsai 1992/b után).

szemcsenagyságú port az erős glaciális szelek fújták ki a kavics- és homoklerakódásokból. Természetesen a típusos lösz legfőbb ismérve nem csak az, hogy eolikus eredetű, hulló por, hanem hogy szemcseösszetételében legalább 50%-ban 2-5 századmilliméter átmérőjű szemcsék vannak. Jellemzői még a 10-30% kálciumkarbonát tartalom, a sárgás-szürkés szín, a porozitás (50% levegőtartalom) és a jó állékonyság (képes 90%-os falként megállni). A lösz különböző változatai ettől különböző mértékben térhetnek el. Ha a por mocsárba hullott, ún. öntéslösz keletkezett (PÉCSI 1997). A lösz legértékesebb klímajelző maradványai a fosszilis csigahéjak, de esetenként fontos növényi maradványokat (faszén, pollen) is megőriz (3. ábra).

A síkságokon a sarki eljegesedés periglaciális hatása egyöntetűbb volt, mint a hegységekben, ezért az Alföldön az eljegesedések hidegsúcsai idején a fás növényzet jobban visszaszorult. Ennek bizonyítékai az őslélnymaradványok mellett a sztyepp és erdősztyepp jellegű fosszilis talajszintek a pleisztocén rétegekben. Ahogy a kipusztulás is nagyobb mérvű lehetett az Alföldön éppúgy, amint azt napjainkban a recens flórában is kimutatták (FEKETE 2000).

A hegyvidéken, még a magas hegységekben is kedvezőbb volt a helyzet a Kárpát-medencében, mert a kiugró csúcsok, éles gerincek részben jégmentesen maradt déli oldalain (az úgynevezett "nunatak"-on) és a Középhegységek kedvező mikroklímájú zugaiban még néhány lombosfa faj is átvészelhette a drámai klíma romlást. Ezeket a kis klímaoázisokat nevezzük menedékhelyeknek, refugiumoknak (ANDREÁNSZKY 1941, IVES 1974).

A glaciálisok okainak kiderítése a csillagászat, éghajlatlan és földtudományok legizgalmasabb és máig nem mindenben tisztázott kérdései. A fő okok kozmikus eredetűeknek bizonyultak, amelyeket a Föld tengelyének mozgásával, a Föld Nap körüli pályájának módosulásával hoztak kapcsolatba (MILANKOVITCH 1930). MILANKOVITCH elméletét először Magyarországon alkalmazták. Bizonyításában magyar kutató, BACSÁK GYÖRGY volt egyike a legeredményesebb tudósoknak a 20. század első felében (BACSÁK 1940a, 1940b, 1942). A glaciálisok eredetére, az interglaciálisokat is létrehozó klímaváltozások lefolyására és tulajdonságaira vonatkozó számításai és elméleteik, bizonyos módosításokkal (BARISS 1989, 1991), mindmáig elfogadottak.

1.3. A jégkorszak változatossága

A pliocén végi rétegeket nehéz a negyedkori azaz pleisztocén üledékektől elhatárolni. Ezért a pliocén/pleisztocén határ kérdéséről (RÓNAI 1968, JÁRAI-KOMLÓDI 1971, MIHÁLTZNÉ FARAGÓ 1973, 1982, LÖRINCZ 1987, KROLOPP 1995) és a pleisztocén korai szakaszáról a Kárpát-medencében még aránylag keveset tudunk. Nemcsak azért, mert kevés a biztos korú lelet, hanem elsősorban azért, mert a periglaciális területeken (ahol a pleisztocén alatt a Kárpát-medence is elhelyezkedett) a jégkorszaki események, így a klíma és az élővilág alakulása rendkívül bonyolult volt.

A Kárpát-medence földrajzi fekvésénél és geomorfológiai alakulásánál fogva ma is igen változatos klímájú, hiszen éghajlatát több különböző klímátípus, pl. a déli, Földközi-tenger vidéki (szubmediterrán), a kiegyenlített nyugati (óceánikus), s a szélsőséges keleti (kontinentális) klímátípus egyaránt befolyásolja (ZÓLYOMI 1939; BORHIDI 1961). Aránylag kis területén, a KÖPPEN-féle klímarendszer szerint, két nagy európai éghajlati határvonal is húzódik: az egyik a meleg- és a hideg-mérsékelt klímaövek közötti határ, a másik a humid és szemiárid klímájú területek közötti határ (BORHIDI 1981).



3. ábra – A pleisztocén lösz - típusok elterjedése hazánkban (Pécsi 1987 alapján).

Nyilvánvalóan változatos klímahatások érvényesültek a pleisztocén alatt is. Már a 20. század eleji csillagászok és klimatológusok (MILANKOVITCH 1930, BACSÁK 1940a,b, 1942) felhívták a figyelmet arra, hogy a csillagászati okokra visszavezethető, számított klímagörbével teljesen egyező klíma csak Európa jégmentes időszakaiban, illetőleg az eljegesedések idején csak a periglaciális övtől délre fekvő területeken elképzelhető.

Az eljegesedett területeken ugyanis a jégtakaró, illetve annak fényvisszaverő (albedó) klimatikus hatása, a periglaciális zónában pedig a jégfennsíkokról lezúduló hideg száraz szelek motiválják a csillagászati alapon számított, várható klímát. Ez a természetes oka annak, hogy a csillagászati okokkal megállapított klímaváltozásokkal néha ellentétes éghajlatigényű flóra vagy fauna jelenik meg a pleisztocén folyamán. Ezért van az, hogy a nagy interglaciálisok (pl. Mindel-Riss vagy Riss-Würm) sem voltak kizárólag hosszú, meleg időszakok, csupán délszaki növényzettel és melegigényes állatokkal, ahogyan az eljegesedés flórája és faunája is változatos volt, s még a glaciális hideg maximuma (Würm 3. stadiális) alatt is volt enyhe klímaoscilláció és éltek nem glaciális növény- és állatfajok, amint ezt legutóbb a Kárpát-medencéből is kimutatták (BARISS 1989, SÜMEGI & KROLOPP 1995). Egyszóval a pleisztocénben igen heterogén klímaviszonyok uralkodtak, amit számos rövidebb vagy hosszabb, hideg vagy meleg klímakilengés, illetve a regionális és lokális éghajlati eltérés okozott.

Ezekre az élővilág válasza sokszor váratlan, kiszámíthatatlan volt, így az egykori növény- és állatvilág gyakran csak igen nagy általánosságban rekonstruálható. A növények válasza ugyanis nemcsak a klímától és önnön fiziológiai sajátosságaitól függ, hanem a környezeti tényezők igen összetett, együttes hatásától is, amiről csak igen keveset tudunk, hiszen a földtörténet ezen ökológiailag rendkívül instabil, mozgalmas szakaszában az élőlény maradványok sokkal inkább a lokális, esetleg regionális mint globális ökológiai viszonyok jelzői.

2. A KÁRPÁT-MEDENCE NÖVÉNYVILÁGA AZ ALSÓ ÉS KÖZÉPSŐ PLEISZTOCÉNBN

A negyedkor jelentős részét, idősebb kétharmadát (mintegy 1,6 millió évet) nevezzük alsó pleisztocénnek, kisebb részét (kb. 700 ezer évet) a rákövetkező középső pleisztocénnek (1.ábra).

Ahogy a pliocén/pleisztocén határ megvonása bizonytalan, úgy nincs egységes vélemény az alsó pleisztocén felső határát illetően sem. Egyesek a Duna-Günz, mások a Günz-Mindel interglaciálisok kezdeténél, s van aki a Mindel eljegesedés elején vonja meg a határt. Mi az európai negyedkor történetét összefoglaló legújabb komplex munka (LANG 1994) korbeosztása alapján közöljük az adatokat, amely jelenleg nemzetközileg is a legelfogadottabb (3. ábra).

E szerint a pliocén/pleisztocén határ Európában mintegy 2,3-2,4 millió évvel ezelőtt volt.

2.1. Alsó pleisztocén

Az alsó pleisztocén jellemzője, hogy olyan nagyfokú lehűlés, melynek nyomán eljegesedés, azaz szárazföldi jégtakaró képződjék, ez alatt a több mint másfél millió év alatt (2,4 millió BP. — 760 ezer BP.) nem történt. Klímaingadozás, kisebb-nagyobb lehűlő és felmelegedő periódus azonban több is volt. Ezek feltárása a különböző kontinenseken és földrajzi területeken különböző részletességgel sikerült. Ebből adódóan nevezéktani és kronológiai

eltérések vannak, sőt a klíma- és vegetációtörténeti eltérések egy részét is nem a tényleges különbség, hanem az ismeretek elégtelensége okozza.

A pliocén végi Reuver-t követő lehüléssel (Pretegele) kezdődő pleisztocén elején a harmadkori erdők kissé viaszosultak és a fosszilis leletek olyan törpecserjés pusztai növényzet terjedéséről tanuskodnak, amelyben a lehülést jelző hangafélék (*Ericaceae*) a jellemzőek.

Az ezt követő felmelegedés (Tegelen A) alatt ismét terjednek az erdők, amelyek *Pinus*-ban gazdagok, de a harmadkori fajokban már szegényebbek.

A rendkívül fajgazdag kora-tercier erdőktől, a viszonylag szegény pleisztocén interglaciális erdőkig tartó mélyreható átalakulás Európa nagy részén, tehát már a pleisztocén első interglaciálisában (Tegelen A) bekövetkezett. A növényvilág diverzitásának nagy-fokú és aránylag gyors csökkenése nemcsak az erdőt alkotó fákat, hanem a szárazföldi lágyszárú flórát és a vízi-mocsári növényzetet is érintette.

A fajok számának nagyfokú csökkenése Európa különböző régióiban eltérő volt, délkeletről északnyugat felé haladva, nyilvánvalóan azért, mert a glaciális menedékhelyekről kiindulva interglaciálisról interglaciálisra egyes fajok egyre kevésbé tudtak előrenyomulni északra és északnyugatra. Ezért van az, hogy a közép- és délkelet-európai, így a hazai alsó- és középső pleisztocén interglaciális flórák elszegényesedése jóval lassabban és jóval később következett be mint Észak-, Északnyugat-Európában. Jó példa a gyertyánszil (*Zelkova*) vagy az ostorfa (*Celtis*), amely Észak-Európában már a Tegelen-től kezdve hiányzik, míg nálunk még a Riss-Würmben is kimutatták (JÁRAI-KOMLÓDI és mtsai 1964). A diófélékhez tartozó kelet-ázsiai szárnyasdió tartott ki legtovább. Az alsó és középső pleisztocén interglaciálisokban Európa-szerte elterjedt volt és Dél-Európában még az utolsó eljegesedés (Würm) első felében is kimutatható volt, míg az Alpoktól északra a Mindel-Riss interglaciális óta nem. S végül erre mutat az is, hogy a magyarországi Cromer korúnak tekintett interglaciális erdők — eltekintve a győrfalvi lelettől — jóval fajgazdagabbak szubtrópusi, mediterrán lombosfa fajokban, mint a tőlünk északra (Anglia, Németország, Hollandia) kimutatott flórák.

Az alsó pleisztocénban a mindenkor interglaciálisok elején a melegkedvelő növényzet elterjedése, illetve az interglaciálisok végén azok visszahúzódása egyszerre történt. Az alsó pleisztocén interglaciálisok vegetáció-dinamikája, a fajok megjelenési sorrendje még alig felismerhető, nyilvánvalóan az érintett fák közeli menedékhelyekről való gyors, többé-kevésbé egyidejű visszavándorlási lehetősége miatt.

A hazai alsó pleisztocén biosztratigráfiájáról még aránylag keveset tudunk. A csigafauna alapján készült biosztratigráfia inkább a középső- és felsőpleisztocén részletezi (FÜKÖH és mtsai 1995). Pollenanalízissel kevés, de gazdag alsó pleisztocén flórát tártak fel, több klímaszakasz elkülönítésével. Legtöbb információt a teljes pleisztocén felőlelő tisztántúli alapfűrészek (MIHÁLTZNÉ FARAGÓ 1982) és a jászladányi szelvények pollenanalitikai vizsgálata szolgáltatta. Utóbbi az eddigi leggazdagabb alsó pleisztocén lelet feldolgozása hazánkban (LŐRINCZ 1987).

Ezek alapján hazánkban az alsó pleisztocén alatt a klímaváltozásoknak megfelelően három fő növényzeti típus volt kimutatható:

1./ A kedvezőtlenebb hideg, nedves szakaszokban a tülevelű fenyőerdők uralkodtak, főként erdefenyővel (*Pinus silvestris*) és luccal, amibe kislevelű lombosfák, éger, nyír (*Betula*), fűz (*Salix*) elegyedtek, vegyes tajgaerdőket, láp- és ligeterdőket alkotva.

2./ A melegebb, nedvesebb klímajavulás idején elegyes-tölgyesek terjedtek el szillel (*Ulmus*), hárssal (*Tilia*), juharral (*Acer*) és gazdag vízi és vízközi növényzet élt, sásfélékkel (*Cyperaceae*) és gyékénnyel (*Typha*).

3./ A száraz, meleg klímára forduló szakaszokat fajgazdag mediterrán lomboserdők jellemezték.

S végül, a hazai alsó pleisztocén flórára igen jellemző számos harmadidőszaki faj túlélése. Olyan, a hazai flórából ma már hiányzó egzotikus fák fosszilis virágporát mutatták ki, mint a szárnyasdió, a cédrus (*Cedrus*), a gyertyánszil, a szúnyogfenyő (*Keteleeria*), a tupelófa, az *Engelhardtia* és pálmafélék.

2.2. Középső pleisztocén

Az interglaciálisokban történt erdőfejlődés, az egyes erdőszakaszok elkülönülése csak a középső pleisztocéntól rajzolódik ki Európában. Eleinte (Cromer) még gyengén, a Mindel-Riss-től már határozottabban, és már a regionális különbségek is megmutatkoznak. Az erdőfejlődés fő tendenciái egész Európában és minden interglaciálisban hasonlóak: az interglaciálisok kezdetén nyírfa és erdeifenyő uralkodik, majd elegyes-tölgyes lombosfa erdők terjednek el, gyakran az éger is. A regionális különbségek leginkább ezen elegyes-tölgyes lomboserdők fajjainak megjelenési sorrendjében mutatkoznak meg. A középső pleisztocén kezdetén, a Cromer interglaciálisban pl. Angliában a szil jelenik meg elsőnek, ezt követi a tölgy, a mogoró (*Corylus*), s végül a hárs. Az elegyes-tölgyest gyertyán (*Carpinus*), majd jegenyefenyő (*Abies*) s végül luc-fenyvesek kialakulása követi (a luc végig jellemző), majd az interglaciális végén újra nyír és erdeifenyő erdők terjednek el.

A regionális különbségek a lomboserdők fájának megjelenési sorrendje mellett az erdők összetételében mutatkoznak meg, pl. a diverzitásban és a harmadidőszaki fafajok jelenlétében.

Az interglaciálisokban az erdőfejlődés tendenciája igen hasonló a holocén beerdősödés folyamatához. Nem véletlen, hiszen a holocén a jelenlegi, legutolsó interglaciális.

Az eddigi leggazdagabb, s legfontosabb középső pleisztocén makrofosszília leletanyag a vértesszőlősi komplex feltárásból származik.

Ezen (az uránium - tórium izotópos abszolút kormeghatározás alapján) a közel félmillió évet átölő (Günz-Mindeltől a Mindel-Riss interglaciálisig) híres prehisztorikus előemberi (*Homo erectus seu sapiens palaeohungaricus*) lelőhelyen a paleontológiai leletek, azaz a gerinces és gerinctelen állatmaradványok és növényi (pollen és makro)fossziliák alapján a Günz-Mindel (= Cromer IV) interglaciálisig lehetett nyomon követni a klíma- és vegetációtörténetet (1. ábra). A lelőhely leggazdagabb fosszilis együttese Mindel-korú.

Több mint 20 profilból 6600 növényi kövületet határoztak meg 13 évi alapos kutatómunkával, melynek során mintegy 200 faj került elő. Eltekintve néhány mohától — a lelőhelyek fosszilis moháit már korábban leírták (BOROS 1952) — és harasztól, a makrofossziliák mind famaradványok, többségük zárwatermő kétszikű fa és cserje levélenyomatok, továbbá mag és termés, köztük számos egzotikus melegigényes harmadidőszaki és tízféle nyitwatermő taxon. A növényi makrofosszília vizsgálatokat pollenanalízis egészítette ki. Az együttes paleobotanikai vizsgálatok mind az ös-környezetet, mind a paleovegetációt tekintve, megegyező eredményt mutattak, melyet a többi paleontológiai lelet, így kagylórák (*Ostracoda*), csiga (*Mollusca*), kis- és nagyemlős maradványok is megerősítettek. A lelőhelynek és környékének ös-környezetét több

tudományterület együttműködésével mutatták be (SKOFLEK & BUDO 1967; SKOFLEK 1968, 1990; JÁRAI-KOMLÓDI 1973/b, 1990; KRETZOI & DOBOSI 1990).

2.2.1. Cromer interglaciális komplex

A középső pleisztocén a klímakilengésekkel tarkított ún. Cromer interglaciális komplex-szel kezdődik, amely újabb ismereteink szerint, legalább 4 felmelegedést és 3 lehűlést foglal magába (1.ábra), s amely megfelel a korábbi Duna-Günz és Günz-Mindel interglaciálisoknak és a köztük lévő Günz eljegesedésnek. A középső pleisztocén a Riss eljegesedéssel végződik. Itt említjük meg, hogy tényleges eljegesedések csak a középső pleisztocén fiatalabb felétől történtek, így a Mindel és a Riss glaciálisok folyamán, majd a felső pleisztocénben egyre fokozódó lehűléssel, amely a Würmben volt a legerősebb.

A Mindel-Riss előtti alsó és középső pleisztocén interglaciálisok kimutatása Európa-szerte bizonytalan, de mind között a Cromer interglaciális komplex feltárása a legtöbb kétségekkel terhelt, mind geokronológiai, mind paleontológiai szempontból, ezért ezzel kicsit bővebben foglalkozunk. A középső pleisztocén mintegy 300 ezer évet felölelő Cromer együttes kimutatása egész Európában ritka. A legjelentősebbek feltárása az 1800-as évekre nyúlik vissza Angliában, ahol az első igen gazdag paleontológiai leletek kerültek elő különböző lelőhelyeken, Norfolk északkeleti tengerpartján Cromer város körzetében, melyeket mind paleontológiai, mind kronológiai mintaszerű részletességgel tártak fel REID, GEIKIE, WILSON, THOMSON, DNIGAN és WEST (in LANG 1994), mintegy 100 éven keresztül 1882-től 1980-ig, több mint 30 szelvényt.

További Cromer lelőhelyeket tártak fel az ötvenes években két helyen Észak-Németországban, s mintegy öt helyen a Harz-vidéken Lüttig, Rhein, Müller (in LANG 1994), Olaszországban (LONA & FOLLIERI 1957), továbbá Dél-Hollandiában öt, Észak-Hollandiában két helyen. A hollandiai Cromer feldolgozása elsősorban ZAGWIJN és munkatársainak köszönhető már az ötvenes évektől kezdve, napjainkig (ZAGWIJN 1957, 1985).

Az európai Cromer interglaciális szelvények összefoglaló kiértékelése a vegetációfejlődés, illetve az erdőfejlődés főbb mozzanatai alapján történt (GRÜGER 1968; LANG 1994). Lényege, hogy ekkor főleg tölgyből és szilből álló lombos erdők terjedtek el egész Európában, és a különböző területeken már különböző erdőtipusok alakultak ki az eltérő florisztikai összetétel szerint. Így az óceánikus területeken a szil, míg Közép- és Kelet-Európa kontinentálisabb területein inkább a tölgy és kevés hárs. A palinológiai vizsgálatok szerint Európában a Cromer interglaciális alatti növényzeti típusok és történetük erősen hasonlít a Riss-Würm alattira. A németországi Cromer leletek egy részét ezért korábban Riss-Würm korinak vélték.

A leglényegesebb különbség, hogy míg a Cromer alatt Európában az erdők főleg tölgyből és szilből, addig a Riss-Würm interglaciálisban majdnem teljesen hársból álltak, amint ezt a nagylevelű-, a kislevelű-, a molyhos hárs (*Tilia platyphyllos*, *T. cordata*, *T. tomentosa*) fosszilis leletei mutatják, kevés más pl. juhar (*Acer tataricum*) lombosfával elegyedve.

Ezekhez csatlakoztathatóak a hazai középső pleisztocén fosszilis pollen- és makro-fosszília leletek, amelyek az első hazai Cromer adatok. Kétségtelen, hogy a hazai eredmények nem kizárólagosan Cromer-szelvények részletes feltárására vonatkoznak, hanem teljes pleisztocén rétegsorok palinológiai feldolgozása folyamán történt Cromer-adatok közlése (MIHÁLTZNÉ FARAGÓ 1982, LŐRINCZ 1987), illetőleg az idősebb Cromer (Süttö, Dunaalmás, Les-hegy, Mogyorós-bánya), továbbá a vértesszőlősi gazdag középső

pleisztocén lelőhelyen a Cromer IV. interglaciális flóra első kimutatása makrofossziliák-
kal (SKOFLEK 1990). A levéllenymatok, termések és magok, köztük harmadkori egzoti-
kus maradványok, pl. a szárnyasdió (*Pterocarya stenoptera*), a babér (*Laurus nobilis*)
(SKOFLEK & BUDO 1967; SKOFLEK 1968) és az ostorfa (*Celtis cf. australis*) is erre utalnak.

Az újonnan közölt győrűfalui Cromer interglaciálisnak vélt leletet sem tudták a Cromer
együttesen belül rétegtanilag azonosítani és abszolút kormeghatározás sem történt. A
lelethatárok megállapítását elsősorban a csiga-faunákra alapozták. A kimutatott flóra a
lokális klímajelző vízi és vízközei taxonok tekintetében valóban az eddigi leggazdagabb
hazai anyag, habár a szerző közlése szerint (BAJZÁTH 1998) a Cromer flórára jellemző ún.
"Brasenia-complex" fajai hiányzanak.

A tündérrózsafélékhez tartozó, trópusi *Brasenia* nemzetség mintegy 30 faja széles
elterjedt volt Euráziában a harmadkorban. A negyedkorban jócskán kihaltak. Már csak
Európa pleisztocén üledékeiből kerültek elő fosszilis magjai, az alig tízre csökken
fajoknak. Egyes polimorfikus faj miatt meghatározásuk nem könnyű. Taxonómiai
tisztázásuk és a pleisztocén *Brasenia* fajok evolúciója a pliocéntól az utolsó (Eem)
interglaciálisig csak nemrégiben lett feldolgozva (VELICHKEVICH 1992). Mivel egyes fajok
a pleisztocén meghatározott rétegében fordul elő, így az interglaciálisok elkülönítésében
igen fontos karakternövények. A Cromer interglaciális jellemző faja a polimorfikus
Brasenia borysthénica. Az eddigi leletek alapján a *Brasenia* nemzetség az utolsó
interglaciális végén halt ki Európából. Ma egyetlen faja él, a (pántrópusi) *Brasenia
schreberi* a trópusokon.

A regionális/zonális klímajelző fás taxonokra utaló maradvány is sajnos kevés a
győrűfalui leletben. A közölt listában mindössze 5 nyitvatermő és 5 zárvatermő fafaj
szerepel és teljesen hiányzanak a harmadkori egzotikus famaradványok is. Ezért az alsó és
középső pleisztocén interglaciálisok erdőfejlődéséhez jól illeszthető Cromer vegetáció-
történetéhez, erdőfejlődéséhez sem kaphattunk e lelőhelyről semmi információt (BAJZÁTH
1998).

Sajnos a lelet nem eredeti "in situ", hanem (folyóvízi üledékből származó hordalék iszap-
ill. agyagtömbökben) másodlagos lelőhelyről került elő.

Fentiekből következik, hogy érthetetlen és téves a szerző azon közlése, hogy ez volna a
hazai Cromer első kimutatása, és méginkább, hogy ez unikális Cromer lelet nemzetközi
viszonylatban is, továbbá, hogy eddig Európában mindössze három Cromer lelőhely volna.
(BAJZÁTH 1998). Amint az előzőekből látható, több mint 30 éve már makro-fossziliák és
több mint 20 éve több helyről pollenadatok kerültek elő ebből az inter-glaciális komplexből
hazánkban. Nem helyes a lelet alsó pleisztocénbe való helyezése sem.

Korrektül erre a leletre csupán azt lehet a közlemény alapján mondani, hogy a győrűfalui
flóra a középső pleisztocén (csigaleletek alapján vélhetően a Cromer) valamelyik rétegébe,
vagy mint a szerző írja, esetleg több interglaciálisába is tartozó, de abszolút
kormeghatározás és a karakterisztikus jelzőnövények hiányában pontosan el nem
helyezhető, és a Cromerre jellegzetes fajokban szegény leletegyüttes, amely azonban
különösen a lágyszárú, s főként a gazdag vízinövény makrofossziliák identifikálása révén
érdekes és értékes, újabb lelete és kiegészítője az eddigi hazai középső pleisztocén
flóráknak.

A vértesszőlősi Günz-Mindel végi meleg, párás klímát tükröző Cromer IV flórát is gazdag
vízi- és igen változatos fás növényzet: luc, kőris (*Fraxinus*), éger, szil és harmadkori fajok
(*Celtis*, *Pterocarya*, *Carya*, *Ficus tiliæfolia*, *Syringa*) fossziliái jellemzik.

Habár SKOFLEK ezt a réteget bizonytalanul különíti el a Mindel első interstadiálisától, a flóra s benne a gazdag harmadkori leletek a Günz-Mindel interglaciálisba (Cromer IV) való tartozást erősítik meg (SKOFLEK & BUDO 1967; SKOFLEK 1990).

2.2.2. Mindel glaciális

A Mindel glaciális stadiális flórájáról alig van adat, de interstadiális flórája igen gazdag lelettel bizonyított Vértesszőlősön.

A Mindel interstadiális meleg klímakilengései alatt hazánkban olyan száraz, mediterrán éghajlatra utaló növényzet leleteire találtak itt, amely zömében már nem ismert a hazai őshonos flórában, legfeljebb ültetve. Ilyen taxonok pl. a szárnyasdió, a szivarfa (*Catalpa*), a dió (*Juglans*), a buxus (*Buxus*), az olajfa (*Olea*), az ostorfa, a babér (*Laurus*), az orgona (*Syringa*), a júdásfa (*Cercis*) és a *Parrotia*.

2.2.3. A Mindel-Riss interglaciális

A Mindel-Riss flóra Európában abban különbözik mind a megelőző Cromer interglaciális komplex, mind az utána következő Riss-Würm interglaciális növényzetétől, hogy a fenyőerdők elterjedtebbek voltak. Ez vagy arra utal, hogy a klíma kedvezőtlenebb volt, vagy arra, hogy a fenyőerdők a jelenlegi fajoktól eltérő ökotípusokból álltak, s elterjedésüket nem a klíma, hanem más tényezők motiválták.

A lucfenyő (*Picea abies*) Közép-, Kelet- és Nyugat-Európa majdnem egész területén elterjedt.

Az interglaciális elején a luc, a tölgy, a szil és a hárs egyidejűleg terjedt el egész Európában. Az óceánikus területeken a tölgy és a szil, az Elbától keletre a luc volt túlsúlyban. Majd az interglaciális végén ezek visszahúzódtak, és a gyertyán és a jegenyefenyő terjedt el valószínűleg a Kárpátokból.

A Mindel-Riss flóra a vértesszőlősi makromaradványok és az ország más területén pollenanalízissel feltárt adatok (MIHÁLTZ & MIHÁLTZNÉ FARAGÓ 1965; MIHÁLTZNÉ FARAGÓ 1982) alapján is az európai képhez volt hasonló, sok luccal, majd elegyes lombosfaerdőkkel, de még mindig jelentős mennyiségű tercier-típusú pollennel.

2.2.4. Riss glaciális

A középső pleisztocén utolsó szakaszából, a Riss glaciálisból a tiszántúli alapfúrások pollenelemzése szolgáltat gazdag leletre alapozott ismereteket (MIHÁLTZNÉ FARAGÓ 1982). Szubarktikus fenyő-tajgát mutattak ki cirbolya- és vörösfenyővel, csipkeharaszttal, és fátlan hideg-sztyepp növényzetet ürömmel (*Artemisia*), pázsítfűfélékkel (*Poaceae*), libatoppal (*Chenopodium*), kötörőfűvel (*Saxifraga*). A hideg csúcsok közötti klíma enyhülés jele az elegyes-tölgyes erdők egyes tagjainak feltűnése.

2.2.5. A magyarországi középső pleisztocén növényzetének általános összefoglalása

Az eddigi pollen és makrofosszília leletek alapján a hazai középső pleisztocénben változatos, gazdag növényzet élt. A hideg szakaszokban — amikor azonban még valódi, kontinentális eljegesedés nem volt — fenyőtajga és erdőstundra növényzet uralkodott. Ezekben a szubarktikus túlelvél erdőkben az erdeifenyő és lucfenyő mellett a Kárpát-medencében, (az Alföldön is) cirbolya- és vörösfenyő (*Pinus cembra*, *Larix*) is jellemző volt, csipkeharaszttal (*Selaginella*). A Mindel-től kezdődő jeges szakaszokban az erdők visszahúzódtak, az Alföld egy része bizonyonnyal elerdőtlenedett és az alig fás területeken

vagy a fátlan, hideg kontinentális gyepekben az üröm, a libatopfélék (*Chenopodiaceae*), kötőréfű és más pionír és sztyeppnövény színezte a füves tájat. A felmelegedő szakaszokban viszont fokozott beerdősödés és a melegkedvelő lombosfák, az elegyes tölgyerdők terjedése, szubtrópusi mediterrán fajok figyelhetők meg.

Amikor a középső pleisztocén enyhe interstadiális vagy meleg interglaciális klímája száraz volt, akkor olyan mediterrán növényfajok éltek a Kárpát-medencében, amelyek a mai őshonos vegetációból már hiányoznak, mert az egymást követő eljegesedések alatt fokozatosan eltűntek a hazai flórából, mint pl. az ostorfa, a szivarfa, az olajfa, a babér, a júdásfa, az orgona, a buxus és a *Cercidiphyllum crenatum*, mely utóbbit a *Ficus tiliacifolia* és *Parrotia fagifolia* harmadkori fajokkal együtt először mutatták ki negyedkori rétegekből hazánkban (SKOFLEK & BUDO 1967). A vértesszőlősi leletek közül öt a tudományra új fajt is kimutattak. Ezek a következők: jégkori orgona (*Syringa pleisztocenica*), a pannon orgona (*S. pannonica*), a KRETZOI MIKLÓS professzorról elnevezett szivarfa (*Catalpa Miklósi*), a vértesszőlősi ősember leletről - Sámuel - elnevezett szeder (*Rubus samueli*) és a nemzetközi hírű leletet feltáró régészről, VÉRTES LÁSZLÓRól elnevezett berkenye (*Sorbus vértesi*) (SKOFLEK 1990).

Amikor a megre fordult klíma kellően nedves is volt, akkor az elegyes tölgyes erdők fajai és a mérsékelt klímaigényű harmadkori (*Carya*, *Pterocarya*) fajok mellett gazdag vízi és vízközi növényzetről is árulkodnak a fosszilis maradványok (SKOFLEK & BUDO 1967; SKOFLEK 1968; BAJZÁTH 1998). Moszatokat, mohákat, hínár- és mocsári növényeket találtak. A középső pleisztocénben, különösen a Cromer komplexben jellemző volt az apró víziharasztok, így a rucaöröm (*Salvinia*) és a moszatpáfrány (*Azolla*) megjelenése (LANG 1994). Magyarországon először a vésztői középső pleisztocén rétegekből mutatták ki három fajt is az *Azolla*-nak (SIMONCSICS & SZÉLES 1979; MIHÁLTZNÉ FARAGÓ 1982).

Kétségtelen, hogy az alsó és középső pleisztocén és utóbbiban különösen a Cromer-komplex kronológiai, paleoökológiai és vegetációtörténeti feltárása még ma is meglehetősen bizonytalan, hiányos egész Európában. Az eddigi leletek alapján azonban az erdőfejlődés főbb tendenciái, a florisztikai összetétel főbb jellegzetességei megállapíthatóak. A vegetációtörténet finomabb részleteinek kiegészítéséhez igen fontos volna további alsó és középső pleisztocén lelőhelyek felderítése hazánkban. Olyan "in situ" lelőhelyeké, amelyek rétegtani helyzete és abszolút kora biztosan megállapítható és a fás növényekből is elegendő maradványt (pollen és makrofosszília) tartalmaz az erdőfejlődés szakaszainak megállapításához.

3. A KÁRPÁT-MEDENCE NÖVÉNYZETE A FELSŐ PLEISZTOCÉNBN

A felső pleisztocén (Riss-Würm, Würm) növényzetét már jobban ismerjük, részben a részletesebb pollen adatok (JÁRAI-KOMLÓDI 1964, 1973/a, 1991; JÁRAI-KOMLÓDI és mtsai 1964; MIHÁLTZ & MIHÁLTZNÉ FARAGÓ 1965; MIHÁLTZNÉ FARAGÓ 1982; LÖRINCZ 1987; WILLIS és mtsai 1997), részben a gazdag makrofossziliák révén. Utóbbiak közül mind a legújabb (RUDNER & SÜMEGI 1998/a), mind az 1930-as évek óta feldolgozott — a magyar középhegységi barlangokból származó — faszén leletek (STIEBER 1967) és a tati neandervölgyi ősemberi (moustieri) lelőhely növényi kövületei (BUDO & SKOFLEK 1964), faszén leletei (STIEBER 1964) és pollenflórája (JÁRAI-KOMLÓDI 1964; JÁRAI-KOMLÓDI és mtsai 1964) igen értékesek, bár az európai felső pleisztocén erdőfejlődéssel való részletes

összehasonlításuk korlátozott, mert a teljes interglaciálist, illetve a glaciálist felölelő folyamatos, hiatus nélküli szelvények alig vannak.

3.1. A Riss-Würm interglaciális növényzete

A Mindel-Riss erdőfejlődéstől eltérően az utolsó interglaciálisban a tűlevelű és lombosfa fajok nem egyszerre terjedtek el Európában, hanem először főleg a luc, de nem az európai *Picea abies*, hanem a szibériai luc, a *Picea obovata*, majd amikor — valószínűleg klímajavulás hatására — ez is kezd visszaszorulni, akkor a fenyő, nyír, majd a tölgy és szil bevándorlása, terjedése kezdődött meg. Úgy látszik, hogy *Picea abies* erdőségek nem voltak, és amikor az interglaciális klímája a legkedvezőbbé, meleggé, nedvessé vált, akkor a tölgy, a szil és az árnyékkedvelő, nagylevelű hárserdők szinte egész Európát beborították. A luc (*Picea abies*) és a jegenyefenyő csak ezen interglaciális legvégén vándorolt be újra Európába.

A leggazdagabb hazai paleobotanikai leletanyag (makrofosszília és pollen) a tatai ősemberi lelőhely komplex feltárásával került elő (VÉRTES 1964), de sajnálatos módon ez sem öleli fel a teljes interglaciálist. A leletek alapján ezen interglaciális késői fiatalabb szakaszában, enyhe csapadékos klímában a Középhegységben lombhullató elegyes-tölgyesek nőttek hárssal, szillel és többféle tölgygel (*Quercus cerris*, *Q. pubescens*, *Q. robur*, *Q. petraea*). A kedvezőbb klímájú szakaszokban újra feltűntek egyes mediterrán fajok, pl. az ostorfa és az örökzöld ciprusfélék (*Cupressaceae*, *Biota*), a cserjeszintben mogoró, som (*Cornus*) és varjútövis (*Rhamnus*). Az Alföldön tűlevelű erdőket és kevesebb elegyes-tölgyest gyertyánnal mutattak ki, harmadkori fajok nélkül (MIHÁLTZ & MIHÁLTZNÉ FARAGÓ 1965, MIHÁLTZNÉ FARAGÓ 1982; LÖRINCZ 1987).

Az állóvizekben enyhe klímát igénylő, gazdag vízínövényzet, pl. tündérrózsa (*Nymphaea*), tündérfátyol (*Nymphoides*) és süllőhínár (*Myriophyllum*) élt a leletek szerint.

Az interglaciális vége felé, az újabb eljegesedés közeledtén az egyre hűvösebbé váló klímában a melegkedvelő fajok elgyérültek és lomelegyes tűlevelű erdők jelentek meg.

Az eddigi hazai paleobotanikai leletek a Riss-Würmben már vagy egyáltalán nem (LÖRINCZ 1987), vagy csak utolsó hírmondóit (*Celtis*, *Zelkova*) találták a harmadkori flórának. Feltehetően a Riss lehülés folyamán a harmadkori flóra valóban eltűnt, s említett hírmondói azért maradtak fenn, mert a lelőhelyen, az egykori melegvizű források kedvező mikroklimát teremtettek. Erre példa a *Celtis* levéllenymomat "in situ" makro-fosszília lelete is (JÁRAI-KOMLÓDI és mtsai 1964).

3.2. Az utolsó eljegesedés, a Würm glaciális paleoökológiai és paleobotanikai vonásai

Az élővilág mai elterjedési viszonyainak, a flórák és faunák jelenlegi összetételének megértésében és eredetük kinyomozásában a legközelebbi múlt, a legutolsó eljegesedés, a Würmben lejátszódó folyamatok minél részletesebb megismerése lehet segítségünkre.

3.2.1. Globális ökológiai viszonyok a Würm glaciális alatt

Ez az a kor, amely az utolsó megpróbáltatása és mélyreható alakító tényezője volt a mai élővilágnak. Különösen igaz ez a Würm hideg maximumára, amely egyszersmind az egész pleisztocén leghidegebb, legszárazabb, legextrémebb klímájú időszaka volt, elsősorban Észak-Amerikában és Észak-Európában, ahol ez idő alatt a leghatalmasabb szárazföldi jégtagkaró alakult ki a Földön.

A kontinentális jégmező hatása ekkor Észak-Amerikában mintegy 1100 km-re, Európában 600 km-re, a kelet-európai Alföldön 700 km-re a jégtakaró szélétől délfelé, a jégmentes területeken is igen intenzív volt. Ez főleg a rendkívüli téli hidegben mutatkozott meg, a mainál 10-14 °C-al alacsonyabb hőmérsékletet idézve elő, még a Kárpát-medencében is (FRENZEL és mtsai 1992/a). Ez a hatás a két kontinensen azért különböző, mert Európában a kelet-nyugati irányú hegységek (Alpok, Pireneusok, Kárpátok) mérsékeltek, míg az észak-amerikai észak-déli irányú hegyvonulatok szabad utat engedtek a jégtömb hatásának, az észak felől fújó, mindent elsöprő jeges szélviharoknak. A téli klíma intenzív leromlása a maihoz képest mindkét kontinensen tehát elsősorban a belföldi jégtömeg kialakulásával magyarázható.

Nyáron ez a különbség a számítások szerint kisebb volt, a hőmérséklet a mainál mintegy 8-10 °C-al volt alacsonyabb és nem volt eltérés (mint télen) Észak-Amerika és Európa között sem. A nyári klíma másik jellegzetessége az volt, hogy a viszonylag jelentős párolgás és az egyidejűleg, a Kárpát-medencében pl. 250-500 mm-el lecsökkent csapadék nem biztosított elegendő nedvesség utánpótlást a periglaciális ökoszisztémák számára. Vagyis a gyér növénytakaró az északi féltekén, ezen belül a Kárpát-medencében az ariditással, és nem kizárólagosan a hőmérséklet csökkenéssel magyarázható. A vegetáció kialakulására természetesen az is hatással lehetett, hogy az állandóan fagyott talajú zóna déli határa hol volt.

A geológiai bizonyítékok, a periglaciális formák azt tanúsítják, hogy ez a határ valahol az Északi-Kárpátokban húzódott, azaz a Kárpát-medencében összefüggő, állandóan fagyott talaj nem volt, ellenben a helyi közettani és felszíni viszonyoknak megfelelően, főként a nagykiterjedésű iszapos-agyagos ártereken, a sporadikus talajfagy gyakori lehetett (FRENZEL 1992/b; PÉCSI 1997). (2. ábra)

3.2.2. Kronológiai problémák

Azt, hogy a Würm lehülés alatt több klímakilengés történt a csillagász-meteorológusok már a 20. század első felében bebizonyították, három lehülés (Würm 1., 2., 3.) és két felmelegedés (Würm 1-2., Würm 2-3.) globálisnak tekinthető kimutatásával (BACSÁK 1940/a). Az élővilág változásában azonban még ezek sem mindig és mindenhol voltak kimutathatók korábban. Részben azért, mert a csillagászati okokból létrejött klímaváltozások eleve nem egyforma mértékűek, pl. a Würm "második" hideghulláma (W2) utáni felmelegedés (W2-3) eleve nem volt olyan jégolvasztó hatású, mint a megelőző interstadiális, s így a szárazföldi jégtakaró ez idő alatt jelentősen nem csökkent. Erre utal az is, hogy Nyugat-Európában ekkor nem volt újraerdősödés (LANG 1994). Másrészt a földrajzi elhelyezkedés is befolyásolja ezen kisebb klímaváltozások manifesztálódását az élővilág változásaiban, s ezáltal természetesen hatással van a változások kimutathatóságára is.

Végül a növény- és állatvilág különböző csoportjai eltérően reagálnak a klímaváltozások-ra, illetőleg a hatásukra létrejött általánosabb paleoökológiai változásokra. Ezért nagy jelentőségük az érzékenyen, gyorsan reagáló élőlények, pl. a vizekben élő kagylósrákok (*Ostracoda*), ill. a vizekben és szárazföldön egyaránt elterjedt, gyakran tömegesen előforduló csigák (*Mollusca*), bármely kor klimatológiai feltárásában. Ezek az élőlények a sokszor más módon nem észlelhető, kisebb klímaváltozásokat (hideg, meleg, száraz, nedves) is jelzik, különböző ökológiai igényű fajok megjelenésével vagy eltűnésével, tömeges elszaporodással vagy visszahúzódással. A különböző klímát jelző növényi vagy

állati fossziliák szórványos megjelenése általában a lokális ökológiai viszonyoknak, a mikroklimának a megváltozását jelzi, míg a karakterisztikus, indikátor taxonok tömeges elszaporodása vagy eltűnése már vélhetően regionális, esetleg globális klímaváltozás jelző. A negyedkori kutatásban a fosszilis világ egyre szélesebb palettáján vizsgálódva, a pleisztocén klíma- és vegetációtörténetről alkotott ismereteink egyre sokasodnak, és egyre finomabb részleteket tárnak fel, különösen a hozzánk időben legközelebb lévő és ezáltal a legjobban tanulmányozható időszakról, a Würmtől napjainkig.

Az utóbbi évtizedben Nyugat-Európában a Weichsel (=Würm) folyamán a késő glaciálistól eltekintve, a korábbi 5 helyett mintegy háromszor annyi klímaváltozást mutattak ki. (4. ábra)

Így elmondható, hogy a Würm említett klasszikus felosztásába a rendelkezésünkre álló adatok már nem szoríthatók be, "kinőtték" azt. Nincs egységes sémája többé pl. a Würm3 "lehülésnek" sem, mivel kiderült, hogy az sem egységes lehülés. Nehéz fenntartani pl. az alsó-középső-felső Würm kategóriákat is, nemcsak azért mert a határok nem kielégítően definiáltak, hanem, mert az esetleges elvárható kritériumok sokszor és sok helyen nem kimutathatók, vagy a változások nem mindenhol a korábban vélt határok mentén történtek. Ennek megfelelően legújabbban is meglehetősen sok eltérő felfogás van a határokat illetően, még Közép-Európára vonatkozóan is. Mi alapvetően LANG korbeosztását fogadtuk el, figyelembe véve FRENZEL adatait is (FRENZEL és mtsai1992/b; LANG 1994). (4. ábra)

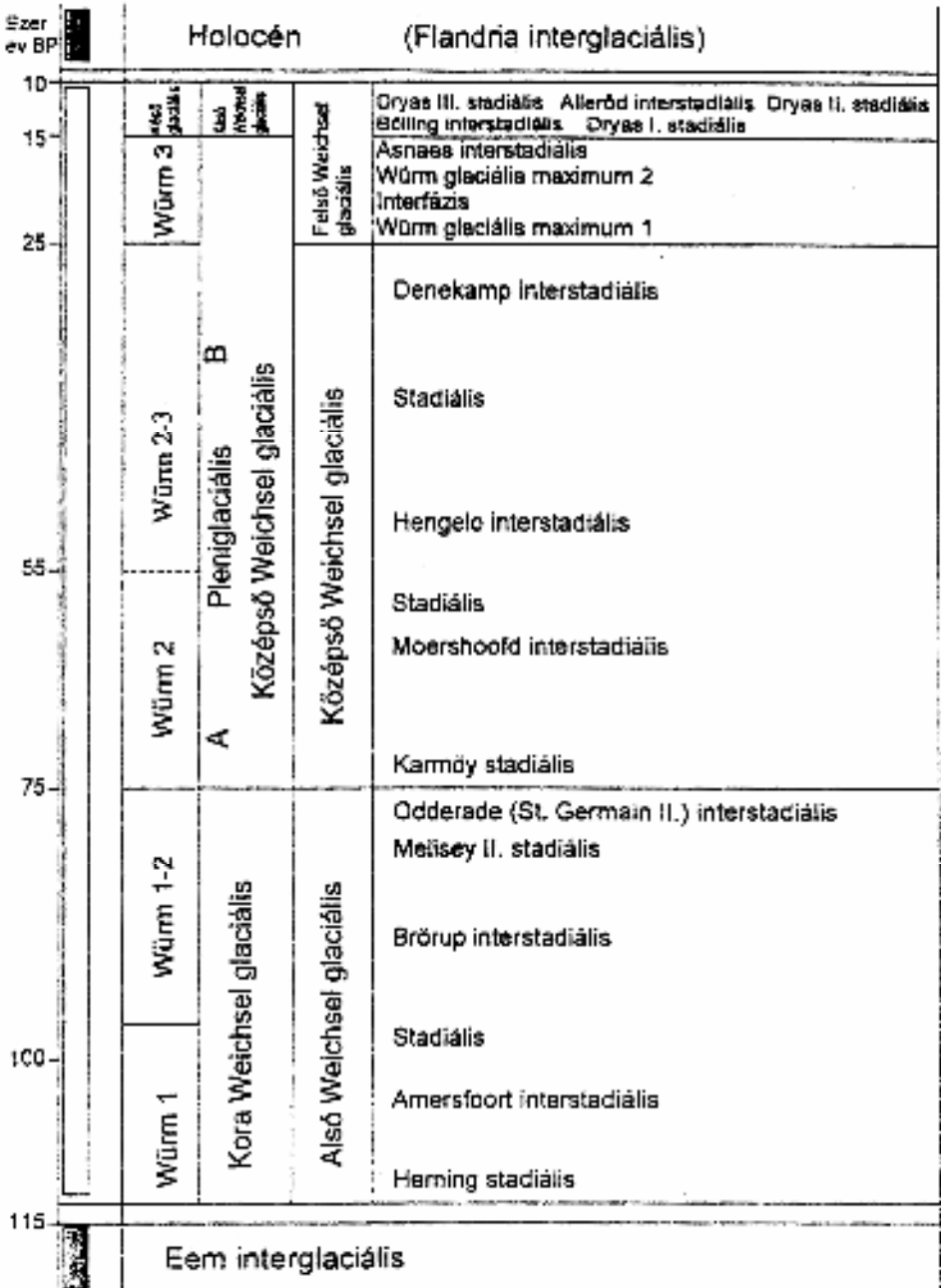
A kora Weichsel glaciális (115000-75000 BP) a legújabb ismeretek szerint három stadiális és három interstadiális szakaszból áll. A korábban Würm1 stadiálisnak tartott egységes lehülés alatt egy felmelegedést (Amersfoort) is kimutattak, ezáltal az addig egyetlen hideg stadiálisnak ismert Würm 1 a Riss-Würm-öt követő Würm első, ún. Herning stadiálisra, az Amersfoort interstadiálisra és az ezt követő újabb stadiálisra tagolható. A Würm1-2 interstadiálisban viszont egy lehülést is észleltek, ami az addig egyetlen egységes felmelegedésnek hitt klímazakaszt két felmelegedésre bontotta: az első a Magyarországon is kimutatott BRÖRUP interstadiális (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/b), a másik a Würm1-2-t befejező Odderade interstadiális.

A középső Weichsel glaciális vagy pleniglaciális A és B (75000—15000 BP) a korábbi klasszikus felosztásban a Würm2 és a Würm3 stadiálisoknak és a köztük lévő W2-3 interstadiálisnak felel meg.

A pleniglaciális A-ban (= W2 és W2-3) a korábbi egy helyett már három stadiális és három interstadiális klímaváltozást mutattak ki. Ezek közül valószínűleg az ún. Denekamp interstadiálisnak megfelelő felmelegedést mutatták ki hazánkban is (HERTELENDI és mtsai 1992), de nem azonosították.

A maximális eljegesedés (pleniglaciális B = Würm3), amely 25000 éve kezdődött, szintén nem egységes lehülés, mivel az újabb kutatások szerint két hidegsúcsot mutat, amelyek között egy enyhébb "interfázis" volt (VELICHKO 1992). Valószínűleg ezt a "mikrointerstadiális" mutatták ki pollenanalízissel (BORSY és mtsai 1991) és fosszilis csigafauna alapján Magyarországon is (HERTELENDI és mtsai 1992; SÜMEGI & KROLOPP 1995), de nem azonosították.

A középső Weichsel glaciális ill. a Würm3 az ún. Asnaes interstadiálissal végződik (VELICHKO 1992). Az abszolút koradatok szerint ez a felmelegedés felelhet meg a Magyarországon is kimutatott "Lascaux" interstadiálisnak (BORSY és mtsai 1991), amely



4. ábra – A Wümm (Weichsel) glaciális korbeosztása (FRENZEL és mtsai 1992/b; LANG 1994 alapján).

minden bizonnyal megfelel a malakosztratigráfiával is kimutatott Würm3 második hidegmaximumát követő enyhülésnek (SÜMEGI & KROLOPP 1995).

A késő Weichsel glaciális (15000—10000 BP) három stadiálist és két interstadiálist foglal magába. Ebben az utolsó eljegesedést követő és a holocén beerdősödés kezdetéig tartó "átmeneti" szakaszban a korábbiakhoz képest újabb jelentősebb klímakilengéseket nem mutattak ki.

3.2.3. A würmi kutatás hazai történetének vázlata

A Würm klímasztratigráfiája és biokronológiája a sokasodó, sokoldalú feltárás révén hazánkban is egyre ismertebbé válik.

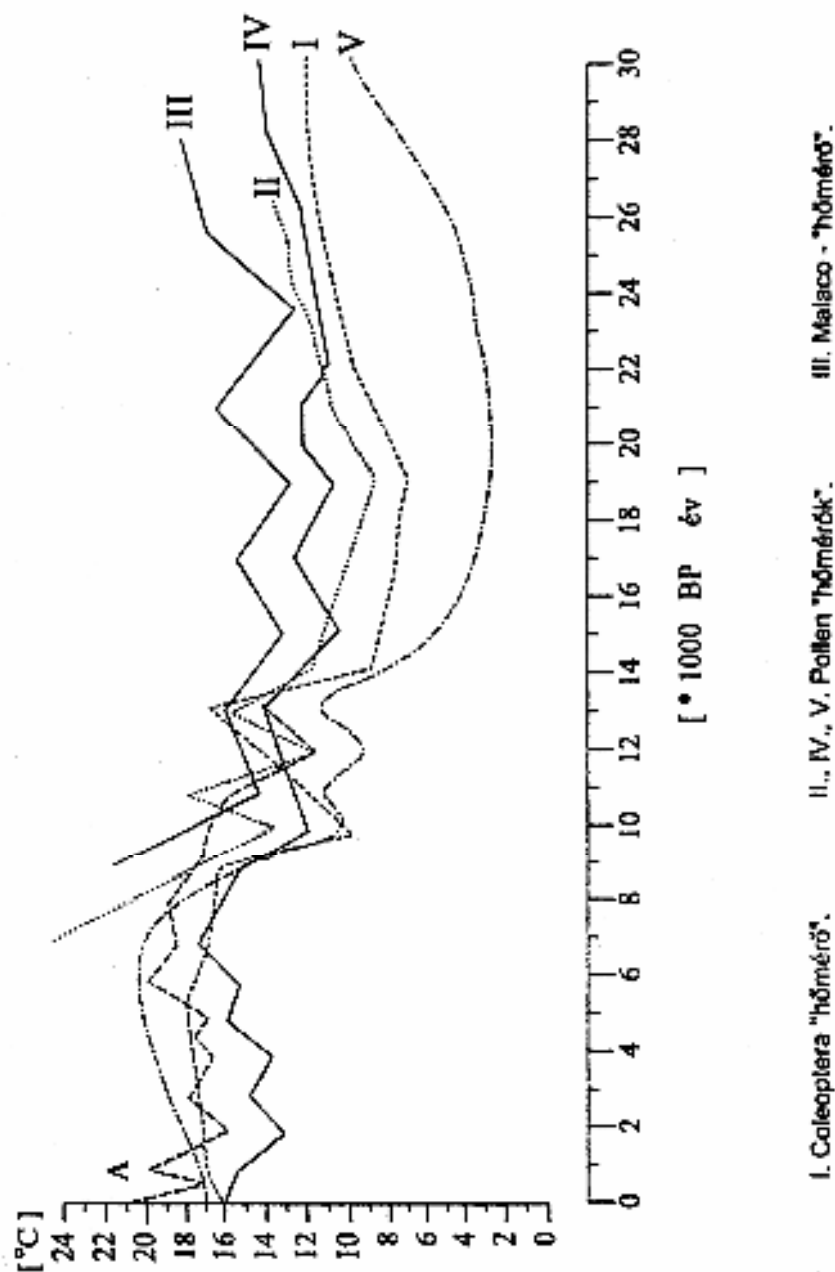
A negyedkori vegetációtörténeti kutatás hazánkban az 1920-as években kezdődött, de a pleisztocén rétegek első paleobotanikai eredményei az 1940-es évekből láttak napvilágot. A legelső pleisztocén adatok mind az utolsó glaciállissal kapcsolatosak. Így a mezőberényi tőzegtől kimutatott Würm interstadiálisnak vélt melegkedvelő flóra és a tiszafüredi pollen adatok (ZÓLYOMI 1940, 1946), továbbá egy magdalenien korú flóra (GREGUSS 1940) pollenelemzése. Többnyire szórvány adatok láttak napvilágot, s épphogy a Würm végét érintik (ZÓLYOMI 1937; CSINÁDY 1960).

A 1940-es évekig elért kevés palinológiai, de különösen gazdag makrofosszília (faszén-maradványok) eredmények alapján született meg Magyarország első felső pleisztocén kronológiája, vegetációtörténeti összefoglalása (SOÓ 1940), majd a kutatási eredmények gyarapodásával ezt további vegetációtörténeti összefoglaló munkák követték (ZÓLYOMI 1952, 1958; SOÓ 1959/a, 1959/b), amelyek azonban elsősorban a holocén beerdősődéssel foglalkoztak és a késő glaciális, illetve a Würm flórájáról kevés információt adtak.

A kutatás alapjait a pleisztocén rétegtani kronológiája, különösen a Kárpát-mendencében oly jellemző glaciális üledék, a löszrétegek geológiai feltárása teremtette meg (SCHERF 1935, 1936; KRIVÁN 1957; KRIVÁN & NAGY 1963; KRETZOI & PÉCSI 1971; PÉCSI & SCHWEITZER 1991; PÉCSI 1997).

Nagy előrelépések történtek a paleoökológiai viszonyok megismerésében is. Korábbi adatok (KORDOS & JÁRAI-KOMLÓDI 1988) felhasználásával pocokfauna alapján elkészült a magyarországi felső pleisztocén globális léptékű klímasztratigráfiai rendszere (KORDOS & RINGER 1991). Továbbá *Mollusca*, *Gastropoda* és pollen leletek alapján részletezték a Würm és a késő glaciális paleoökológiai viszonyait (HERTELENDI és mtsai 1992; SÜMEGI & KROLOPP 1995), illetve a mezolit és neolit kultúrák és a klíma egymásra hatását taglalták (SÜMEGI & KERTÉSZ 1998).

A magyarországi Würm első részletes botanikai feltárása pollenanalízissel történt (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/a, b) először leírva a Brörup interstadiális növényzetét hazánkban, mind az erdőfejlődést, mind a szárazföldi és vízi lágyszárú növényzetet. A korazonosítás geológiai rétegtani (SCHERF EMIL) alapon, a pollen mellett, a faszénleletek (STIEBER JÓZSEF), a növényi makromaradványok (ANDRZEJ SRODON) és a fosszilis csigák (KROLOPP ENDRE) segítségével történt. A Würm néhány további teljes vagy részleges paleobotanikai feldolgozása mellett (MIHÁLTZ & MIHÁLTZNÉ FARAGÓ 1965; MIHÁLTZNÉ FARAGÓ 1982; BORSY és mtsai 1991, 1992; ZÓLYOMI 1995; WILLIS és mtsai 2000) fontos, elsősorban a klímára vonatkozó, ökoszisztémakutatási eredmények is megjelentek (ZÓLYOMI 1958; JÁRAI-KOMLÓDI 1969, 1973/a; KORDOS 1981) (5. ábra). A Kárpát-medence eddigi legrészletesebb, legújabb biosztratigráfiai alapú felső pleisztocén klímatakológia a fosszilis csigaelemzésen alapul (SÜMEGI & KROLOPP 1995). A Würm folyamán az öt nagyobb



5. ábra – Hőmérsékleti rekonstrukciók az utolsó 30000 évre különböző paleontológiai módszerekkel (HERTELENDI és mtsai 1992 alapján).

(stadiális, interstadiális) klímaváltozást, valamint kilenc kisebb klímaoszcillációt tudtak elkülöníteni.

3.2.4. Erdőfejlődés és a növényzet a Würm folyamán a Kárpát-medencében

Az utolsó eljegesedés egészét a főként tülevelű, nyitott tajgaerdők és erdőtlen sztyepprétek mozaikos növényzete jellemezte, melyek arányának változásai az ökológiai változások indikátorai.

3.2.4.1. Hideg szakaszok növényzetének általános jellemzése

A hideg stadiálisokban alapvetően a fátlan sztyepp és a tülevelű fás növényzet volt a két legjellemzőbb vegetációtípus. A stadiálisok klímajellegétől függően ez a növényzet részben kiterjedésében, részben összetételében változhatott.

Így a leghidegebb és extrém száraz éghajlat alatt főként az Alföldön terjed a fátlan sztyepp-növényzet, szórványosan tundraelemekkel, de sem klímájában, sem növényzetében nem valódi tundrával. A hegyekben, a Kárpátok koszorúján fagyűrű, hidegkedvelő fenyők alkotta fás növényzet is túlélhette a zord klímát, sőt kedvező mikroklímájú refugiumokban néhány lombosfa is, és szórványosan tülevelűek az Alföldön is.

Fás növények közül ezt a zord klímát legjobban az erdeifenyő tolerálta. Az ugyancsak fagyálló vörösfenyő ilyen éghajlatú stadiálisok alatt, magas nedvesség igénye miatt inkább csak a lokálisan humidabb mikroklímájú területeken elegyedett az erdeifenyővel, amely az egész pleisztocén leggyakoribb, legelterjedtebb fás növénye, három alapvető tulajdonsága miatt:

1. Igénytelen, tág ökológiai toleranciájú faj. Sem termőhelyben, sem klímában nem válogat. Fagyűrű és szárazságtűrő, de a meleget és a csapadékot is elviseli. Minden talajtípuson megél. Ez az oka, hogy a hideg szakaszokban uralkodó faj, de a felmelegedések alatti növényzetben is jelen van.

2. Fényigényes, gyorsan nő, jól újul, ezért elsőnek képes megtelepedni és elterjedni az addig fátlan területeken, azaz pionír faj. Ezért van az, hogy a beerdősödési szakaszok szinte mindig a *Pinus sylvestris* elterjedésével kezdődnek, majd a fenyvesek fokozatosan átalakulnak más fajokkal elegyes erdőkbe. A beárnyékolást is tűri.

3. Mindezek mellett genetikailag plasztikus, jól adaptálódó faj, amelynek csak Európában 14 mikromorfológiailag elkülöníthető ökotípusa ismert (STASZKIEWICZ 1961).

Az ugyancsak igen hideg, de humidabb éghajlatú stadiálisokban a hegyvidéki, alhavasi vörösfenyő hódíthat tért az erdeifenyők között, mivel fagyállósága nagyfokú, de igen nedvesség igényes.

A harmadik leggyakoribb pleisztocén fafaj az északi jellegű, hegyvidéki, alhavasi luc akkor terjed, ha a klíma humid, de a hideg is mérséklődik, mert nem túl fagyálló. Ezért az interglaciálisok egyik legjellemzőbb fenyőféléje. Optimális ökológiai igénye a hűvös, csapadékos klíma. Jelenleg csak évi 700 mm átlagos csapadék felett alkot tartós erdőt.

A pleisztocén tülevelű erdők összetételét a fenyők fényigénye is jelentősen befolyásolhatta. Az erdei- és vörösfenyő igen fényigényesek. Utóbbi még saját árnyékolását sem tűri, ezért mindig laza erdőt alkot. Így a luc számára is kedvező klímában adott esetben azért a vörösfenyő társul az erdeifenyővel és nem vagy kisebb mértékben a luc, mert klímaroszsabbodás hatására, vagy erdőégés következtében megritkuló erdőben a fény fontosabb ökológiai faktorrá léphet elő a vörösfenyő számára, mint a hő és a csapadék

csökkenése, s így az árnyékkedvelő luccal szemben versenyképesebb volt. Ez történhetett a nyitott, szórt fenyvesekben, az ún. túlelevelű erdőssztyepppek kialakulásakor.

Végül a két fényigényes túlelevelű fa, az erdei- és a vörösfenyő eltérő elterjedtségét további ökológiai tényezők, nevezetesen a talajviszonyok szabályozhatták. Az igénytelen, minden talajon megtermő erdeifenyővel szemben a vörösfenyő mészkedvelő és mély, üde talajon terjed a legjobban.

Mindez néhány alapvető környezeti feltétel és néhány kiemelt, jelenlegi ökológiai igénye az említett növényeknek. A természetben ezek a viszonyok a vázoltakhoz képest — ahogy a jelenben, a múltban is — igen összetett módon, számos konstellációban valósulhattak meg, melyek előtt sokszor értetlenül állunk, mert a múltban lejátszódó bonyolult ökológiai események ok—okozati összefüggését gyakran nem, vagy alig tudjuk rekonstruálni, pl. azért is, mert nem ismerjük az egykori ökotípusokat.

Így közismert, hogy a globális klíma- és vegetációzónákat tekintve a Kárpát-medence a Würm stadiálisok leghidegebb időszakában (W3) a nagy eurázsiai sztyeppzónákhoz tartozott. Uralkodó növényzete ennek megfelelően a fátlan lösz-sztyepp, ill. mozaikos sztyepp és tundra növényzet lehetett (FRENZEL és mtsai 1992/b), amire számos, főként pollen és csiga lelet is utal. Azonban a fossziliák alapján ezt az igen nagyléptékű képet a finomabb geomorfológiai változatosság (pl. síkságok, középhegységek, vizek) és a túlélésre alkalmat adó refugiumok, továbbá az élővilág differenciált alkalmazkodó készsége módosítja, színezi, a regionális és lokális viszonyok feltárással. Erre mutat az Alföld eddigi legrészletesebb würmi pollenanalitikai feltárása (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/a) és ezt erősítik meg a legújabb, elsősorban faszén leletekre alapozott fontos eredmények (WILLIS et al. 2000). A túlelevelű fás növényzet szórványos "in situ" fennmaradásától, illetőleg refugiumokban feltételezett túlélésétől eltekintve azonban az eddigi őskörnyezeti és paleontológiai eredmények továbbra is azt erősítik meg, hogy az utolsó eljegesedés szigorú klímájú stadiálisainak jellemző növényzete a Kárpát-medencében, főként a síkságokon, a fátlan xerotherm sztyepppek voltak.

Hazánk utolsó jégkori xerotherm sztyepp növényzetének összehasonlítása Eurázsia eddigi kimutatott, hasonló korú nyílt vegetációival azt mutatja, hogy az Alföld pleniglaciális lösz sztyepp vegetációja bizonyos vonásokban mind a tőlünk keletre, mind pedig nyugatra fekvő területek pleisztocén xerotherm nyílt vegetáció típusaitól eltér. Így az Alföld közepén (Kiskunfélegyháza) mindkét stadiális (pleniglaciális A, B) nyílt vegetációja leginkább az eurázsiai kontinens déli részére jellemző típushoz mutat kapcsolatot, elsősorban a feltűnően sok *Chenopodiaceae* révén. Azonban az *Artemisia* majdnem teljes hiánya miatt attól mégis különbözik, a tőlünk nyugatra lévő kelet-ausztriai spektrumokkal pedig semmi kapcsolatot nem mutat. Az Alföld peremvidékének stadiális nyílt vegetációja (Tiszántúl: TÍMÁR) viszont átmenetet képez a tőlünk keletre és nyugatra kimutatott hasonló vegetáció között. A keletiek közül leginkább az *Artemisiában* és egyéb kétszikűekben gazdag, ún. északi típushoz mutat kapcsolatot, de attól a *Chenopodiaceae* majdnem teljes hiányával tér el. Viszont az Alpok keleti peremének dombvidéki zónájára jellemző *Chenopodiaceae* nélküli, *Artemisiában* és kétszikűekben gazdag típustól a hazai stadiális lösz sztyepppek *Poaceae* gazdagságukkal különböznek (FRENZEL 1964; JÁRAI-KOMLÓDI 1966/b).

Az Alföld közepén kimutatott felső pleniglaciális (Würm 3) flóra mind a fás, mind a fűnemű növényzet tekintetében már igen szegényes. A sztyepppek korábbi gazdag heliophyton vegetációja ekkorra megtizedelődött, az arktikus láprétek és a magaskórós növényzet fajai eltűntek. Az uralkodó növényzet olyan fajszegény, hideg, füves löszpuszta

lehetett, amelyben a libatopfélék voltak az uralkodó kétszikűek (a fűnemű növényzet 83%-a a pollen-diagramban *Chenopodiaceae*). Ahhoz hasonló, amilyen ma pl. a mongol fennsíkon él; ürömpuszták libatopfajokkal (*Chenopodium*), seprőfűvel (*Kochia*), pamacslobodával (*Ceratoides latens*). Utóbbi csak egyetlen helyen élt Magyarországon, talán ezen idők maradványfajaként (reliktum növény), de már sajnos kipusztult.

A pollen eredmények alapján a Würm glaciális hideg maximumában, szélsőségesen hideg-száraz klímában a Kárpát-medencében már csak igen kevés nyitvatermő és lombosfa faj fordulhatott elő. A középhegységi tájainkon, védettebb helyeken azonban még a glaciális eljegesedés maximuma alatt is lehettek maradvány fenyő-nyír erdőfoltok lombosfa fajokkal. A vörösfenyő, cirbolyafenyő, lápi fenyő (*Pinus uncinata*) makrofossziliák ezeknek a szubarktikus fajoknak és lápi növényeknek a szigetszerű, alföldi, Alföld-peremi és középhegységi előfordulásaira engednek következtetni, tundraszerű szubarktikus, illetve havasi növényzettel (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/b; STIEBER 1967).

Több mint 30 évvel később, korszerűbb módszerekkel (szénizotópos abszolút kormeghatározással) vizsgált "in situ" faszénleletekkel ezek az eredmények (pollen és faszén maradvány) részben kibővültek, részben megerősítést nyertek (WILLIS és mtsai 2000). Úgy véljük azonban (számos korábbi palinológiai vizsgálat szerint), hogy az utolsó glaciális hideg maximumai (W 2, 3.) alatt az Alföld egyes területein, pl. a Duna-Tisza közén mind a lombos, mind a tűlevelű fajok ténylegesen visszaszorultak. Nagy részük alig és csak menedékhelyeken vészeltette át a zord klímát. Melegkedvelő lombosfa refugiumok leginkább csak a Középhegységben vagy az Alföld-peremi, hegyközeli tájakon tételezhetők fel.

3.2.4.2. A felmelegedő szakaszok növényzetének általános jellemzése

Az interstadiálisokban meginduló beerdősödés, általában szubarktikus tajgával, ill. kedvezőbb helyeken, vagy melegebb interstadiálisokban vegyeslombú tajgaerdőkkel kezdődött. A fenyő tajgák legjellemzőbb, szinte állandó fajai az erdei-, a luc- és a vörösfenyő. A különböző mértékű és jellegű felmelegedések során, ökológiai igényeiknek megfelelően, hol egyik, hol másik válik uralkodóvá, ill. elegyedik más nyitvatermőkkel és lombosfa fajokkal.

Így enyhe csapadékos klímában a luc szaporodik el, s ha a hőmérséklet tovább emelkedik, s a klíma kiegyenlítetté válik, az már a jegenyefenyő elterjedését is segíti. A pleisztocén glaciálisok legjellemzőbb négy fenyőféléje közül a jegenyefenyő a legigényesebb, legszűkebb ökológiai toleranciájú fa. Hegyvidéki, alhavasi faj, de csak kiegyenlített, csapadékos, magas páratartalmú klímában érzi jól magát. Hőigénye átlagos, de fagy- és hidegérzékeny. Igényes a termőhely tekintetében is. Csak a mezofil, üde, közömbös pH-jú tápgazdag talajt kedveli. A többi fenyőhöz képest mindig szórványosabb előfordulását, sohasem tömeges. Nyilvánvalóan azért, mert ahogyan ma, úgy a pleisztocénban is, nem alkotott önálló erdőket, hanem szálanként elegyedett más erdőkbe. Jelenleg a lucos és bükkös zóna határán elegyedik mindkettőbe, amit igen nagy árnyéktűrő képessége tesz lehetővé.

A nyír és fűz mellett a tölgy, szil, hárs, gyertyán és kőris is megjelenik, s gazdag vízinnövényzet mutatható ki, mint pl. a Brörup (cca. W1-2) interstadiálisban (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/b), vagy a "Lascaux" felmelegedés alatt (BORSY és mtsai 1991).

A folyók mentén, nedvesebb talajokon égeresek nőttek. A mélyebb területeken alhavasí jellegű magaskórós kétszikűekkel, virágos rétekkel, az ármentes magasabb térszinteken ürömben gazdag, fátlan, füves löszpusztákkal, fénykedvelő növényekkel.

Csak az interstadiálisok végén, a klíma kedvezőtlené válásával jelentkezett a fás növényzetben jelentősebb változás. A fenyő, nyír csökkent és az erdő összetétele is megváltozott. Egyre több a cirbolyafenyő, és a nyírfa mellett feltűnik a magashegységi törpenyír (*Betula nana*) is a pollenspektrumban. Ez volt a törpenyír fosszilis pollenjének első kimutatása a hazai negyedkori flórából (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/b). Az Alföldön ekkor ritkás cirbolya- és vörösfenyő erdők lehettek.

3.2.4.3. Az erdőfejlődés és florisztikai változatosság részletes képe az alföldi Würm leletek alapján

Az eddigi legrészletesebben feldolgozott, leggazdagabb Würm növényzetet a Duna-Tisza közí (Kiskunfélegyháza) és a tiszántúli (Tímár) pollenanalízis tárta fel (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/b), korábbi makrofosszília adatokkal kiegészítve (SZEPESFALVI 1928, 1930; TUZSON 1929; SCHERF 1936; BOROS 1952; SRODON 1966). A lágyszárúakban is igen gazdag pollenleletek lehetővé tették a Würm differenciáltabb, részletesebb vegetáció- és klímátörténeti megismerését mind az erdőfejlődés, mind a fátlan növényzet tekintetében, mind az interstadiálisokra, mind a stadiálisokra vonatkozóan, sőt lehetőséget nyújtva még az eltérő földrajzi fekvésű tájak eltérő jellegének kimutatására is.

3.2.4.3.1. Kora-Würm felmelegedés. Brörup interstadiális növényzete a kiskunfélegyházi és tímári szelvény alapján

A Würm glaciálison belül a legjelentősebb felmelegedés a **Brörup** interstadiális (Würm 1-2.) volt, a Kora-Würm folyamán. Ez idő tájt a Kárpát-medencében nemcsak a Középhegységben (STIEBER 1967), hanem az Alföld bizonyos területein is ritkás, ligetes erdők lehettek, amelyek összetétele azonban a Duna-Tisza közén és a Tiszántúlon eltérő volt (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/b). Ezt a különbséget a két táj között a legfrissebb anthrakotómiai vizsgálatok is megerősítették (RUDNER 1999 szóbeli közlés). E két alföldi tájegység éghajlata és növényzete ma is eltérő. A Duna-Tisza köze vizsgált területe ma az Alföld legszárazabb, szemiárid része, amint azt a szemiáriditási tényezővel is kimutatták (WALTER 1957, BORHIDI 1961). Ennek a zónának mai jellemző növény formációja a tölgyes-erdőössztyepp, mégpedig a homokon a nőszirmos pusztai tölgyes (*Iridi variegatae-Quercetum roboris*), amelyet a Duna-Tisza köze posztglaciális reliktum homoki erdejének tekintenek, továbbá a gyöngyvirágos tölgyes (*Polygonato latifolii-Quercetum roboris*). Mindkét társulás az erdőössztyepp-zónához kötött, erősen veszélyeztetett, fokozottan védett (BORHIDI & KEVEY 1996; BORHIDI & SÁNTA 1999). Löszön a tatárjuharos tölgyes (*Aceri tatarico-Quercetum roboris*) a klímazonális erdőössztyepp (ZÓLYOMI 1957), jelenleg a terület nagy része kultúrtáj. A még meglévő erdők ártéri ligetek és tölgyesek.

Ezzel szemben az Alföld észak-keleti pereme, ahonnan a Tiszántúl (Tímár) palinológiai elemzése származik, már az egész évben humid, közép-európai klímátípusba tartozik. Azon belül is az erdőössztyepp-öv határán van, sőt már inkább a zárt tölgyesek övében. Jelenleg kultúrtáj, ártéri erdőkkel. A legközelebbi erdőössztyepp terület már inkább a keleti hűvös-kontinentális erdőössztyepp-övbe tartozik. A klimax társulás itt a lösztalajokon a gyertyán elegyes mezei juharos tölgyes (*Aceri campestri-Quercetum roboris*) (FEKETE 1965), homok talajon a nyírségi gyöngyvirágos tölgyes (*Convallario-Quercetum roboris*)

(Soó 1958). Ez — a jelenlegi klímában és növényzetben is megmutatkozó — különbség tükröződik talán a paleoklímában és az akkori növényzetben is.

A Duna-Tisza köze jellemző erdői a Brörup interstadiálisban (pollen leletek alapján) a szubarktikus fenyő-elegyes nyírligetek lehettek, amelyeket zömmel az erdeifenyő és nyírfajok (*Betula pendula*, *B. pubescens*) alkothattak, lokálisan fűzzel, égerrel és csak szórványosan fordulhattak elő más fenyőfajok, így a cirbolya-, a luc-, a jegenye-, az omorika- és a vörösfenyő (*Pinus cembra*, *Picea abies*, *Abies alba*, *Picea omorica*, *Larix decidua*), és lombosfa fajok (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/a, 1970). Ez volt a *Picea omorica* fosszilis pollen első kimutatása a hazai negyedidőszakból. Ez az arktotercier faj ma már csak egy Balkán-félszigeti refugiumban élő késő glaciális reliktum (FISCHER & JÁRAI-KOMLÓDI 1970; JÁRAI-KOMLÓDI 1970).

Ezzel szemben az Alföld észak-keleti peremén (**Tiszántúl**) a fenyvesek voltak a jellegzetesek, elsősorban a luc, az omorika- és az erdeifenyő. A lombosfák közül az éger elterjedésére, a vízfolyások mentén, a zátonyokon homoktövis (*Hippophaë rhamnoides*) hordalék-bozótosra utalnak a fosszilis pollen leletek. Az interstadiális végén itt is megjelent a cirbolyafenyő és a vörösfenyő virágporszeme. Valószínűleg ritkás túlelvű erdőösszetevőket ill. tajgaerdőket alkottak (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/a, 1970). Ezt a legújabb faszén leletek is megerősítették (SÜMEGI és mtsai 1996, 1999). Több az éger és más lombosfák.

Az erdeifenyő a lápokon molyhos nyírral (*Betula pubescens*), a szárazabb területeken a közönséges nyírral (*B. pendula*) képezte a fenyő-nyírligeteket az Alföld mindkét táján.

A termofil lombosfák (*Quercus*, *Ulmus*, *Tilia*, *Corylus*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Fagus*) mindkét szelvényben általában szórványosan fordultak elő. Feltehetőleg a Brörup interstadiális klímája megfelelő volt ahhoz, hogy ezek a fák az Alföldön is megéljenek, de már nem lehetett megfelelő ahhoz, hogy terjedjenek (a júliusi átlaghőmérsékletet 17-18 °C-nak tételezzük fel). Bár ezek a fák az anthrakotómiai leletek tanúsága szerint (STIEBER 1967) a környező Középhegységben megvoltak ebben az időben is, mégsem terjedhettek el akadálytalanul az Alföldön, mivel a helyben nőtt, igen kedvező pionír tulajdonságokkal rendelkező *Betula* klímajavulás esetén sokkal hamarabb elfoglalhatta az összes alkalmas területet, s az egyébként is lassabban terjedő és későbbén érkező lombosfák behatolásának jelentős akadályt jelenthetett.

A lágyszárú növényzet, a rétek, lápok, vizek flórája is eltérő volt a két tájon. A **Duna-Tisza közén** az erdőfoltok között nedves, sásos szubarktikus rétek alakultak ki, csipkeharasztal, borzamaggal (*PleurospERMUM*) és az interstadiális végén az alhavasi magaskórós növényzet néhány fájának: havasi keserűfű (*Polygonum bistorta*), őszi vérfű (*Sanguisorba officinalis*) megjelenésével. Árterületeken, lápok, mocsarak vizeiben nádasok, gyékényesek és vízinnövényzet élt, melyre a vízboglárkák (*Batrachium*), sülőhínárok (*Myriophyllum*), békakorsó (*Sparganium*) és békaszőlő (*Potamogeton*) megszaporodó pollen leletei utalnak.

Az Alföld észak-keleti peremén, a **Tiszántúlon**, a Duna-Tisza közénél sokkal fajgazdagabb magaskórós növényzet virult. A havasi keserűfű és vérfű mellett, amely a Duna-Tisza közén is jellemző volt, itt még a réti legyezőfű (*Filipendula cf. ulmaria*), a gólyaorr (*Geranium*), a virnác (*Thalictrum*), a nadálytő (*Symphytum*), a füzike (*Epilobium*), a vadsóska (*Rumex*), a csalán (*Urtica*) és ernyősvirágzatúak (*Apiaceae*) pollen leletei bizonyítják a virágokban gazdag növényzetet. Megjelenik a havasi, illetőleg szubarktikus tundra-tajga jellegű, alpin-boreális borzamag és néhány más eleme a mai

tundra, illetve havasi növényzetnek, mint pl. egy korpafűféle, a györgyfű (*Huperzia selago*) és a csipkeharaszt, továbbá feltűnnek a csarabosok (*Ericaceae*).

A magasabb fekvésű, száraz területeken füves sztyepprétek voltak, kétszikű virágokkal. Sokféle fészkesvirágzatú (*Asteraceae*) volt kimutatható, legjelentősebb az üröm és megjelentek a pleniglaciális és késő glaciális heliophyton növényzet egyes elemei is., mint pl. a csabaire (*Sanguisorba minor*), a napvirág (*Helianthemum*), csikófark (*Ephedra*) és az istác (*Armeria*).

Míg a magaskórós növényzet a Tiszántúlon, addig a xerotherm gyepek inkább a Duna-Tisza közén voltak jelentősebbek, fajgazdagabbak.

Mindkét lelőhely palinológiai vizsgálata és makrofosszília adatai arra utalnak, hogy a vizsgált interstadiális klímája általában hűvös, nedves volt. A gazdag tűlevelű flóra, az éger s a vizinövényzet mellett erre mutat a fosszilis malacofauna is, melyben a kopoltyús vízi csigák (*Bithynia tentaculata*, *B. leachi*) a legjellemzőbbek.

3.2.4.3.2. Pleniglaciális növényzet (Würm 2 és 3) a kiskunfélegyházi és tímári szelvény alapján

A beköszöntő és fokozódó klímaromlás következtében a stadiálisokban a táj átalakul. Az erdők fokozatosan megritkulnak, az uralkodó fajok összetétele megváltozik.

A stadiális elején még megvan az interstadiális fás növényzet, így a fenyő-nyír erdők, élnek a luc, az omorikafenyő és a balkáni selyemfenyő (*Pinus peuce*) is kimutatható (makrofosszília), de a fás növényzetben a korábbiakhoz képest észrevehetően nő a cirbolya- és vörösfenyő erdők jelentősége. Majd az erdők letörpülését és a szubarktikus alhavasi cserjés, bozótos táj kialakulását tükrözik a fossziliák, amelyben a törpe nyír, törpe fűz (*Salix reticulata*), havasi éger (*Alnus incana*), törpefenyő (*Pinus montana*) volt kimutatható részben pollennel (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/b), részben makrofossziliákkal (TUZSON 1929; SZEPESFALVI 1930; SCHERF 1935).

A Brörupot követő első lehűlés (megközelítően a korábbi W2 stadiálisnak felel meg), az ún. **alsó-pleniglaciális** klímája a kimutatott flóra alapján még meglehetősen nedves volt a Kárpát-medencében. A lehűlést az erdők csökkenése, a szubarktikus cirbolya- és vörösfenyő társulás, az arktikus alpin törpecserjések és különösen egyes tundra elemek, mint pl. az izlandi keserűfű (*Koenigia islandica*) megjelenése mutatja. Ezen tipikus arktikus-alpin, chionofil, hideg nedves tundranövény ma is észak lakója, s fosszilis lelete igen ritka. Magyarországon ez az első kimutatása (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/b), ezen kívül csak a Nyugat-Kárpátok pleniglaciálisából vannak fosszilis pollenleletek, ahol nedves, füves, sásos tundrák növényei és vízi növények voltak még együttesen kimutathatók: *Myriophyllum*, *Botrychium*, *Koenigia*, *Hippuris*, *Potamogeton*, *Chara* (KOPEROWA & SRODON 1965).

A klíma nedvességére utal a hazai leletegyüttesben kimutatott nedvesséigényes növénytársulások (arktikus sásos rétek, tundraelemek, alhavasi magaskórós növényzet) egyes tagjainak mozaikos megjelenése, amilyenek pl. *Cyperaceae*, *Selaginella selaginoides*, *Botrychium*, *Huperzia selago*, *Polygonum bistorta*, *Sanguisorba officinalis*, *Polemonium*. Több, ma már az Alföldön hiányzó, csak a Kárpátok havasi régióiban és a nedves, lápos északi tundrákon élő hidegtűrő mohák, mint pl. *Scorpidium scorpioides*, *Drepanocladus exannulatus*, *D. vernicosus*, *D. fluitans* (BOROS 1952) is a *Koenigiához* hasonló termőhelyeken élhettek a fosszilis leletek alapján. Az alsó pleniglaciális hideg-nedves klímáját erősítik meg az itt talált csigafossziliák, így a hidegtűrő, nedvesség

kedvelő *Succinea oblonga*, *Cochlicopa lubrica* és néhány jellegzetes lősz-csiga: *Vallonia costata*, *Pupilla muscorum* lelete is (KROLOPP 1966).

Végül a Würm eljegesedés legfiatalabb löszlerakódásának idején (**felső-pleniglaciális**, Würm 3. stadiális) a klíma igen hidegnek és száraznak mutatkozik. A táj az Alföld közepén alig erdős, a lombelegyes ritkás tűlevelű erdőknek már csak a szétszórt foltjai lehettek, vagy izolált menedékhelyeken maradtak meg. A vizinövények és a nedvességkedvelő elemek eltűntek, s helyettük a kontinentális hideg lösz sztyepp növényei az uralkodók.

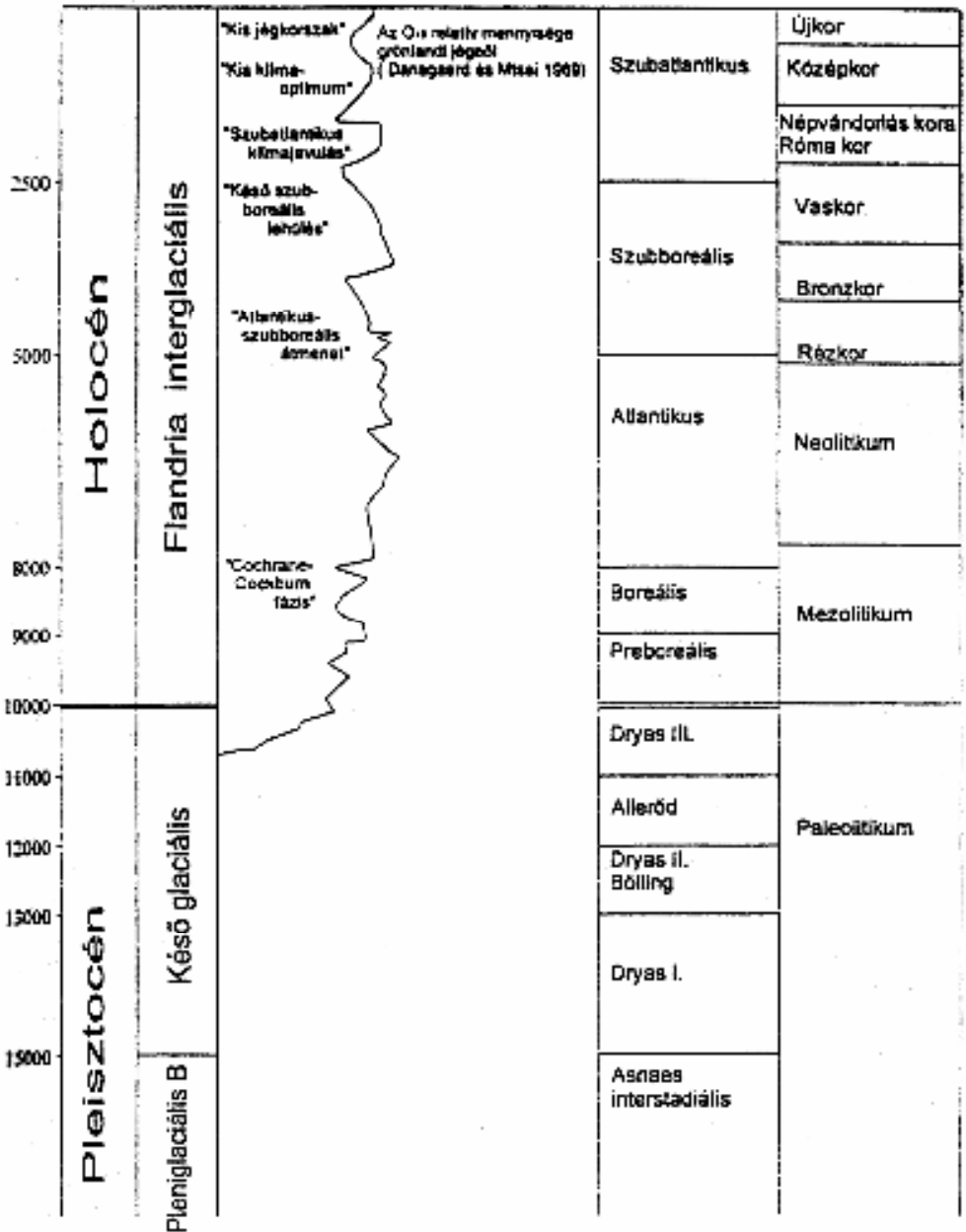
A Würm stadiálisai alatt az Alpok keleti szélének egyes területein, továbbá a Kárpátokban és azok előterében erdő refugiumokat tételeztek fel (FRENZEL 1960, 1964). Sőt, a korábbi kutatások az Alföldet is részben (ZÓLYOMI 1952, 1958; SOÓ 1959/b) vagy egészen (FIRBAS 1949) a tűlevelű fák refugiumának tekintették, amit saját eredményeink csak részben tudtak megerősíteni. Vizsgálataink szerint ugyanis a Würm idősebb (W2) stadiálisában (alsó-pleniglaciális), különösen az elején, s inkább az Alföld peremén valóban élhetett fás vegetáció az Alföldön. A Würm utolsó (W3) stadiálisában (felső-pleniglaciális) azonban, legalább is az Alföld közepén, erdőrefugiumokat nem tételeztünk fel, ugyanis a fosszilis fapollen százalékos aránya a fűnemű növényzehez képest annyira lecsökkent, hogy azt inkább a fátlan területre történő távoli, másodlagos behordásnak ("long distance transport") véltük, mint "in situ" leletnek. A legújabb, elsősorban "in situ" faszén leletek (WILLIS et al. 2000) azonban a korábbi feltevést (FIRBAS 1949; 1964/b; ZÓLYOMI 1953, 1958; SOÓ 1959/a; FRENZEL 1960), egyes fafajok Kárpát-medence-i refugiumait erősítették meg a Würm hideg stadiálisai alatt is. Így feltételezhető, hogy saját eredményeinket is újra kell értékelnünk, és a kimutatott — bár szórványosan előforduló, főként tűlevelű, de néhány lombosfa taxon fosszilis leletét az újabb megerősítő bizonyítékok alapján "helyben nőtt"-nek lehet tekintenünk, vagyis az alföldi refugiumok bizonyítékául.

3.2.5. A késő glaciális növényzete

A késő glaciális az utolsó eljegesedés tetőzése után - eltekintve a kisebb hőmérsékleti ingadozásoktól - mintegy 5000 évig tartó, tendenciájában folyamatos klímajavulás ideje volt (15000-10000 BP).

A késő glaciális észak-európai tagolódását (6. ábra), a három hideg Dryas stadiálist és a köztük lévő (Bölling, Alleröd) melegebb interstadiálisokat Magyarországon csak részben és néhány esetben sikerült kimutatni (ZÓLYOMI 1952, 1987, 1995; JÁRAI-KOMLÓDI 1968, 1991; MIHÁLTZNÉ FARAGÓ & MUCSI 1971; KORDOS 1981; MIHÁLTZNÉ FARAGÓ 1983; CSONGOR & FÉLEGYHÁZI 1987; BORSY és mtsai 1991, 1992; HERTELENDI és mtsai 1992; SÜMEGI & KROLOPP 1995; WILLIS és mtsai 1997; NAGYNÉ BODOR & JÁRAI-KOMLÓDI 1999).

Az is lehetséges, hogy ezek az alig több, mint 1000, esetenként néhány 100 éves váltakozó klímájú periódusok hazánk vegetációjában már nem tükröződnek olyan éles különbségekkel, hogy biztonsággal elválaszthatók legyenek, még ha radiokarbon kormeghatározással határaik pontosan meg is húzhatók. A Würm maximumtól a korai hideg stadiálisokban, mint Európa nagy részén, hazánkban is még a Würm stadiálisokhoz hasonló, aránylag száraz, hideg az éghajlat és részben cserjés szubarktikus és dealpin növényzet élt törpe nyírral, csipkeharasztal, és a mélyebb, nedvesebb területeken sásos, mohás lápszemekkel. Az uralkodó növényzet azonban a füvekben gazdag hideg, száraz kontinentális sztyeppek, ürömpuszták voltak, libatopfélékkel, csikófarkkal és napvirággal.



6. ábra – Késő glaciális és holocén korbeosztás és holocén klímaváltozás (DANSGAARD és mtsai 1969; LANG 1994 alapján).

Ez a vegetáció hasonló volt ahhoz, ami a stadiálisok alatt a periglaciális területeket általában jellemezte, de már megkezdődött a lassú beerdősödés túlevelű fákkal, melyek közé a holocénhez közeledve lombosfák is elegyedtek. Először a pionír nyír és a homoktövis, majd az egyre enyhébb interstadiálisokban a ritkás fenyő-nyír erdőkben már a melegkedvelő lombos fák, így a szil, tölgy és hárs is megjelennek, és az enyhébb, humidabb klímát (Alleröd interstadiális) a gazdag vízinövényzetet és páfrányokban dús láp- és ligeterdőket jelző fossziliák tanúsítják (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/a, 1968). A késő glaciális lehűlések nevüket egy fehérvirágú, arktikus-alpin tundranövényről, a magcsákóról (*Dryas octopetala*) kapták, amely ma az Északi-sark körüli területek és a mérsékeltövi magas hegységek száz évig is élő törpecserjéje. A fossziliák alapján a késő glaciálisok egyik igen jellemző, nagy elterjedésű és tömeges virága volt Európa akkor fátlan tundra-klímájú és -talajú területein, az úgynevezett „*Dryas-flóra*” vezérkövülete, amely flóra számos más ma különböző elterjedésű növényből álló igen fajgazdag flóra volt.

Dryas I. stadiális. A Duna-Tisza közén talált pollen adatok szubarktikus, főként fátlan növényzetet mutattak ki; törpe nyírral, a hazánkban ma már nem honos arktikus-alpin csipkeharaszttal és fénykedvelő kontinentális sztyepp-elemekkel, mint az üröm, libatop és a csikófark (MIHÁLTZNÉ FARAGÓ & MUCSI 1971).

Bölling interstadiális. A Duna-Tisza közén fenyő (*Pinus*, *Picea*), nyír erdők és a homoktövis jelentek meg. A lágyszárú növényzetből a fűfélék, az üröm, a libatop pollenjét, a vízi, vízközeli növények közül a süllőhínárt, sásokat (*Cyperaceae*) és a glaciális mohát (*Scorpidium*) lehetett kimutatni (MIHÁLTZNÉ FARAGÓ & MUCSI 1971; CSONGOR & FÉLEGYHÁZI 1987; ZÓLYOMI 1995).

Dryas II. stadiális. A pollenanalízisből (JÁRAI-KOMLÓDI 1968; MIHÁLTZNÉ FARAGÓ & MUCSI 1971) arra következtethetünk, hogy a Dryas II. alatt az addig fátlan löszpuszták fénykedvelő, kontinentális sztyepp-elemekkel, így ürömfajokkal, libatopfélékkel, istáccal, fátylvirággal (*Gypsophila*), napvirággal, csikófarkkal stb. gazdagodtak. Másutt mohás, zuzmós, szubarktikus rétek és magaskórós növényzettel tarkított, ritkás fenyő-nyír (*Pinus*, *Picea*, *Betula*) tajgaerdő foltok jelentek meg. Élő kövületeket, így sarkvidéki, alhavasi fajokat, mint a havasi hízókát (*Pinguicula alpina*), a lisztes kankalint (*Primula farinosa*) és tőzegáfonyát (*Vaccinium oxycoccos*) megőrző, védett tőzegmohás láprétjeink (Tapolcai medence) és nyírlápjaink (Nyírbátor és a Beregi tőzegmohalápok) — bár bizonyítva eddig nincs — talán ebből az időből maradhattak fenn (NAGYNÉ BODOR & JÁRAI-KOMLÓDI 1999). Ekkor is élt a csipkeharaszt (*Selaginella selaginoides*). A magaskórós növényzetben füzike (*Epilobium*), vadsóska, vérfű, az alpin-boreális borzmag és virnác virított. A folyók mentén, zátonyokon fűz, éger fajok és a homoktövis alkotott cserjés bozótokat. A Duna-Tisza közén a pollenanalízis páfrányokat alig, vízinövényeket egyáltalán nem tudott kimutatni ebből az időből. A közephegységi ritkás vörösfenyő, cirbolyafenyő erdők is nyírben, erdeifenyőben gazdagodtak.

Alleröd interstadiális. A Dryas II. stadiálisat követő aránylag gyors, rövid (kb. 1200 év) Alleröd felmelegedés alatt, ahogy Európa-szerte, nálunk is terjedt a fenyő-nyír (*Pinus sylvestris*, *Betula pendula*) erdő és megjelentek bennük más lombosfák is: Dél-Németországban a rezgő nyár (*Populus tremula*) és a mogyoró, hazánkban a szil, a tölgy, a hárs (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/a; MIHÁLTZNÉ FARAGÓ & MUCSI 1971; CSONGOR & FÉLEGYHÁZI 1987). Az akkori erdők Oroszország és Ukrajna nyugati részének mai déli típusú, lomelegyes fenyő-nyír tajga-erdeihez, az ún. európai tajgához lehetnek hasonlóak. Vízparton fűz-nyár-éger ligetek, a lápteknőkben tőzegpáfrányos-égeres láperdők

alakulhattak ki. A jelentős beerdősödést a Duna-Tisza között a pollendiagramok is (a lágyszárúak 45 %-ról 8 %-ra csökkentek) tükrözik.

Az enyhébb, humidabb klímát a pollen-spektrumokban a páfrányok és a vízinövényzet: süllőhínár, békaszőlő, gyékény (*Typha*), békabuzogány (*Sparganium*) és tündérrózsfélék (*Nymphaeaceae*) elterjedése is jelzi. Ugyanakkor a magasabb, szárazabb térszíneken kontinentális klímában a fátlan füvespuszták is részben megmaradtak.

A palinológiai vizsgálatok alapján a Kárpát-medencében az Alleröd időszak klímája kontinentálisabbnak tételezhető fel, mint Északnyugat-, Észak-Európában.

Dryas III. stadiális. A késő glaciális következő rövid, mintegy 600-800 évig tartó, utolsó hideghulláma alatt, az erdők összetételében alig, inkább csak kiterjedésében történhetett kisebb változás. Az erdőterületek valamennyit csökkentek az ürömfajokban, a libatopfélékben gazdag, hideg-száraz löszpuszták javára. A csikófark és csipkeharaszt ekkor is élt az Alföldön. A vízinövények megfogyatkoztak, a liget- és láperdők visszaszorultak, a homok-tövis alkotott fűzzel, égerrel hordalékligeteket.

A késő glaciális fosszilis flóra sok hasonlóságot mutat az Alföldön kimutatott Brörup interstadiális növényzettel (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/b), amikor ugyancsak a fenyő, nyír és az *Alnus* a legjellemzőbb fás növényzet, kevés melegkedvelő lombosfával. Számos a közös faj a fűnemű növényzetben is: csikófark (*Ephedra distachya* és *E. fragilis*), napvirág, fátylvirág, imolák (*Centaurea montana*, *C. scabiosa*), csabaire, őszi vérfű, homoktövis, legyezőfű (*Filipendula*), virnác, borzamat, fűzike, üröm, pázsitfűfélék és csipkeharaszt.

A legfontosabb eltérés a késő glaciális és a Würm interstadiális flóra között a lucfajok (*Picea abies*, *P. omorica*) jelentős szerepe a BRÖRUP interstadiálisban. Mind a fosszilis pollenleletek, mind a makrofossziliák kétségtelenné tették, hogy a luc az Alföldön is jellemző alkotója volt a Brörup interstadiálisból kimutatott erdőknek, sőt jelenlétüket a stadiálisokban is bizonyítottuk (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/b, 1970), bár jóval kisebb százalékban, mint a Kárpátok nyugati és északnyugati részén kimutatott Brörup flórákban. Fontosságukat az Alföld Würm flórájában további "in situ" faszén leletekkel a közelmúltban megerősítették (WILLIS és mtsai 2000).

3.2.6. Volt-e valódi tundra és "Dryas-flóra" a Kárpát-medencében?

Az utóbbi évtizedek számos megbízható, folyamatos és pollengazdag talajszelvényének analízise és a makrofossziliák alapján lehetővé vált Európa különböző területein a paleonövényzet összehasonlítása az utolsó, eddigi legnagyobb eljegesedést mutató glaciális, a Würm és annak utolsó szakasza, a késő glaciális folyamán. Ennek alapján megállapítható, hogy Közép-Európában, így a Kárpát-medencében is, a kora Würm és a késő glaciális interstadiálisaiiban erdős (főként a hegyvidéken), míg a jóval hidegebb, szárazabb középső Würm, azaz a pleniglaciálisok stadiálisai folyamán, jórészt erdőten növényzet uralkodott, különösen az Alföldön. Fák csak szórványosan, erdők csak foltokban, vagy szigetszerű refugiumokban voltak. E hideg-száraz klímájú időszakok alatt (mint előbbieken már említettük), több olyan növény szórványos pollenlelete került elő elsőként Magyarországon (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/b; MIHÁLTZNÉ FARAGÓ & MUCSI 1971), amelyek ma havasi vagy sarki-sarkközeli tundrákon élnek, pl. a csipkeharaszt és az izlandi keserűfű (*Koenigia islandica*), vagy a magashegységi, de reliktumként Európa néhány középhegységében is megmaradt törpenyír. Ismeretterjesztő közleményből úgy hírlik, hogy több mint 40 év elteltével sikerült ezen pollenleleteink egy részét makrofosszília lelettel is

megerősíteni, sőt a magcsákó megjelenését is kimutatni. Vélhetően a leletek bizonyító szakmai leírása hamarosan várható tudományos közleményben (BAJZÁTH 1999).

E néhány tundranövény szórványos megjelenése a klímaváltozás és az akkori növényzet összetételének jó bizonyítéka, de semmiképpen nem jelentheti azt, hogy a Kárpát-medencében valódi kiterjedt tundra növényzet lett volna, mint ahogy a magcsákó szórványos megjelenése sem jelentheti valódi "Dryas-flóra" jelenlétét. A flórák definíciója ugyanis túl a florisztikai adaton, több meghatározó florisztikai és öskörnyezeti (klíma, talaj) ismérvet - többek között a vezérkövület tömeges megjelenését - foglalja magába, amely eddig hazánkban nem igazolódott. A vezérkövület szórványosnak is alig értékelhető, az európai „Dryas-flóra” karakterfajai pedig, mint pl. az arktikus-alpin törpehanga (*Loiseleuria procumbens*), vagy a havasi törpesóska (*Oxyria digina*), sok jellegzetes habszegfű (*Silene*), kötörőfű, pimpófaj (*Potentilla*) és számos más taxon ezeddig nem fordult elő hazánk glaciális, későglaciális flórájában. Az összefüggő tundrajelenségek hiánya a talajban (FRENZEL és mtsai 1992/a; PÉCSI 1997) és a valódi tundraklímát cáfoló faszénleletek (RUDNER & SÜMEGI 1998/a, 1998/b) is ezt bizonyítják. Ennek értelmében tehát tudományosan továbbra is érvényes ZÓLYOMI BÁLINT 1952-ben tett megállapítása: "Magyarországon sohasem volt igazi tundra, a glaciálisokra annyira jellemző Dryas-flóra nálunk teljesen hiányzik." (ZÓLYOMI 1952). Kiegészítés csupán annyi lehet, hogy maga a "Dryas-flóra" máig nincs bizonyítva, de egyes tundranövények leletei már az 1960-as évek óta előkerültek, és egyesek makrofossziliákkal is megerősítést nyertek.

3.2.7. Túlélés, menedékhelyek

A jégkorszak sok százezer évig tartó drasztikusan változó klímája hatására a Kárpát-medence harmadidőszaki trópusi, szubtrópusi növényzete gyökeresen megváltozott. A glaciálisok folyamán a fajok északról délre és a hegységekből a síkságokra tolódtak. Ahol a hideg időszakok alatt összefüggő sarki jégtakaró alakult ki, vagy a hegyekben elgleccseresedés történt, ott a növényzet kipusztult, vagy a kedvező adottságú, korlátozott kiterjedésű menedékhelyeken, refugiumokban, élte túl az eljegesedést, illetve annak el nem jegesedett peremterületén a periglaciális klíma rosszabbodását, s a zord talaj-viszonyokat.

A túlélésre a fás növényzetnek sokkal kisebb esélye lehetett, mint a lágyszárú növényzetnek, habár utóbbiak nyomon követésére módszertani okok miatt is jóval kisebb a lehetőség. Ezért a lágyszárú növények makromaradványai igen ritkák, meghatározásuk jóval bizonytalanabb. Mivel a harmadkori flóra, illetve az interglaciálisok növényzete is — eltekintve a nyitvatermőktől — főként rovarbeporzású növényekből áll, azaz kicsi a pollenproduktója, így a pollen lelet is ritkább és gyakran szelektív. Végül minél régebbi földtörténeti időbe megyünk vissza, annál gyakoribb, hogy a fossziliák nem, vagy csak megközelítve azonosíthatók a ma élő növény taxonokkal, nem egy esetben azért, mert már az egész Föld flórájából kihaltak, s így ma már nincs mivel összehasonlítani.

A menedékhelyeken túlélők összekeveredve, megtizedelődve terjedtek el újra az interglaciális felmelegedések alatt. Eközben egyes fajok, korábbi összefüggő elterjedési területüktől végleg elszakadva, maradványként (reliktum) maradhattak fenn. Ezek a magyar flóra ritka, féltett kincsei. A reliktum fogalom további értelmezéséről a reliktumok fennmaradásának lehetőségeiről egy napjainkban megjelent részletes tanulmány közül fontos megállapításokat (KUN 1998). A jégkorszak előtti, azaz a harmadkori és interglaciális eredetűnek tartott, hasonló ökológiai igényű növények kor szerinti

elkülönítése igen nehéz, legtöbbször kétséges, ezért a hazai flóra ezen maradványait együttesen melegidőszaki reliktumokként tartjuk számon. Ilyennek tekinthető pl. a szirti pereszleny (*Calamintha thymifolia*), a cselling (*Cheilanthes marantae*), a magyar kikerics (*Colchicum hungaricum*), a sárgás habszegfű (*Silene flavescens*) vagy a bakszarvú lepkeszeg (*Trigonella gladiata*). Fosszilis leleteik nincsenek, vagy ritkák. Ha előkerülnek, további finomítás lehetséges, mint a keleti gyertyán (*Carpinus orientalis*) esetében, amely ma is őshonos hazánkban, a Vértes hegység kis területén. Amióta fossziliái előkerültek (SKOFLEK 1990) a Mindel egyik interstadiálisából, azóta mintegy 250 ezer évvel ezelőtti interstadiális reliktumfajnak tekinthető.

A mérsékeltövi növények egy része a már említett menedékhelyekről terjedt el újra a Kárpát-medencében. A fák, nem csak a tülevelűek, hanem néhány lombosfa faj is a legszigorúbb, utolsó glaciális (Würm) leghidegebb stadiálisában Európában főként csak a kontinens nyugati, déli és délkeleti szélén és az el nem gleccseresedett területek szubmontán tájain maradtak meg: a lombhullató elegyes erdők a tengerpart-közelitől atlantikus tájakon, az örökzöld, szubtrópusi-mediterrán növényzet Észak-Afrikában és Délnyugat-Ázsiában. Kétségtelen, hogy Európában a fenmaradásnak kettős korlátja volt: észak felől a hideg, délről a Szahara hatása folytán a kontinentális fahatár, amely számos fafaj délebbre terjedését, s ott menedékre találását megakadályozva okozta a faj eltűnését (ANDREÁNSZKY 1954). Az óriási periglaciális tundra és sztyepp zónában csak kis mértékben, egymástól nagy távolságokban szétszóródott, kis, izolált populációkban tudták a zord időszakokat túlélni.

Az utolsó glaciális egyes lombosfák több, mások csak 1-2 különböző refugiumban éltek át. Azok a taxonok például, amelyek a késő glaciális folyamán és a holocén kezdetén gyorsan terjedtek el, mint pl. az elegyes-tölgyes fafajai, minden bizonnyal több refugiumból származnak. Egyes refugiumokban egy, vagy kevés faj, másokban többféle taxon mentődhett át. Ha a makrofossziliával jelzett menedékhelyek közeléből származó pollentaxonok száma sok, az fajgazdag refugiumra utal. Ilyenek mind az Alpokban, mind a Kárpátok területén voltak.

A Würm-kori egyes menedékhelyek helyzetére való következtetés sok esetben indirekt bizonyítékokon alapul, amely elsősorban az egyes fák késő glaciális és holocén alatti vándorlási irányából adódik (GLIMERTH 1995). A fontosabb fák elterjedésének tendenciáival a skandináv kutatók (POST 1929) már a század elején foglalkoztak. Ma már nagy számú negyedkori pollenspektrum alapján számos fontos faj migrációjának fő trendje jól kikövetkeztethető.

A refugiumokat a kis szigetszerű areák miatt nehéz pollenanalízissel lokalizálni. Még kisebb a valószínűsége, hogy az ily módon felfedezett refugium területen makrofosszília is legyen. Ezért ilyen lelőhelyekre alig van utalás (LANG 1992, 1994). Az eredeti élőhelyükön, "in situ" talált makrofossziliák, így az eddigi barlangi (STIEBER 1967), vagy az újabb (RUDNER & SÜMEGI 1998/b) faszénleletek abszolút kormeghatározással és pollenanalízissel kiegészítve, sokat segíthetnek a Kárpát-medence glaciális refugiumai-nak feltárásában (WILLIS és mtsai 2000). Óvakodni kell azonban az általánosításoktól és a kizárólagos feltételezésektől, különösen olyan kritikus földtörténeti korban, mint a pleisztocén.

A Kárpát-medence földrajzi helyzete és geomorfológiai alakulása következtében a magyar táj igen változatos mind ökológiai, mind tájképi tekintetben, a múltban és a jelenben egyaránt. Nem meggondolt az olyan általánosítás, hogy a felső Würm hidegmaximumában

egész Magyarországon "open parkland landscape" volt (WILLIS és mtsai 2000), minthogy számos tény szól az ellenkezője mellett is. A Würm maximális lehülése idején nemcsak a paleobotanikai eredmények mutatták ki a fátlan hideg kontinentális sztyepek terjedését (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/B; BORSY és mtsai 1992; RUDNER és mtsai 1997; SÜMEGI & KERTÉSZ 1998), hanem a faunisztikai leletek is. A pocokfauna alapján 19—20000 évvel ezelőtt (W3) határozottan a hideg kontinentális sztyepp állatvilága válik uralkodóvá a Kárpát-medencében. Mindezt régészeti leletek is megerősítik azzal, hogy a korábbi kultúrák ebben a klímazónában megszűntek és helyüket sztyeppi felső paleolit kultúrák veszik át (KORDOS & RINGER 1991). Még az egyes tájegységeken pl. az Alföldön, vagy egyes növényzeti zónában pl. az erdőssztyepp-övben is, eltérő a növényzet még ma is (ZÓLYOMI & FEKETE 1994) és bizonyára az volt a múltban is.

Azt se felejtjük el, hogy az eljegesedés hideg maximuma alatt a helyi ökológiai körülmények, az ún. "mikro-környezeti feltételek" lényegesen különbözhetnek a széles, regionális klímaviszonyoktól. Ezekben a kis "klímaóázisokban" a lokális hőmérséklet és nedvesség elegendő lehetett egyes növény- vagy állatfajok kisebb foltokban való túlélésére. A menedékhelyek mellett, melyet főként a földrajzi tényezők (déli lejtők zugai, folyóparti zóna, tavak környéke, melegvizű források közelsége stb.) biztosíthattak, egyes fafajok szórványos glaciális jelenlétét (pl. erdei- és vörösfenyő), a már említett ökológiai tűrőképességük tehetette lehetővé. Lehet, hogy éppen ezek elszórt csoportjai teremtették meg a regionálisnál jóval előnyösebb helyi klímát lomboszatuk védelmében, ahol a glaciálisnál kedvezőbb ökológiai körülményeket igénylő néhány állat- és növényfaj menedéket talált (KORDOS 1977, 1987/a, 1987/b; WILLIS és mtsai 2000). A mikroklíma jelentőségének bizonyító példája, hogy a löszfalakon a Kárpát-medencében ma sivatagi flóra él (PÓCS 1999).

3.2.8. Kihalás

Becslések szerint a Földön valaha élt növényfajok több, mint 90%-a mára kihalt, azaz fél milliárd év alatt a Föld flórája szinte teljes egészében kicserélődött. Kihalás akkor történik, ha egy növényfaj szaporodása egész areáján leáll, azaz nem jönnek létre új generációk, és így az elöregedett faj kipusztul. A kihalások egyik fő oka a nagy globális környezetváltozásban keresendő, amely két vonatkozásban érintheti a fajokat.

1./ A fajok képtelenek a megváltozott környezethez alkalmazkodni, és utód nélkül kipusztulnak.

2./ A fajok képesek ugyan az alkalmazkodásra, de ennek folyamán olyannyira megváltoznak, hogy egy új fajjá alakulnak, s így tűnik el a régi faj.

Mindkét eset inkább a szűk ökológiai toleranciájú és szűk areájú taxonoknál valószínűbb.

Habár a jégkorszaki klímaváltozások globálisan éreztették hatásukat, a növényfajok csak a jégpáncéllal fedett Sark-közeli és magashegységi területeken voltak kipusztulással fenyegetettek, ami nem volt globális mértékű, s általában csak a fajok areáját változtatta meg. Így a közép-európai (Kárpát-medence) flórából is számos trópusi, szubtrópusi taxon eltűnt, ami a harmadkorban vagy az interglaciálisokban még itt is élt. Ezek azonban nem mind haltak ki, mivel Dél- vagy Délkelet-Európa megfelelő klímájában megmaradtak, s ma is élnek, míg mások már Európa vagy Közép-Európa flórájából is hiányoznak, s csak távolibb kontinensek lakói. A környezeti változások hatása a természetre a pleisztocénban sem volt kizárólag korlátozó jellegű. A növények a heterogén és instabil környezet miatt gyakran kényszerültek földrajzi elterjedésük megváltoztatására, gyors alkalmazkodásra és

olyan képességeik mobilizálására, amely külső és belső tulajdonságaik megváltoztatását, új fajok létrejöttét serkentette, vélhetően elsősorban hibridizáció, poliploidia révén. Sajnos egyre fenyegetőbb felismerés, hogy a kipusztulás akkor is, ahogyan ma is, jelentősebb, mint az új fajok keletkezése (FEKETE 2000).

3.2.9. A flóra és növényzet sajátossága a glaciális végén

Már régóta ismeretes, hogy mind a hazai (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/a, 1968; WILLIS és mtsai 1995, 1997), mind az európai (IVERSEN 1954; GODWIN 1956; WEST 1964; WASILIKOWA 1964; LANG 1994) késő glaciális növényzete különös, a mai formációkkal, társulásokkal nem azonosítható florisztikai összetételű volt, mind a pollenleletek, mind a makrofossziliák alapján.

Ennek oka összetett. Egyrészt az eljegesedést követő ökoszisztémái tényezőkben és a glaciálisok alatti flórakeveredésben keresendő. A késő glaciálisban, Európa el nem jegesedett területein, így a Kárpát-medencében is, a glaciálisok folyton változó klímahullámai hatására bekövetkezett kontinens méretű flóra vándorlás eredményeképpen egy sarki és havasi fajokat egyaránt tartalmazó flóra keveredett a síkvidéki, kontinentális sztyepp-elemekkel, meglehetősen instabil ökoszisztémái feltételek alatt. Ennek a többszöri és különböző mértékű flórakeveredésnek köszönhető számos faj areájának többféle, bonyolult megváltozása és különböző formában történt fennmaradása, mai areájának sok esetben az eredetitől való teljes eltérése (ANDREÁNSZKY 1954). Másrészt a nagy globális környezeti változások hatását tovább motiválták az edafikus és lokál-klimatikus feltételek gyakori, erős és gyors változásai. A környezeti viszonyok még a holocén elején is igen instabilak voltak, ami társulás mozaikok létrehozását idézhette elő, amit a klíma és a talaj adottságok mozaikos volta is megerősít a Kárpát-medence utolsó 30 ezer évében (SÜMEGI & KERTÉSZ 1998). Emellett az ökológiai faktorok közül pl. a késő glaciális fényviszonyok éppúgy kedvezhettek a fénykedvelő sztyepp növények, mint a fénykedvelő arktikus-alpin fajok terjedésének, ahogyan ez ma is előfordul, pl. a csikófark esetében, melynek jelenlegi európai elterjedése az igen meleg, napfényes feltételekhez kötődik, ugyanakkor megtalálható az északi sarkkörön túl Szibériában és Tibet fénygazdag havasi régiókban is. Vagy a homoktövis sem csak zátonyokon, dűnéken, hanem az alhavasi régiókban is nő. Esetükben nyilvánvalóan a fény az egyik meghatározó ökológiai faktor. Számos alkalommal fordultak elő együtt olyan makrofossziliák is, amely növények elterjedési területe ma igen eltérő, és sehol nem fordulnak elő együtt. Így pl. Délkelet-Lengyelországból glaciális rétegeiben együtt találták meg a pontusi halophyton tátorján (*Crambe aspera*) terméseit és a *Dryas octopetala* levélmaradványait (KULCZYNSKI 1932).

Ebben a késő glaciális mozaikos sztyepp-tundra (LANG 1994) növényzetben az is különleges, hogy számos olyan taxon jelenik meg Európa-szerte, amely ma gyom-, ruderalis-, vagy vízi-, magaskórós növényzetben ismeretes, de a jelenlegi poláris és alpin határt nem, vagy alig lépi át. Ennek további valószínű oka abban keresendő, hogy a késő glaciálisban az ökoszisztémái, elsősorban edafikus viszonyok a pionír növényeknek kedveztek, amelyek a megtelepedés és gyors elterjedéshez szükséges feltételek tekintetében azonos, egyéb tekintetben esetleg különböző ökológiai igényűek voltak.

Nincs kizárva az sem, hogy a ma egészen eltérő areájú növények a negyedkor folyamán valamikor közös elterjedésűek lehettek, ahogyan az sem, hogy a ma közös areájúak nemrég még sosem fordultak elő együtt. Az egykori periglaciális területek növény-társulásai hosszú múltra nem igen tekinthetnek vissza, hiszen az ismétlődő klimatikus

változások nem lehettek hatástalanok a növénytársulások kialakulására, fejlődésére, összetételére. Ezért, ha a fossziliák alapján teszünk is összehasonlítást a recens flórával, növényzettel, az távolról sem azonosságot, inkább — a jobb elképzelhetőség kedvéért — valamilyen jellegben csupán hasonlóságot jelenthet (IVERSEN 1954; WEST 1964; JÁRAI-KOMLÓDI 1966/a; MOOR 1990; LANG 1992).

Az újabb flóratörténeti kutatások ezeket a teóriákat igazolni látszanak. Minden fajnak megvan a maga története. A fajok azonos vagy hasonló megjelenése és viselkedése a jelenben nem jelent azonos vagy hasonló történetet a múltban. Az elmúlt 2,5 millió év egyáltalán nem stabil éghajlata alatt a fajok válasza a negyedkori klímaváltozásokra kifejezetten egyedi, minden faj a saját fiziológiai igénye és toleranciája szerint terjed. Mindez aligha tette lehetővé bizonyos fajok együttes evolúcióját, azaz a társulásfejlődést hosszabb távon. A fajok egyedi viselkedése (történetük folyamán) miatt a növénytársulások florisztikai összetétele többé-kevésbé folyamatosan átalakult az idők folyamán, ezért a florisztikai alapon nyugvó jelenlegi vegetációrendszerek a múltra nem alkalmazhatók (LANG 1992; GLIMERTH 1995).

A jelenlegi társulások minden bizonnyal geológiailag igen fiatal együttesek. Ezen teória bizonyításának látványos példája az Egyesült Államok északkeleti területén lévő bükk és hemlökfenyő (*Fagus grandiflora* — *Tsuga canadensis*) erdők vegetációtörténete, melyet pollenanalízissel követtek nyomon. Kiderült, hogy 12000 évvel ezelőtt a két fajnak még teljesen különböző areája volt. A *Tsuga* Észak-Amerika délkeleti sarkán lévő Appalache hegylánc magasabb régióiban, míg a *Fagus* a síkságokon terjedt el, és mint fenyő-bükk társulás csupán mintegy 6000 éve kezdett kialakulni és állandósult összetartozásuk mindössze kb. 500 éve bizonyítható. A holocén folyamán lassan mindkettő északabbra terjedt (MOOR 1990).

4. MAGYARORSZÁG NÖVÉNYZETÉNEK KIALAKULÁSA AZ UTOLSÓ TÍZEZER ÉVBEN. POSZTGLACIÁLIS VEGETÁCIÓTÖRTÉNET

A Würm végi Dryas lehűlési fázisokkal ért véget a pleisztocén és ekkor, kb. tízezer évvel ezelőtt kezdődött el a késő glaciálisnál is kisebb klíma ingadozásokat mutató, de egyértelműen a klíma erőteljes felmelegedésével és a beerdősődéssel jellemezhető jelenkor (holocén), ami lehet, hogy egy újabb interglaciális (Flandria) kezdete (5., 6. ábra).

Svéd tudósok, AXEL BLYTT geológus és JOHAN R. SERNANDER, a skandináv tűzegek rétegtani kutatása során a holocén mintegy tízezer évét a jelentősebb klíma- és vegetációváltozás alapján öt főbb szakaszra különítették: preboreális, boreális, atlantikus, szubboreális, szubatlantikus. A felosztás és az elnevezés bizonyos módosításokkal, ill. kiegészítésekkel máig használatos az egész világon, annak ellenére, hogy a nevek csak Észak-Európában felelnek meg a valóságos klímajellemeknek. Ezért terjedt el, hogy az egyes fázisokat az uralkodó növény alapján is megnevezzik. Így Európában, beleértve a Kárpát-medencét is, nagyvonalakban fenyő-nyír, mogyoró, tölgy és bükk erdőfejlődési szakaszokat szokás megkülönböztetni.

Magyarország holocén vegetációtörténete főbb tendenciákban olyan volt, mint Közép-Európában általában. Lényeges különbségek leginkább a fenyők viselkedésében, a lágyszárú flóra összetételében és a sztyepp, ill. a kultúr-sztyepp kialakulásában és formálódásában volt nyomon követhető (JÁRAI-KOMLÓDI 1987)

A pleisztocén holocén átmenet, a holocén kezdete, talán mert földtörténeti idővel mérve közel van hozzánk és így sokoldalúbb és részletesebb vizsgálódásra van módunk, sok újdonságot hozott és sok kérdést vetett fel mind klíma-, flóra- és vegetációtörténeti, mind bio- és kronosztatigráfiai, mind talajtani, mind pedig a természetre gyakorolt antropogén hatások tekintetében. Napjainkra már egész Európában jelentős számú folyamatos pollenszelvény áll rendelkezésre, kiegészítve növényi és állati (gerinces és gerinctelen) makrofossziliákkal és fosszilis vízi mikroszervezetekkel, abszolút kormeghatározással azonosított korú és geológiai-talajtani szempontból is megvizsgált rétegekből. Az ökoszféra feltárása szempontjából a fosszilis kisemlősökre alapozott kutatás volt a legeredményesebb (KORDOS 1981).

A holocén növényzete alapvetően különbözik a pleisztocén végi Würm növényvilágától, amikor a fenyők és a hideg kontinentális löszpuszták növényei voltak a legjellemzőbbek, és a táj képét ezek mozaikos elterjedése, hol egyik, hol másik előtérbe kerülése határozta meg. A holocén klíma javulástól kezdve a lombos fák Dél-Európából és a Kárpát-medence refugiumaiból újraterjedve birtokba vették az európai mérsékeltövi zónát. Ezzel megszűnik a sztyeppék és a tűlevelűek több ezer éves, szinte kizárólagos birodalma a Kárpát-medencében, és a fenyvesek elsősorban az északi hideg-mérsékeltöv boreális tajgaerdő zónáját, illetve a hegyvidékek tűlevelű erdőit alkotják, míg a mérsékeltöv többi részét lombosfa fajok népesítik be.

Mindez egyre inkább lehetőséget nyújt, hogy a holocén kutatás eddig lerakott alapjain (amely a növénytanban elsősorban a holocén klíma- és vegetációtörténet alakulásának felderítése volt) részben a történések finomabb részleteinek, az ok—okozati összefüggéseknek mélyebb feltárására (pl. refugiumok, reliktumok), részben ezen egyre finomabb és komplexebb kutatási eredmények birtokában most már a főbb természeti jelenségek korrektebb általánosítására vállalkozhatunk.

4.1. Preboreális

Uralkodó növényzetéről fenyő-nyír kornak is nevezi az irodalom. Kezdetben, az általános felmelegedés hatására az addig összefüggő skandináv jégtakaró feldarabolódása, visszahúzódása és az erdeifenyő-nyír erdők terjedése a jellemző. Az éghajlat eleinte még meglehetősen barátságtalan, hideg, száraz, de sok a napsütés, és a Kárpát-medence hamarosan már nemcsak a nyírek, fenyők vagy fátlan puszták hona. Ahogy Közép-Európában általában, úgy nálunk is fokozatosan megjelennek, illetve terjednek a lombos fák: legkorábban a nyír és az éger, majd a szil, a mogyoró, a tölgy, a hárs, a kőris, a juhar, a gyertyán és a bükk fajok. A fanemzetségek visszavándorlásának sorrendjét és terjedési sebességüket azonban számos ökológiai, elsősorban klíma- és talajváltozás, továbbá belső genetikai, fiziológiai tulajdonságaik befolyásolták, mint pl. a pionír jelleg, illetve versenyzésség, a szaporodási ütem, magtermelés és terjesztésképesség, ökológiai tolerancia és döntő mértékben a refugiumoktól való távolság.

A hegyekben lombelegyes tajgaerdők, az Alföldön erdőssztyepp, sztyepp növényzet volt, de mindvégig, mindenhol az erdeifenyő és a nyír volt az uralkodó.

A preboreális aránylag rövid ideje alatt meglepő a növényzet, főként az erdők, nagy arányú kicserélődése és a gyors beerdősödés. A változás fő oka elsősorban a jelentős klíma javulás volt. A késő glaciális utolsó hideg mélypontja és a holocén klímaoptimuma között eltelt alig 2000-2500 év alatt a júliusi középhőmérséklet legalább +8 °C-al emelkedett Közép-Európában.

Újabb vizsgálatok alapján (WILLIS és mtsai 1997) a lombosfa fajokkal történő holocén beerdősödést, a nyitvatermők aránylag gyors visszaszorulását és az addigi podzol talaj helyett a barna erdei talaj kialakulását a szerzők más okokra, a fenyvesek nagyarányú, sorozatos erdőégésére vezetik vissza. A preboreális fenyő-nyír erdők gyors (100 év) kicserélődése lomberdőkre erdőégés közvetett hatására egyértelműen lokális jellegű, de szerzők azon véleménye általánosítható, hogy a talaj minősége jelentősen befolyásolhatta a posztglaciális erdőfejlődés ütemét.

4.2. Boreális

A preboreális után Európa-szerte emelkedik a hőmérséklet és csökken a csapadék. A Kárpát-medencében a hegyvidékeken és az Alföld kedvezőbb tájain, pl. a peremvidékeken és a folyók mentén, melegkedvelő lombos erdők (szil, tölgy) éltek mogorócsérjékkel, eleinte több, később kevesebb erdefenyővel.

A pontusi közép-ázsiai fajok bevándorlásának, elterjedésének ideje lehetett ekkor, bár a hidegtűrőbb eurázsiai-kontinentális sztyeppnövények, így a libatopfélékhez tartozó pamacslaboda (*Ceratoides latens*) és a heverő seprőfű (*Bassia prostrata*), vagy az ürömfajok már a korábbi, glaciális-későglaciális löszpusztáinkra is bevándorolhattak. Az alhavasi sziklagyepekből kialakult középhegységi karsztgyepek, különösen a kontinentális lejtő-sztyepppek elterjedtek lehettek. A mészkő és dolomit sziklafüves lejtőkről leereszkedett sztyepp-növények keveredtek a délről benyomuló szubmediterrán karsztbokorerdő és karsztgyep elemekkel. Ha mértékében nem is, de jellegében hasonló flóra kicserélődés lehetett, mint ami a glaciálisok alatt a délre húzódó arktikus flóra és az európai havasokból lenyomult alpin flóra keveredése révén történt.

A preboreálisnál jóval melegebb és szárazabb klíma (ZÓLYOMI 1952; JÁRAI-KOMLÓDI 1968; WILLIS és mtsai 1995), a talajvíz leszállása miatt is - különösen a Duna-Tisza közén - az erdőfejlődésnek nem kedvezett. A pollenanalitikai vizsgálatok szerint a Duna-Tisza köze részben elerdőtlenedett (a fűnemű növényzet aránya a pollenspektrumban átlagosan 30%), és a lösz- és homoktájakat sok helyütt természetes puszták, meleg-száraz kontinentális sztyepprétek borították, míg másutt például az Alföld peremvidékén és a Duna-Tisza közében a folyó-közei homoknyelveken továbbra is erdőssztyepp volt. Ez a mozaikos növényzet a boreális korai szakaszában (Va.) erdefenyves erdőssztyepp lehetett még sok fenyővel (42%), fokozatosan terjedő tölgygel, hárssal, mogoróval és jelentős sztyeppnövényzettel. Hasonlót ma Ukrajnában találunk. Később (Vb.) a lombosfák kiszorították az erdefenyőt és elegyes-tölgyes erdőssztyepppek alakultak ki és ekkor mutatkozott az első mogoró csúcs is. Először jelenik meg a gyertyán virágporszeme a Duna-Tisza közeli rétegekben. Talán ennek a fázisnak a korai szakaszából (Va. kezdete) maradtak fenn a Nyugat-Dunántúl savanyú, kavicsos talaján díszlő, őshonos erdefenyvesek.

A boreálisban a mogoró az Alföldön nem volt annyira jellemző, mint azt Nyugat-Európában kimutatták. Valószínű, hogy az Alföld, különösen a Duna-Tisza köze klímája nem volt kedvező a mezofil mogoró terjedése számára és az egyidejűleg terjedő melegigényes lombosfák is – ellentétben a nyugat-európai erdőfejlődéssel – gátolhatták az elterjedését. De a lápok korábban és elsősorban a Tiszántúlon feltételezett mogorókori kiszáradását és az ebből eredő réteghiányt a Duna-Tisza közti vizsgálatok nem erősítették meg (JÁRAI-KOMLÓDI 1966, 1968; MIHÁLTZNÉ FARAGÓ & MUCSI 1971), sőt a boreális fentiekben vázolt két szakaszában a mogoró elterjedése eltérő volt. A boreális elején

erdeifenyőben gazdag, mogyoróban szegény, a boreális második felében erdeifenyőben szegény, mogyoróban gazdag növényzet volt. Újabb pollenvizsgálatok az Alföld északkeleti részén a boreálisban elegyes-tölgyes lomboserdőket mutattak ki. Lehet, hogy ez újabb bizonyítéka a felső pleisztocénben már kimutatott (JÁRAI-KOMLÓDI 1991) eltérő vegetációfejlődésnek a Duna-Tisza közén és a Tiszántúlon. A Duna-Tisza közén eddig legfeljebb erdőssztyepp, láp- és ligeterdők létét tudtuk bizonyítani pollenanalízissel.

A Középhegység erdeifenyveseiben a boreális elejétől terjednek a lombosfák, s végül a fenyveseket szinte kiszorítják az elegyes-tölgyes erdők (szillel, hárssal, kőrissel, juharral, mogyoró cserjéssel). Az erdők a hegyvidéken is klimatikus, xerotherm sztyepprétekkel váltakoztak, amelyek a Kárpátok völgyein felhatolva még a lucos övvel is érintkeztek.

A kisebb állóvizek elmocsarasodtak. A hínárnövényzet szegényebb lett, de a nagyobb állóvizekben a meleg hatására újabb, az eddiginél melegigényesebb hínárnövények, így a tündérrózsafélék virágporszemét lehetett kimutatni. Az égeresek a boreális második felében kezdtek kiterjedni, páfránydús (tőzegpáfrány {*Thelypteris palustris*}) aljnövényzettel. Ez is azt bizonyítja, hogy a tavak, lápok a Duna-Tisza közén nem száradhattak ki teljesen, s ezt régészeti adatok is megerősítik (KERTÉSZ & SÜMEGI 1999).

A lápokon és sziklákon élő jégkorszaki maradvány növények fennmaradására a boreális lehetett a holocén legkritikusabb fázisa. Nyilvánvalóan sok faj kipusztult ekkor, mivel nagyon megfogyatkozott azoknak a menedékhelyeknek, védett mikroklimatikus zugoknak, nedves, hűvös lápoknak a száma, amilyen pl. a nyírségi Bátor-liget, ahol a jégkorszaki növények a boreális száraz melegét is átvészelhették. Természetesen igazi megnyugvást a boreális vegetációtörténetére vonatkozóan az hozna, ha az Alföldön sűrű mintavételekkel, abszolút kormeghatározással, komplex feltárással egy átmetszetet tudnánk nyerni a Duna-Tisza köze déli részétől a Tiszántúl Alföld peremi tájáig. Addig a múltbéli, vagy jelen részelemzések bizonyára helytállóak, de megbízható általános kép kialakítására egyelőre nem elegendőek. Igen fontos volna a fák mellett a lágyszárú növényzet eddiginél is részletesebb elemzése és az igazi sztyeppfajok bővebb feltárása. Különösen fontos ez azért, mert a szaporodó holocén feltárások egyre nyilvánvalóbbá teszik, hogy az általánosítások sokszor elfedik a vegetációfejlődés finomabb történéseit. Így az az általánosítás is, mely a boreálisban figyelmen kívül hagyja a vízi növényzetre, a mocsár- és láperdőkre vonatkozóan a korábbi kutatások eredményeit ugyanakkor két lapterület újabb analízise alapján zárt erdők létét általánosítja (KERTÉSZ & SÜMEGI 1999). A pollenanalitikai eredmények az Alföld területéről jelenleg vitathatatlanra teszik egyrészt az erdőssztyepp és sztyepp uralmát, másrészt a lomboserdők kimutatását. Mind az uralkodó éghajlat, mind a fás- és lágyszárú növények aránya, mind a lágyszárú növények körében kimutatott sztyepp elemek előfordulása és aránya, mind a máig még meglévő erdőssztyepp foltok hazánkban, mind a Kárpát-medence növényföldrajzi helyzete a közép-európai flórában az erdőssztyepp és sztyepp növényzet elterjedtségét bizonyítja a boreálisban. Az nem zárja ki, sőt öröndetesen színezi és kiegészíti a boreális növényzetről való ismereteinket, hogy újabb kimutatások szerint (WILLIS és mtsai 1995, 1997) arra alkalmas területeken zárt erdők is lehettek.

A Duna-Tisza közének mai erdős homokpusztái és a megfogyatkozott, összezsugorodott, útszélekre, keskeny mezsgyékre korlátozódott löszpusztarétek foltok (Békés, Nagykunság, Kalocsa, Dunaföldvár, Balatonkenese), az Alföld-peremi tatárjuharos lösztölgyesek (Kerecsend) és a Középhegység pusztafüves lejtőssztyeppjei minden bizonnyal a boreális fázis tájképét őrizték meg számunkra, néhány ritka maradvány és endemikus fajjal:

magyar kökörcsin (*Pulsatilla pratensis ssp. hungarica*), erdélyi hérics (*Adonis transylvanica*), budai imola (*Centaurea Sadleriana*) és lösz-maradványnövénnel: bókoló zsálya (*Salvia nutans*), vetővirág (*Sternbergia colchiciflora*) és a tátorján (*Crambe tataria*). Ezek egy része már a késő glaciális folyamán bevándorolhatott a dél-szibériai sztyeppekről.

Hazánkban a boreálisban voltak a legnagyobb futóhomokkal borított térségek, mert a szél a kiszáradt folyómedrekből kifújta és a felszíneken szétterítette a folyami homokot.

Az időszakosan elárasztott területeken a boreális fázis meleg, pusztai klímája, az intenzív talajvíz párolgás igen kedvezett a talajsók felhalmozódásának. Ekkor alakulhattak ki az első nagyobb szikes talajok és rajtuk a szikespusztai növényzet, továbbá a sötűrő, sókedvelő növényfajok bevándorlása hazánk flórájába, amilyenek az endemikus sziki őszirózsa (*Aster tripolium ssp. pannonicus*), a magyar sóballa (*Sueda pannonica*) és a századunkban kihalt magyar mézpázsit (*Puccinellia pannonica*).

4.2.1. Puszta, kultúrpusztá

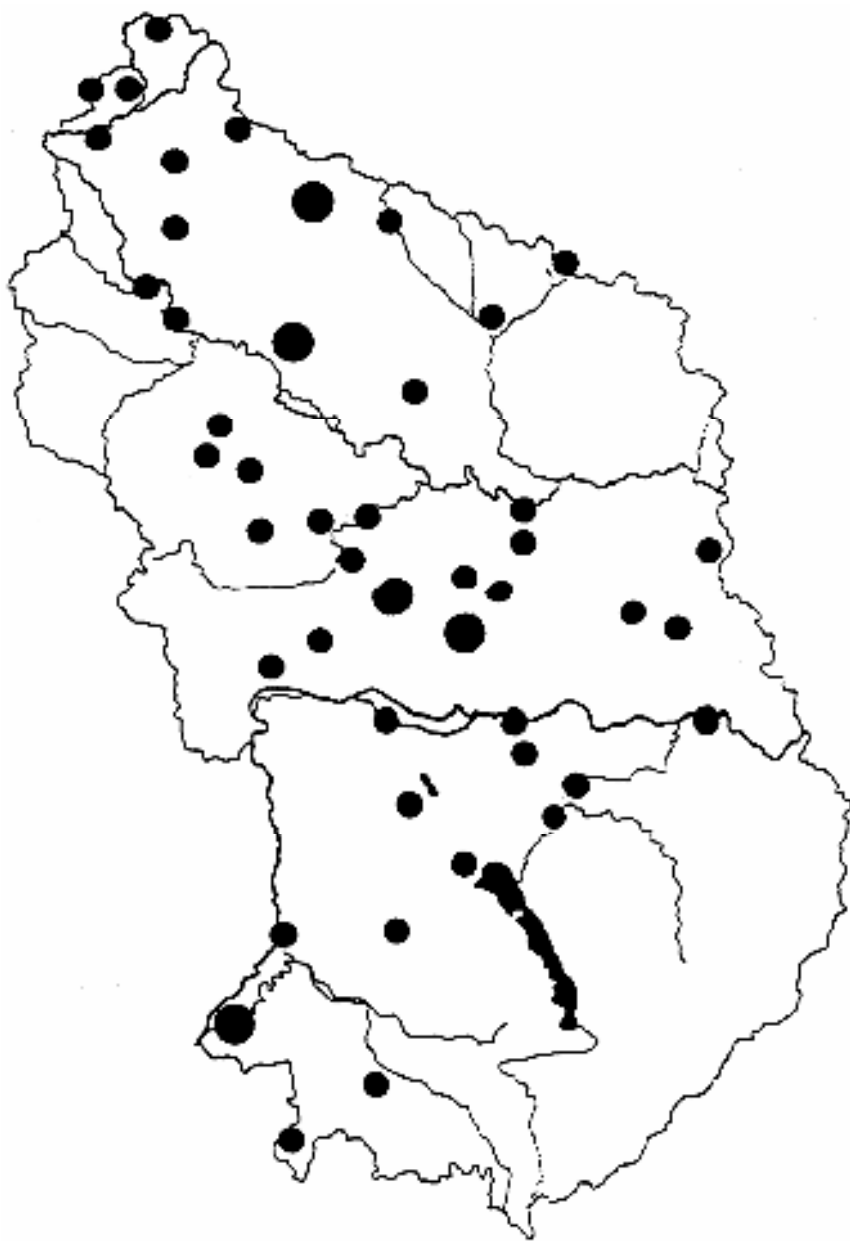
Vegetációtörténeti szempontból a pusztá-kultúrpusztá kérdés miatt talán a boreális és az atlantikus folyamán lejátszódó történések a legizgalmasabbak hazánkban. Az Alföld bizonyos helyein, elsősorban a belső löszháton, homok foltokon, szikes talajon ugyanis a boreálisban lehettek a fátlan, klimatikus pusztá utolsó foltjai és ekkor, valamint az atlantikusban alakult ki az Alföld utolsó természetes képe, az erdőpusztá. Mégis sokan úgy tudják (ezt a hiedelmet sajnos a helytelen idegenforgalmi tájékoztatás is erősíti), hogy hazánk egyik különlegessége ma a valódi, klimatikus pusztá. Ezzel szemben SOÓ már a 20. század eleji munkáiban is feltárta a magyar pusztá eredetét és kimutatta, hogy a magyar Alföld egésze, sőt a Középhegység déli-délkeleti lejtői a klimatikus erdőssztyepp övébe tartoznak, s így a mai fátlan területek hazánkban nem klimatikus puszták, hanem az eredeti erdőssztyepp kiirtásával keletkezett kultúrpuszták (SOÓ 1931, 1940; JÁRAI-KOMLÓDI 1993).

A későbbi évtizedekben feltárt reliktumtájak és maradvány növények, az előkerült makrofossziliák és a pollenanalitikai vizsgálatok eredményei mindezt megerősítették.

A mai pusztá tehát egészen más eredetű, mint a boreális sztyepp, hiszen antropogén tényezők alakították ki és tartották fenn napjainkig. A történelem viharaival járó erdőirtások már a népvándorlás alatt megkezdődtek, majd a tatárjárással, török uralommal folytatódtak és ezekhez - szinte az elmúlt évtizedekig - a sokszor helytelen vízrendezés párosult.

A kiirtott erdők helyén a szél elhordta a homokot, a buckaközök a felemelkedett talajvíztől elmocsarasodtak, illetve a múlt században megindult "vízrendezéssel" (vadvíz elvezetés, folyó-szabályozás, lecsapolás) a felszínre gyűlt sóktól elszikesedtek. Az erdőssztyeppre jellemző klímában az erdő a futóhomokon és a szódás szikesen nem tudott megtelepedni. A termékeny lösztalajokat pedig mindenütt szántókká alakították.

Így a reliktum tájfoltoktól eltekintve, az Alföld ma egészében olyan kultúrtáj, ahol a pusztá kialakulása ugyan antropogén eredetű, de növényzete legalább részben, az egykori klimatikus sztyeppekről, az erdőpuszták sztyeppfoltjairól, a Középhegység karsztos lejtőiről származik. Ezt a flórát a reliktumtájak, az edafikus sztyeppfoltok mentették át az atlantikus fázis klimatikus erdőpusztá sztyeppfoltjaira és a mai kultúrpusztára is (7. ábra). Az Alföld északkeleti részén (Tiszántúl) a Duna-Tisza közénél jóval nagyobb beerdősödést tételeznek fel, sztyepp és erdőssztyepp növényzet helyett zárt erdőket (WILLIS és mtsai 1995.).



7. ábra – A magyarországi erdősztepp - maradványok (egyszerűsített ábrázolása MOLNÁR és KÜN 2000 alapján).

4.3. Atlantikus

Az atlantikus fázist a holocén klímaoptimumának nevezzük, mert a csapadékosabbra fordult, de továbbra is meleg és kiegyenlített szubmediterrán jellegű éghajlat optimálisan hatott az erdőfejlődésre és a mediterrán, szubmediterrán fajok bevándorlására. Az erdők Európa-szerte északabbra és a hegyvidéken magasabbra tolódtak. A síkságokon a lombosfák (főként a tölgy, szil, hárs) tejedtek el. A Középhegység nagy részét összefüggő tölgyesek borították, melyekben a gyertyán és a bükk szórványos elegyfa lehetett. A magas hegyvidékeken viszont a bükk, a gyertyán (*Carpinus betulus*) és főként a luc nyomult előre.

A Tátrában megjelenik a jegenyefenyő. Néhol, így a Balaton-felvidéken már az atlantikus fázis első felében jelentős bükkösök voltak. A bükk a Nyugat-Balkán felől (Illyr flóratartomány) terjedhetett el az Alpok keleti nyúlványai mentén a Dunántúlra, majd az Északi-Középhegységbe is (ZÓLYOMI 1980, 1987). A hegyvidékek xerotherm lejtőinek nyílt növényzete a törpesásos (*Carex humilis*), sziklafüves és pusztai csenkeszes (*Festuca rupicola*) pusztafüves lejtők molyhos-tölgyes karsztbokor erdőkkel tarkított mozaikjához hasonló társulások is ekkor alakulhattak ki. Ezek az alföldi tájjal együtt már az erdőspusztá övébe tartoznak.

A Kárpát-medence beerdősödött. Még az Alföld pusztafoltjaira is kiterjedtek a fák, elsősorban a tölgy. Ekkor alakult ki az Alföld utolsó természetes képe, az elegyes-tölgyes erdőssztyepp (7. ábra).

Löszterületeken a sztyepprétekkal mozaikos erdőspusztá, a pusztai kocsányos-tölgyeshez lehetett hasonlatos, míg a nedvesebb, mély homoktalajokon olyan erdők lehettek, mint a gyöngyvirágos tölgyes, mogyoró cserjékkel. A palinológiai vizsgálatok szerint az Alföldön a mogyoró, különösen az atlantikus második felében ugyanolyan jelentőségű volt, mint a boreálisban. Az atlantikus humidabb, meleg klímája nyilvánvalóan optimális volt számára, nagyobb elterjedését csak a lombosfa-erdők akadályozhatták. Néhol a kocsányostölgy erdők záródtak. Ezekben már megjelent a gyertyán és a bükk (*Fagus*), a fákra borostyán (*Hedera*) kúszott és a cserjeszintben magyal (*Ilex*) díszlett. Az erdeifenyő-nyír erdők gyakorlatilag eltűntek. Az égeres láp- és ligeterdők kiterjedtek, melyekben gazdagon nőtt a ligeti szőlő (*Vitis silvestris*). A holtágakban, az elhagyott medrekben, buckaközi mélyedésekben gazdag mocsári- és lápnövényzet élt. Ekkor vándorolhattak be délről a ma már reliktumként védett bangók (*Ophrys*) és kosborok (*Orchis*) a hazai lápokra. Palinológiai kimutatható, hogy az állóvizek növényzete a boreálishoz képest tovább gazdagodott, nevezetesen megjelent a tündérfátyol (*Nymphoides*), nyílfű (*Sagittaria*) és a hídör (*Alisma*).

A beerdősödött sztyeppéken a pázsitfűvek és a boreális sztyeppfajok helyét kétszikű erdei fajok és cserjék (*Viburnum*, *Ligustrum*) vették át. A neolitikus kultúrák ekkor kezdenek maradandó nyomot hagyni a természetes tájon.

4.4. Szubboreális

Mintegy ötezer évvel ezelőtt az éghajlat újra hűvösebbé vált, de továbbra is nedves maradt. Ez kedvezett az erdők zárulásának, a hegyvidéki fafajok (bükk, gyertyán, lucfenyő) terjedésének és a lápi, mocsári növényzet térhódításának. A tölgyesek visszaszorulnak, a mogyoró nem jellemző.

A Magyar Középhegységben terjed a gyertyános-tölgyes és kialakult a bükkös erdők zónája. Ekkor kerülhetett a bükk az északi lejtők görgeteges sziklaerdeibe is, kialakítva a

mai karsztbükösöket, illetve nyúlfarkfüves (*Sesleria*) sziklai bükösöket. A hűvös-nedves klímában elsavanyadó talajon ekkor terjednek el a középhegységi mészkerülő tölgyesekhez, bükösökhöz és cseres-tölgyesekhez hasonló társulások. ZÓLYOMI vizsgálatai szerint a Középhegységben ma már hiányzó jegenyefenyő is gyorsan terjed (ZÓLYOMI 1936).

A palinológiai adatok szerint az Alföld peremén is záródtak az erdők. Az Alföld közepén tölgyes-erdőössztyepp volt, amelynek az összetétele azonban megváltozott, mert gyertyánnal, bükkal és azok kísérőfajaival együtt alkothattak kevert erdőket.

A posztglaciális folyamán ekkor volt az Alföldön a legtöbb erdő, láp és a leggyakoribb a bükk. A teljes beerdősödést csak a vízi-lápi területek és a pásztorkodó, földművelő népek erdőirtó tevékenysége gátolhatta.

Az Alföldre ereszkedett hegyvidéki bükösök, gyertyános-tölgyesek maradványainak tekinthetjük talán a Bereg-Szatmári síkság, a Bodroghöz és a Kiskunság néhány védett erdejét (amilyen pl. a sárospataki Long-erdő, a beregdaróczi Közös-erdő).

A hűvös, nedves klímában az ártéri füzesek, nyárasok, a tölgy-köris-szil ligeterdők, az égeres, körises láperdők, völgyekben, alacsony térszíneken, mocsár- és láprétek virágkorukat élték és a posztglaciális-kori legnagyobb kiterjedésüket érték el.

Ezek az erdők nyújtottak védelmet és mentették át napjainkig azoknak a hegyvidéki (montán) fajoknak egy részét, amelyek ekkor húzódhattak le a hegyvidékről az Alföldre, pl. árnyékvirág (*Maianthemum bifolium*), kapotnyak (*Asarum europaeum*), sárga árva-csalán (*Lamium galeobdolon*), orvosi tüdőfű (*Pulmonaria officinalis*). Az Alföld természeti tája a szubboreális folyamán kezd visszavonhatatlanul kultúrtájjá alakulni, amikor a beerdősülést nem csak természetes okok, így a vízi és lápi területek kiterjedése, hanem a pásztorkodó, földművelő népek erdőirtó tevékenysége is gátolhatta.

4.5. Szubatlantikus

A szubboreálist felváltó szubatlantikus fázisban a klíma kicsit kedvezőtlenebb, kontinentálisabb lett, csökkent a csapadék évi mennyisége, bár a hőmérséklet kissé emelkedett. A hegyvidékeinken a tölgyesek, gyertyános-tölgyesek és bükösök, az Alföldön a kelet-európai nagy erdőössztyepp-zóna legnyugatibb előfordulásaként, a tölgyes erdőpuszták alkotják a természetes növénytakarót. Az Alföldről a bükk - az Észak-Alföld kivételével - visszahúzódott és a gyertyán is megcsappant, míg a hegyvidéken a bükk visszahúzódása és a gyertyán elöretörése észlelhető. A Nyugat-Dunántúl Alpok-közei táján élő őshonos kevert tűlevelű erdőfoltok a közép-európai tűlevelű erdőkhez tartoznak.

Az ember természetformáló hatása felgyorsult. A pásztorkodó, földművelő népek, majd a hazánkon átsöprő történelmi viharok egyre mélyrehatóbban befolyásolták az eredeti növénytakaró alakulását, amit a pollendiagrammokban a fűnemű növények arányának jelentős megnövekedése és a földművelésre utaló gabona- és gyomnövények: búzavirág (*Centaurea*), útifű (*Plantago*) fajok, porcsin (*Portulaca*), keserűfű és vadsóska pollenleletei bizonyítanak (JÁRAI-KOMLÓDI 1968).

5. AZ EMBER MEGJELENÉSE ÉS HATÁSA A TERMÉSZETES KÖRNYEZETRE

Az értelmes ember (*Homo sapiens*) kibontakozása az ember-elődökből a pleisztocén folyamán történt, de számottevő népesség kialakulásával a Kárpát-medencében csak az **újkőkor (neolitikum)** igen kedvező éghajlatú időszakában számolhatunk. Ez kb. a holocén klímaoptimumával, az atlantikus fázissal esik egybe.

Földünkön a népmozgások és klímaváltozások közvetlen kapcsolatban vannak, amint ennek ez ideig számos példáját láttuk, hogy csak számunkra a legfontosabbat, a magyar honfoglalást, őseink aszálytól való menekülésének nyugvópontját említsem (KORDOS 1987/a; GYÖRFFY & ZÓLYOMI 1994, 1996).

Így történt ez mintegy hétezer évvel ezelőtt is, amikor a felmelegedés hatására jelentős bevándorlás történt a Kárpát-medencébe dél felől, a Földközi-tenger vidékéről. A bevándorló népcsoportok már rendelkeztek a földművelés és állattartás ismereteivel és ezen tevékenységekre alkalmas helyeken telepedtek meg a Kárpát-medencében. Ekkor jelentkezik az ember első, még nem jelentős, környezet-átalakító tevékenysége. Egy ideig a pásztorkodó, földművelő ember inkább csak korlátozta, befolyásolta az erdők fejlődését, de nem irtotta ki teljesen. Eleinte nem égette, hanem "aszalta" az erdő fáit, azaz a kéreg lehántásával, kiszáritással pusztította el. Az erdő így nem semmisült meg, csak kiritkult, s ezáltal lehetővé tette az erdei legeltetést, a disznó makkoltatást, ami végül is rontotta az erdő talaját és tovább ritkította a fákat (GYÖRFFY & ZÓLYOMI 1996).

A talajrétegekben talált faszenek az egykori erdőégés vagy égetés tanúi. A fosszilis virágporszemek és faszenek jelzik a neolitikus kultúrák hatását a természetes környezetre. Ahogy a népesség szaporodik, egyre kiterjedtebb az állattartás és növény-termesztés. Visszapótlás a természetbe még nincs, a kihasznált földeket elhagyva egyre nagyobb területeket vesz birtokba az ember. Csökken az élővilág diverzitása, az erdők fajgazdagsága, a táj változatossága. Nő a fátlan, füves terület, sokkal szakadozottabb, nyitottabb a növényzet. Legyen az "aszalás", égetés vagy legeltetés, következményében ugyanaz: előbb vagy utóbb megáll az erdők természetes szukcessziója. A fosszilis maradványok ezt úgy jelzik, hogy csökken az erdei fajok és nő a mezőgazdasági művelésre utaló gyomok és a termesztett növények száma (JÁRAI-KOMLÓDI 1966/a, 1968, 1987; ZÓLYOMI 1980, 1985; ZÓLYOMI & PRÉCSÉNYI 1985; WILLIS és mtsai 1995; RUDNER & JEREM 1999).

A népcsoportok neolitikumban kezdődött migrációja, letelepedési és foglalkozási körülményeik különböző módon hatnak a természetes növénytakaróra. Ez teszi Európában a holocén erdőfejlődés képét konfuzussá, ezért olyan nehéz a természetes erdőfejlődés kinyomozása (WRIGHT 1977). Ezért létesült 1989-ben az European Science Foundation keretében egy nemzetközi tudományos program: "European palaeoclimate and man since the last glaciation" címmel (FRENZEL 1991-1998), amelyben magyar kutatók (ZÓLYOMI & JÁRAI-KOMLÓDI 1994) is részt vettek adatok szolgáltatásával.

A további évezredek folyamán (réz-, bronz-, vas-, római) és végül a történelmi középkorban az ember természetformáló hatása felgyorsult, és más-más tényezővel bővült. Számos régészeti lelet, fosszilis pollen és faszénmaradvány tanúsítja az emberi tevékenység széles körét, illetve ezek természetátalakító hatását ezekben a korokban. Így a mezolitikum idején az Alföldnek még klimatikusan fátlan területei, az ősi, eredeti pusztafoltok az erdő fejlődésre kedvező későbbi korokban sem tudtak mindenhol beerdősödni, mert az újkőkor, a bronzkor vagy a vaskor embere a löszös hátakra, a

termékeny fekete talajokra telepedett, s azok folytonos feltörésével, művelésével a beerdősödést sok helyen megakadályozta. Így ezeréveket átívelve érintkezhetett a klimatikus ősi pusztá maradványa a szántóföldes kultúrpuszta mai foltjaival, de azért az Alföldön még a honfoglalás korában is természetes erdőssztyepp volt az uralkodó (GYÖRFFY & ZÓLYOMI 1994; SOMOGYI 1994/a).

A rézkorban, amely a holocén szubborreális fázisának kezdetével esik egybe, az agrártevékenység mellett már rézbányászat is folyt. Ezt a régészeti leletek és a talajban felhalmozódott réznyomok tanúsítják. Geokémiai módszerekkel kimutatták, hogy a rézbányászattal jelentős mennyiségű réz-részecske került a levegőbe, majd onnan esővízzel a talajba bemosódva, amely bizonyos hatással volt a növényzet florisztikai alakulására. A rézoldvasztás pedig a fafelhasználás körét bővítette (WILLIS és mtsai 1995).

A bronz- és vaskori temetők, település-maradványok feltárása (RUDNER & JEREM 1999) tanúsítja, hogy az ekkor élt történelem előtti ember milyen változatos módon használta fel a fémeket, különösen a jól munkálható bronzot, és hogyan ötvöződött a fém és a környezetében élő növényzet felhasználása mindennapi életében. A fémeszközök használata nem helyettesítette, sőt kiterjesztette a fafelhasználási igényeket. Az építkezéseknél (lakóházak, védelmi sáncok), a használati tárgyak készítésénél, a temetkezési szokásoknál (pl. halottégetés) felhasznált famennyiséget jelentősen növelte a fémfeldolgozás. A háztartások mellett már az ipari kemencék működtetésének is jelentős tüzelőfa igénye volt. Ugyanakkor a fémeszközök segítségével a szükségleteknek megfelelő alakú, magasságú, keménységű fák kivágása könnyebbé vált. Ezért ezzel a tevékenységgel csak részleges erdőirtás történt, gyakran csupán az erdő összetételét és sűrűségét változtatták meg és így a természetes erdőfejlődést akadályozták.

A vaskorban a Kárpát-medencében nincs régészeti nyoma olyan nagymértékű erdőirtásnak, főként a nagy tüzelési energiájú bükkösök kivágásának, mint Nyugat-Európában. Az erdőirtás fő okává az lépett elő, hogy a vas segítségével korszerűsített mezőgazdasági eszközök fellendítették, kiterjesztették a földművelést, amihez újabb földterületek kellek. Az égetéssel erdőirtásra, az erdőtakaró fellazulására a faszén-maradványok mellett a kora vaskortól növekedő nyírfapollen utal (GYÖRFFY & ZÓLYOMI 1994).

A bronzkori kultúra kivételével, amely az egész ország területén elterjedt, a többi őskultúra, így a vaskor népcsoportjai is váltakozva szállták meg a Kárpát-medence, sőt az Alföld egyes tájait is, így hatásuk a természetre egyenlőtlen volt (SOMOGYI 1971, 1987, 1994/a).

Az erdőirtás a **római korban** is tovább folytatódott. A kortárs történetíró, SEXTUS AURELIUS VICTOR, aki GALERIUS római császár idején, 361-ben Pannónia helytartója volt, a következőket jegyezte fel: "...amikor (GALERIUS) már elegendő földet szerzett a birodalomban, terjedelmes erdőket irtva ki és lebecsátva a Dunába a Pelso (Balaton) tavát a Pannónoknál..." (BENDEFY 1972).

Így korabeli, hiteles forrásból tudjuk, hogy a római korban jelentős erdőirtás és már lecsapolás is történt. A mezőgazdasági kultúra bizonyítékai a szőlőkertes római korból kimutatott szőlő (*Vitis*) és dió (*Juglans*) pollen, mely ültetvényeket a kiirtott erdők helyén létesítettek a rómaiak, s amely fosszilis maradványokkal együtt a mezőgazdasági kultúrát jelző további növények, így a gabona és a kísérő gyomnövényzet virágporszeme is kimutatható volt (ZÓLYOMI & PRÉCSÉNYI 1985; GYÖRFFY & ZÓLYOMI 1996).

Új eleme az emberi tevékenységnek a római korban a természetes vízhalózat befolyásolása. A Balaton vízszintviszonyainak az elmúlt 5000 év folyamán történt változását vizsgálva

kiderült, hogy a több ízben kimutatható vízszíntingadozást a természetes (klimatikus) okok mellett mesterséges tényezők, az ember beavatkozása idézte elő.

Az 1700-1850. közötti okiratokban többször említik a Balaton magas vízállásából keletkező károkat. Ezt a nádasok irtásával és az erdőirtással keletkezett, megnövekedett szántóterületekkel magyarázták, mely miatt a tó körüli területeknek a csapadék-visszatartása jelentősen csökkent, s ez okozta a káros vízszintemelkedést, s a tó körüli elmocsarasodást. Ezt próbálták már a rómaiak is vízelvezetéssel orvosolni (BENDEFY 1972).

A középkori századok folyamán a népesség elsősorban állattenyésztéssel, főként ló-, juh-, szarvasmarha-neveléssel foglalkozott. A honfoglalás után a sertésenyésztés lépett előtérbe. Ez is arra utal, hogy az Alföldön még természetes erdőssztyepp volt, melynek erdeit a pásztorkodás és a földművelés ugyan korlátozta, de a mozaikos növényzet tölgyesei még jelentős erdőket alkottak, hiszen a sertésenyésztés alapja az állatok makkoltatása volt.

A növénytakaró természetes fejlődésének újabb megpróbáltatása **a török hódoltság** alatt volt. Az emberi tevékenység befolyása a természetre több vonatkozásban is igen meghatározó lehetett, s igen drasztikus erdőirtásban nyilvánult meg. Tették ezt azért, hogy a török elleni védelmi erődök, sáncok felépítéséhez szükséges rengeteg szálfát kitermeljék. Pusztították az erdőket azért is, mert nagy mennyiségű hamuzsirt és faszenet kellett előállítani adózás céljából. Az Alföld hegyvidéki peremterületein bányaművelés és kohászat céljából folyt az erdőirtás. S végül továbbra is szükség volt a legelőkre a pásztorkodás és termőföldre a növénytermesztés céljából. A pollenanalízis tanúsága szerint (ZÓLYOMI 1980) ettől az időtől kezdve jelenik meg egy új kultúrnövény a kukorica (*Zea mays*) a Kárpát-medencében a törökök közvetítésével, ezért a népies neve: török-búza.

Az ember másik jelentékeny tájformáló hatása (nagy részt az erdőirtás következménye) már a római korban megkezdődött vízrajzi viszonyok megváltoztatása. Ez a láp- és mocsárvilág jelentős kiterjedéséhez vezetett.

Az Alföld peremhegységeiben történt erdőirtás miatt a folyók fékezés nélkül, gyorsan zúdultak le az Alföldre, árvízszintjük olyan magasra megemelkedett, hogy az ármentes térszintek gyakran víz alá kerültek. Ezt csak tetézte, hogy a török elleni harcban az erődítéseket gyakran víz odavezetéssel tették megközelíthetetlenné. A medrűkből kivezetett vizek óhatatlanul elvadultak, mesterséges ártereket, mocsarakat idéztek elő (SOMOGYI 1994/b).

Az ember az elmúlt évezredek folyamán egyre több földet hódított el a természettől, míg nem a 18. században elkezdődött intenzív vízszabályozás, egyszerű majd műtrágyázásos és később növényvédőszeres szántóföldi művelés, gépesített erdő- és vízgazdálkodás, elterjedt állattenyésztés, a futóhomok megkötése, a szikések javítása, tájidegen fajok telepítése és ezzel egyidejűleg az adventív gyomok behurcolása alakította ki hazánk mai képét.

Napjainkban a vegetáció egykori ősi arcát megőrző, néhány reliktum-táj és maradványnövény kivételével hegységeink zömére a erdőhasználat, az Alföld egész területére pedig a természetes erdőspusztát felváltó kultúrtáj és kultúrpuszta a jellemző. Az egykori eredeti növényzet az ország területének alig egy tizedére szorult vissza napjainkra (7. ábra).

Az éghajlati- és talajviszonyoknak megfelelően Magyarország legnagyobb része ma az európai lombhullató erdők zónájába tartozik. Az Alföld egy része a kelet-európai nagy

erdőssztyepp zóna legnyugatibb folytatásának tekinthető. A Nyugat-Dunántúlon előforduló kevert tűlevelű erdők foltja a közép-európai tűlevelű erdőkhöz tartoznak.

Az ember környezetalakító hatása előtt az ország területének legalább 85 %-át ősi lombos erdők, főként tölgyesek borították. Ma alig 17 % az erdőség, de ebből is legfeljebb 9 % tekinthető az eredeti növényzet maradáknak. A többi (kb. 160 ezer hektár) már többszörösen ültetett, erősen átalakított, értéktelenné vált, rontott erdő. Pedig "Erdeink hordozzák a hazai flórának kb. 45%-át és a védett fajok tekintélyes hányadát" (BARTHA 1999).

Hazánkban az országos jelentőségű védett területek száma 139, amely összesen 500 ezer hektárt tesz ki. A még megmaradt bennszülött vagy vadon termő növényvilág az utolsó ötven, még inkább húsz évben újabb vészhelyzetbe került, a világszerte érezhető környezeti ártalmak miatt. Hazánkban ez ideig - amiről tudunk - az utolsó 50 évben 44 őshonos faj pusztult ki, illetőleg tűnt el. Ez a teljes flóra (2148 faj) 2 %-a. Közel 600 faj (28 %) többé-kevésbé veszélyeztetett, vagy védelemre szorul, ebből 35 faj a "Veszélyeztetett Növényfajok Nemzetközi (IUCN) Vöröslistáján" szerepel. Jelenleg az ország egész területén védelem alatt álló növényfajok száma 516, ebből 52 fokozottan védett. A tájvédelem eredményességét mutatja, hogy már kilenc Nemzeti Parkunk van (FARKAS 1999).

Irodalom

- ANDREÁNSZKY G. 1941: A növények elterjedése. In: Növény és élet II. (Szerk.: SZABÓ Z.). - M. Kir. Term. Tud. Társ. Kiadó, Budapest, p. 262.
- ANDREÁNSZKY G. 1954: Ösnövénytan. - Akad. Kiadó, Budapest, pp. 1-320.
- BACSÁK GY. 1940/a: Az interglaciális korszakok értelmezése. - *Időjárás* p. 8-16, 62-69, 105-108.
- BACSÁK GY. 1940/b: A Diluvium utolsó szakaszának kronológiája. - *Barlangvilág* **10**: 1-19.
- BACSÁK GY. 1942: A skandináv eljegesedés hatása a periglaciális övön. - M. Kir. Orsz. Meteor és Földmágnesség Int. kisebb kiadványai. Budapest. **13**: 2-38, 78-86.
- BAJZÁTH, J. 1998: Plant macrofossils from the Hungarian Pleistocene III. Paleobotanical study of Győrújfalú, Western Hungary. - *Ann. Hist. Nat. Mus. Nat. Hung.* **90**: 17-26.
- BAJZÁTH J. 1999: Dryas flora Magyarországon. - *Élet és Tudomány* **54**: 808-810.
- BARISS N. 1989: Bacsák György pleisztocén klímátípusainak helyesbítése. - *Földrajzi Közlemények* **37**: 307-312.
- BARISS, N. 1991: The changing climates during and since the Riss/Würm interglacial. In: Quaternary Environment in Hungary. (Eds: PÉCSI, M. & SCHWEITZER, F.) - *Studies in Geography in Hungary* **26**: 27-34.
- BARTHA D. 1999: Az erdőművelés hatása az erdő növényvilágára. In: Erdészeti ökológia. (Szerk. MÁTYÁS Cs.). - Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 272-276.
- BENDEFY L. 1972: Természeti és antropogén tényezők hatása a Balaton vízállására. - *Földrajzi Értesítő* **21**: 335-358.
- BORHIDI, A. 1961: Klimadiagramme und klimazonale Karte Ungarns. - *Annales Univ. Sci. Budapest, Sect. Biol.* **4**: 21-50.

- BORHIDI A. 1981: Magyarország éghajlatának néhány növényföldrajzi vonatkozása. In: Növényföldrajz, társulástan és ökológia (Szerk. HORTOBÁGYI T. & SIMON T.) - Tankönyvkiadó, Budapest, p. 365-372.
- BORHIDI, A. & KEVEY, B. 1996: An annotated checklist of the Hungarian plant communities. II. The forest vegetation. In: Critical revision of the Hungarian Plant Communities. - Janus Pannonius Univ. Pécs, p. 95-138.
- BORHIDI A. & SÁNTA A. (szerk.) 1999: Vörös könyv Magyarország növénytársulásairól. - A KÖM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei 6. Természetbúvár Alapítvány Kiadó, Budapest. **1:** 1-362, **2:** 1-404.
- BOROS, Á. 1952: Diluviale moosfunde in Ungarn. - *Bull. Soc. Geol. de Hongrie* **82:** 294-301.
- BORSY Z., FÉLEGYHÁZI E., LÓKI E. & SÜMEGI P. 1991: A bócsai fűrés rétegsorának szedimentológiai, pollenanalitikai és malakofaunisztikai vizsgálata. - *Acta Geogr. Debr.* **28-29:** 263-277.
- BORSY Z., FÉLEGYHÁZI E. & CSONGOR É. 1992: A Bodroglak kialakulása és vízhálózatának változásai. p. 65-83.
- BUDÓ, V. & SKOFLEK, I. 1964: Pflanzenreste im Tataer süßwasserkalk-komplex. In: Tata, eine mittelpaläolitische Travertin-Siedlung in Ungarn. (Ed: VÉRTES, L.) - *Archaeologica Hung. Ser. Nova* **43:** 45-67.
- CSINÁDY G. 1960: A kókadi láp palynológiai vizsgálata. - *Acta Univ. Debrecen* **6:** 239-251.
- CSONGOR, E. & FÉLEGYHÁZI, E. 1987: Palaeohydrographic changes in the Bodrog-Tisza Interfluvium (NE Hungary) in the past 20 000 years based on palynological studies, C14 dating. In: Holocene Environment in Hungary. (Eds. PÉCSI, M. & KORDOS, L.), Budapest, p. 59-66.
- DANSGAARD, W., JOHNSEN, S.J., MOLLER, J. & LANGWAY, C.C. 1969: One thousand centuries of climatic record from Camp Century on the Greenland ice sheet. - *Science* **166:** 377-381.
- FARKAS S. (szerk.) 1999: Magyarország védett növényei. - Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 1-416.
- FEKETE, G. 1965: Die Waldvegetation im Gödöllőer Hügelland. - Akad. Kiadó, Budapest, p. 1-223.
- FEKETE G. 2000: A biodiverzitás és jelentősége. (Kézirat)
- FIRBAS, F. 1949: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen I-II. - Verlag Gustav Fischer, Jena, p. 1-480, 1-256.
- FISCHER J. & JÁRAI-KOMLÓDI M. 1970: Fosszilis keverék pollenek azonosításának matematikai módszere a *Picea omorica* és *Picea abies* esetében. - *Bot. Köz.* **57:** 59-68.
- FRENZEL, B. 1960: Die Vegetations- und Landschaftszonen Nord-Eurasiens während der letzten Eiszeit und während der postglazialen Wärmezeit. - *Abh. math. nat. Kl. Akad. Wiss. U. Lit.* **6:** 290-453.
- FRENZEL, B. 1964: Zur Pollenanalyse von Lössen. - *Eiszeitalter und Gegenwart* **15:** 5-39.
- FRENZEL, B. 1991-1998: European Palaeoclimate and Man. ESF Project. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, p. 1-17.
- FRENZEL, B. ET AL. 1992/a: Maximum cooling of the Last Glaciation. Climates during the last Glacial Maximum. In: Atlas of paleoclimates and paleoenvironments of the

- Northern Hemisphere (Eds. FRENZEL, B., PÉCSI, M., VELICHKO, A. A.) - Budapest, Stuttgart, p. 97-99.
- FRENZEL, B., PÉCSI M. & VELICHKO, A. A. (eds.) 1992/b: Atlas of paleoclimates and paleoenvironments of the Northern Hemisphere. Late Pleistocene - Holocene. - Budapest, Stuttgart, p. 1-153.
- FÜKÖH, L., KROLOPP, E. & SÜMEGI, P. 1995: Quaternary Malacostratigraphy in Hungary. - *Malacological Newsletter Suppl.* **1**: 5-219.
- GLIEMEROTH, A. K. 1995: Paläoökologische Untersuchungen über die letzten 22' 000 Jahre in Europa. Vegetation, Biomasse und Einwanderungsgesichte der wichtigsten Waldbäume. - *Paläoklimaforschung* **18**: 1-252.
- GODWIN, H. 1956: The history of the British Flora. - Cambridge University Press, Cambridge, p. 1-541.
- GREGUSS P. 1940: A Szeged-öthalmi mamut- és szénlelet pollenanalitikai vizsgálata. - *Szeged Városi Múzeum Kiadványa* **2**: 1-123.
- GRÜGER, E. 1968: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an cromerzeitlichen Ablagerungen im nördlichen Randgebiet der deutschen Mittelgebirge. - *Eiszeitalter und Gegenwart* **18**: 222-232.
- GYÖRFFY GY. & ZÓLYOMI B. 1994: A Kárpát-medence és Etelköz képe egy évezreddel ezelőtt. In: Honfoglalás és régészet. (Szerk. GYÖRFFY GY. & KOVÁCS L.) - Balassi Kiadó, Budapest, p. 13-37.
- GYÖRFFY GY. & ZÓLYOMI B. 1996: A Kárpát-medence és Etelköz képe egy évezreddel ezelőtt. - *Magyar Tudomány* **8**: 898-918.
- HERTELENDI, E., SÜMEGI, P. & SZÖÖR, GY. 1992: Geochronologic and Paleoclimatic characterization of Quaternary sediments in the Great Hungarian Plain. - *Radiocarbon* **34**(3): 833-839.
- IVERSEN, J. 1954: The Late-Glacial flora of Denmark and its relation to climate and soil. - *Danm. Geol. Unders.* **2**: 80, 87-119.
- IVES, J.D. 1974: Biological refugia and the nunatak hypothesis. In: Arctic and Alpine Environments. (Eds. IVES, J.D. & BARRY, R.G.) - Methuen, London, p. 605-636.
- JAKAB G., MAGYARI E. 2000: Új távlatok a magyar lápkutatásban: szukcessziókutatás paleobryológiai és pollenanalitikai módszerekkel. - *Kitaibelia* **5**: 17-36.
- JÁRAI-KOMLÓDI, M. 1964: Palynologische Untersuchungen. In: Tata, eine mittelpaläolithische Travertin-Siedlung in Ungarn. (ed. VÉRTES L.) - *Archaeologica Hung. Ser. Nova*, **43**: 67-77.
- JÁRAI-KOMLÓDI M. 1966/a: Adatok az Alföld negyedkori klíma- és vegetációtörténetéhez. I. A vegetáció változása a Würm glaciális és a holocén folyamán palinológiai vizsgálatok alapján. *Bot. Közlem.* **53**: 191-201.
- JÁRAI-KOMLÓDI, M. 1966/b: Études palynologiques des couches de la dernière époque glaciaire (Brörup, pléniglaciaire) de la Grande Plaine Hongroise. - *Pollen et Spores*, **8**: 479-496.
- JÁRAI-KOMLÓDI, M. 1968: The Late Glacial and Holocene flora of the Hungarian Great Plain. - *Annal. Univ. Sci. Budapest, Sect. Biol.* **9-10**: 199-225.
- JÁRAI-KOMLÓDI M. 1969: Adatok az Alföld negyedkori klíma- és vegetációtörténetéhez. II. A Würm glaciális és a holocén egyes szakaszainak klíma-rekonstrukciója palinológiai vizsgálatok alapján. - *Bot. Közlem.* **56**: 43-55.

- JÁRAI-KOMLÓDI, M.1970: Studies on the vegetational history of *Picea omorica* Panc. on the Great Hungarian Plain. - *Annal. Univ. Sci. Budapest, Sect. Biol.* **12**: 143-156.
- JÁRAI-KOMLÓDI M.1971: A pleisztocén kronológiájának és a pliocén-pleisztocén határnak néhány problémája. - *Bot. Közlem.* **58**: 131-143.
- JÁRAI-KOMLÓDI M.1973/a: Eurázsia felső-pleisztocén vegetációja a Würm glaciális hideg maximuma és a Riss-Würm interglaciális klímaoptimuma idején. - *MTA X. Oszt. Közl.* **6**: 173-181.
- JÁRAI-KOMLÓDI, M.1973/b: Pollenstatistical examinations of the travertine layers of the palaeolithic site at Vértesszőllős. - *Földrajzi Közlem.* **2**: 120-132.
- JÁRAI-KOMLÓDI M.1982: A növényvilág fejlődéstörténete. In: Az élővilág evolúciója. Evolúció II. (Szerk. VIDA G.). - Natura, Budapest, p. 37-110.
- JÁRAI-KOMLÓDI, M. 1987: Postglacial climate and vegetation history in Hungary. In: Holocene environment in Hungary. (eds: PÉCSI, M. & KORDOS, L.). - Geogr. Res. Inst. Hung. Acad. Sci., Budapest, p. 37-47.
- JÁRAI-KOMLÓDI, M. 1990: Pollen-statistical analyses from the Vértesszőllős travertine. In: Vértesszőllős site, man and culture. (eds. KRETZOI, M. & DOBOSI, V.). - Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 125-135.
- JÁRAI-KOMLÓDI, M.1991: Late Pleistocene vegetation history in Hungary since the Last Interglacial. In: Quaternary Environment in Hungary. (eds. PÉCSI, M.& SCHWEITZER, F.). - *Studies in Geography in Hungary* **26**: 35-46.
- JÁRAI-KOMLÓDI M. 1993: Pusztá-e a pusztá? In: A magyarság kézikönyve. (Szerk. HALMOS F.) - Pannon Könyvkiadó, Budapest, p. 68-69.
- JÁRAI-KOMLÓDI, M., SKOFLEK, I. & STIEBER, J.1964: Die stratigraphische Wertung der Botanischen Beobachtungen. In: Tata, eine mittelpaläolithische Travertin-Siedlung in Ungarn (Ed. VÉRTES, L.). - *Archaeologica Hung. Ser. Nova* **43**: 83-86.
- JÁRAI-KOMLÓDI M. & VIDA G.1983: A bioszféra evolúciója. In: Evolúció és az emberiség. Evolúció III. (Szerk. VIDA G.). - Natura, Budapest, p. 11-83.
- JUHÁSZ Á. 1983: Évmilliók emlékei. Magyarország földtörténete és ásványi kincsei. - Gondolat Kiadó, Budapest, p. 1-512.
- KERTÉSZ R. & SÜMEGI P. 1999: Teóriák, kritika és egy modell: miért állt meg a Körös-Starčevo kultúra terjedése a Kárpát-medence centrumában? - *Tisicum* **11**: 9-23.
- KOPEROWA, W. & SRODON, A. 1965: Pleniglacial deposits of the last glaciation at Zator (West of Krakow) - *Acta Palaeobot.* **6**: 1-32.
- KORDOS, L. 1977: Changes in the Holocene climate of Hungary reflected by the "vole thermometer" method. - *Földrajzi Közlemények* **25**: 222-228.
- KORDOS L. 1981: Éghajlatváltozás és környezetfejlődés. - *MTA X. Oszt. Közl.* **14**: 209-221.
- KORDOS, L. 1987/a: Climatic and ecological changes in Hungary during the last 15000 years. In: Holocene Environment in Hungary. (eds. PÉCSI, M. & KORDOS, L.). - Geogr. Res. Inst. Hung. Acad. Sci., Budapest, p. 11-24.
- KORDOS, L. 1987/b: Climatostratigraphy of Upper Pleistocene vertebrates and the conditions of loess formation in Hungary. - *GeoJournal* **15**: 163-166.
- KORDOS L. & JÁRAI-KOMLÓDI M. 1988: Az elmúlt tízezer év klímaváltozásai Közép-Európában. - *Időjárás* **92**: 96-100.
- KORDOS L. & RINGER Á. 1991: A magyarországi felső-pleisztocén Arvicolidae-sztratigráfiájának klimato- archeosztratigráfiai korrelációja. - Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése 1989-ről, Budapest, p. 523-533.

- KRETZOI M. & PÉCSI M. 1971: A Pannóniai-Medence pliocén és pleisztocén időszakának tagolása. - *Földrajzi Közlem.* **4**: 300-326.
- KRETZOI, M. & DOBOSI, V. (eds.) 1990: Vértesszőlős site, man and culture. Akadémia Kiadó, Budapest, p. 1-556.
- KRIVÁN P. 1957: A közép- és kelet-európai pleisztocén kapcsolata. - *Földt. Közl.* **87**: 73-77.
- KRIVÁN P. & NAGY E. 1963: Harmadidőszaki és negyedkori spóra-pollen bemosást tartalmazó palynológiai spektrumok felbontása a lehordási terület megismerésére és a rétegtani felhasználás érdekében. - *Földt. Közl.* **93**: 82-96.
- KROLOPP E. 1966: Szóbeli közlés. In: JÁRAI-KOMLÓDI M.: Palinológiai vizsgálatok a Magyar Alföldön. - Kandidátusi értekezés, p. 1-280.
- KROLOPP, E. 1995: Malacological aspects of the Pliocene-Pleistocene boundary. In: Quaternary Malacostigraphy in Hungary. (eds. FÜKÖH, L., KROLOPP, E., SÜMEGI, P.). - *Malacological Newsletter Suppl.* **1**: 23-25.
- KULCZYNSKI, S. 1932: Die altdiluvialen Dryasfloren der Gegend von Przemyśl. - *Acta Soc. Bot. Polon.* **2**: 237-299.
- KUN A. 1998: Gondolatok a reliktum kérdésről (Kontinentális reliktumjellegű vegetáció-mozaikok a Magyar Középhegységben.- Scientia Kiadó, Budapest, p. 197-212.
- LANG, G. 1992: Some aspects of European late- and post-glacial flora history. - *Acta Bot. Fennica* **144**: 1-17.
- LANG, G. 1994: Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. - Gustav Fischer Verlag, Jena, New York, p. 1-462.
- LONA, F & FOLLIERI, M. 1957: Successione pollinica della superiore (Günz-Mindel) di Leffe (Bergamo). - *Verh. der vierten Intern-Tagung der Quartebotaniker* **34**: 86-98.
- LŐRINCZ, H. 1987: Palynological evidence for marking the Pliocene/Pleistocene boundary in the Carpathian Basin. In: Pleistocene Environment in Hungary. (ed: PÉCSI, M.). - Geogr. Res. Inst. Hung. Acad. Sci., Budapest, p. 37-47.
- MIHÁLTZ, I. & MIHÁLTZNÉ FARAGÓ, M. 1965: Attempt at a pollen chronology in Quaternary luriatile deposits. - *Acta Biologica* **11**: 296-297.
- MIHÁLTZNÉ FARAGÓ M. 1973: Az Egyek 1. sz. fúrás palinológiai vizsgálata. - Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése 1972-ről, Budapest, p. 219-231.
- MIHÁLTZNÉ FARAGÓ M. 1982: Tiszántúli alapfúrások palynológiai vizsgálata. - Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése 1980-ról. Budapest, p. 103-120.
- MIHÁLTZNÉ FARAGÓ M. 1983: Palinológiai vizsgálatok a Balaton fenékmintáin. - Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése 1981-ről. Budapest, p. 439-448.
- MIHÁLTZNÉ FARAGÓ, M. & MUCSI, M. 1971: Geologische Entwicklungsgeschichte von Natronteiche auf Grund Palinologische Untersuchungen. - *Acta Universitatis Szegediensis* **11**: 93-101.
- MILANKOVITCH, M. 1930: Matematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen. - *Gebr. Borntraeger* 1.
- MOLNÁR ZS & KUN A. (szerk.) 2000: Alföldi erdőssztyepp-maradványok Magyarországon. - WWF füzetek **15**: 1-56.
- MOOR, P. D. 1990: Vegetation's place in history. - *Nature* **347**: 710.
- NAGYNÉ BODOR E. & JÁRAI-KOMLÓDI M. 1999: Palinológiai vizsgálatok a Tapolcai medencében. I. Vízi és mocsári növények a holocén és késő glaciális időkben. - *Hidrológiai Közl.* **79**: 332-333.

- PÉCSI M. 1997: Szerkezeti és vázталajképződés Magyarországon. - MTA Földrajtud. Kut. Int. Budapest, p. 1-296.
- PÉCSI, M. & SCHWEITZER, F. 1991: Short- and long-term terrestrial records of the Middle Danubian Basin. In: Quaternary Environment in Hungary. (eds: M. PÉCSI, F. SCHWEITZER). - *Studies in Geography in Hungary* **26**: 9-26.
- PÓCS T. 1999: A löszfalak virágtalan növényzete – orografikus sivatag a Kárpát-medencében. - *Kitaibelia* **4**: 143-156.
- POST, L. VON. 1929: Die postarktische Geschichte Europas. - Gustav Fischer Verlag. Jena, New York, p. 1-462.
- RÓNAI, A. 1968: The Pliocene-Pleistocene Lower Boundary in the Hungarian Basin. - *Acta Geol. Hung. Budapest* **12**: 219-230.
- RUDNER, E. & SÜMEGI, P. 1998/a: Upper Pleistocene Palaeoclimatic and Palaeobiogeographical reconstruction of Hungarian environments based on macrocharcoal analysis. - Abstract. Carpathian-Balkan Geological Ass.XVI: Congress. Vienna, Austria.
- RUDNER, E. & SÜMEGI, P. 1998/b: Macrocharcoal analysis and vegetational reconstruction from the beginning of Upper Würm at Kereszthegy, Tokaj-hill, N.E. Hungary. - Abstract. The 5th Eur. Palaeobotanical and Palynological Conference. Cracow, Poland, p. 153.
- RUDNER, E., BABOS, K. & SÜMEGI, P. 1997: Modelling of climatic change by wood anatomy and quatermalacology at upper pleniglacial/inter-pleniglacial transition in Hungary. - Abstract. Second European Palaeontological Congress. Vienna, Austria, p. 67.
- RUDNER, E. & JEREM, E. 1999: Anthracological investigations at Sopron-Krautacker (NW-Hungary). – Kézirat, p. 1-9.
- SCHERF E. 1935: Alföldünk pleisztocén és holocén rétegeinek geológiai és morfológiai viszonyai. - Földt. Int. Évi jelentés 1925-28 évekről, p. 265-301.
- SCHERF, E. 1936: Versuch einer Einteilung des ungarischen Pleistozäns auf moderner polyglazialistischer Grundlange. Verh. II. Intern. Quartär-Konferenz. Wien, Österreich, p. 237-247.
- SIMONCSICS, P. & SZÉLES, M. 1979: *Azolla* and *Salvinia* from the Pleistocene of Vésztő (Great Hungarian Plain). - *Acta Biologica Szeged* **25**: 55-69.
- SKOFLEK I. & BUDO V. 1967: A vértesszőlősi mésztufaflóráról. - *Bot. Közlem.* **54**: 39-43.
- SKOFLEK, I. 1968: Quaternäre Syringa-arten von Vértesszőlös und Monosbél. - *Acta Bot. Acad. Sci. Hung.* **14**: 133-145.
- SKOFLEK, I. 1990: Plant remains from the Vértesszőlös travertine. In: Vértesszőlös site, man and culture. (eds. KRETZOI, M. & DOBOSI, V.). - Akadémia Kiadó, Budapest, p. 77-123.
- SOMOGYI S. 1971: Magyarország természeti viszonyainak változásai a honfoglalás koráig. - *Építés-Építéstudomány* **1**: 303-326.
- SOMOGYI, S. 1987: Relationship between environmental changes and human impact until the 9th century. In: Holocene environment in Hungary. (eds: PÉCSI, M. & KORDOS, L.). - Geogr. Res. Inst. Hung. Acad. Sci., Budapest, p. 25-36.
- SOMOGYI S. 1994/a: Az Alföld földrajzi képe a honfoglalás és a magyar középkor időszakában. - Észak- és Kelet-Magyarországi Földrajzi Évkönyv, p. 61-75.

- SOMOGYI S. 1994/b: Az Alföld földrajzi képének változásai (16-19. század). - *Történeti Földrajzi Tanulmányok* **1**: 3-32.
- SOÓ R. 1931: A Magyar Puszta fejlődéstörténetének problémája. - *Földr. Közlem.* **59**: 1-17.
- SOÓ, R. 1940: Vergangenheit und Gegenwart der pannonischen Flora und Vegetation. - *Nova Acta Leopoldina* **9**(56): 1-49.
- SOÓ, R. 1958: Die Wälder des Alföld. - *Acta Bot. Acad. Sci. Hung.* **4**: 351-381.
- SOÓ, R. 1959/a: Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt Ungarns. - *Phyton* **8**: 114-129.
- SOÓ R. 1959/b: Az Alföld növényzete kialakulásának megítélése és vitás kérdései. - *Földr. Ért.* **8**: 1-26.
- SRODON, A. 1966: Szóbeli közlés. In: Járai-Komlódi M.: Palinológiai vizsgálatok a Magyar Alföldön. - Kandidátusi értekezés, p. 1-280.
- STASZKIEWICZ, J. 1961: Biometric studies on the cones of *Pinus silvestris* L., growing in Hungary. - *Acta Bot. Acad. Sci. Hung.* **7**: 451-466.
- STIEBER, J. 1964: Die anthrakotomische Untersuchung der Holzkohlen. In: Tata, eine mittelpaläolitische Travertin-Siedlung in Ungarn. (ed. VÉRTES, L.). - *Archaeologica Hung. Ser. Nova* **43**: 79-83.
- STIEBER J. 1967: A magyarországi felsőpleisztocén vegetációtörténete az anthrakotómiai eredmények (1957-ig) tükrében. - *Földtani Közlem.* **97**: 309-317.
- SÜMEGI P. & KROLOPP E. 1995: A magyarországi würm korú löszök képződésének paleoökológiai rekonstrukciója Mollusca-fauna alapján. - *Földtani Közlem.* **125**: 125-148.
- SÜMEGI, P., RUDNER, E., HERTELENDI, E., BOROS, S., DELI, T., KOZÁK, J. & SZÖÖR, GY. 1996: Palaeoecological research of the loess on the Kopasz Mount (Tokaj, North Hungary). - Abstract. Conference of geomorphology and the changing environment in Europe (IAG), Budapest, Hungary.
- SÜMEGI, P. & RUDNER, E. 1998: Reoccurring tajga forest-steppe-forests in Carpathian Basin in the Upper Würm. Abstract. Carpathian-Balkan Geological Ass. XVI. Congress. Vienna, Austria.
- SÜMEGI P. & KERTÉSZ R. 1998: A Kárpát-medence ökoszisztémái sajátosságai — egy ökológiai csapda az újkőkorban? - *Jászkunság*. **XLIV**: 145-157.
- SÜMEGI P., RUDNER E. & BESEDA J. 1999: A bodrogkeresztúri Henye-tető felső paleolit eszközöket tartalmazó fosszilis talajának sztatigráfiai és palaeoökológiai elemzése. - *Régészeti Füzetek*.
- SZEPESFALVI, J. 1928: Beiträge zur fossilen Flora des Alfölds Ungarisches Tiefland. - *Magy. Bot. L.* **27**: 107-113.
- SZEPESFALVI, J. 1930: Weitere Beiträge zur fossilen Flora des Alfölds Ungarisches Tiefland. - *Magy. Bot. L.* **29**: 6-13.
- TUZSON, J. 1929: Beiträge zur Kenntnis der Uhrvegetation des Ungarischen Tieflandes. - *Math. Term.-tud. Ért.* **46**: 442-542.
- VELICHKEVICH, F. 1992: The taxonomy of the genus *Brasenia* (*Cabombaceae* / *Nymphaeaceae* s.l.) from Pleistocene deposits of Eastern Europe. In: Palaeo-vegetational development in Europe (ed. KOVAR-EDER, J.), p. 87-90.
- VELICHKO, A. A. 1992: Correlation of the Late Pleistocene events within glaciated areas of the Northern Hemisphere. In: Atlas of paleoclimates and paleoenvironments of the

- Northern Hemisphere. Late Pleistocene-Holocene.(eds. FRENZEL, B., PÉCSI, M., VELICHKO, A. A.). - Budapest, Stuttgart, p. 101-105.
- VÉRTES, L. (ed.): Tata, eine mittelpaläolithische Travertin-Siedlung in Ungarn. - *Archaeologica Hung. Ser. Nova* **43**: 1-284.
- WALTER, H. 1957: Die Klimadiagramme der Waldsteppen- und Steppengebiete in Osteuropa. - *Stuttgarter Geogr. Studien* **69**: 253-262.
- WASILIKOWA, K. 1964: Vegetation and climate of the Late Glacial in Central Poland based on investigation made at Witów near Leczyca. - *Binl. Perygl.* **13**: 261-417.
- WEST, R. G. 1964: Inter-relations of Ecology and Quaternary Palaeobotany. - *J. Ecol.* **52**: 47-57.
- WILLIS, K. J., SÜMEGI, P., BRAUN, M. & TÓTH, A. 1995: The late Quaternary environmental history of Bátorliget, N. E. Hungary. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **118**: 25-47.
- WILLIS, K. J., BRAUN, M., SÜMEGI, P. & TÓTH A. 1997: Does soil change cause vegetation change or vice versa? A temporal perspective from Hungary. - *Ecology* **78**: 740-750.
- WILLIS, K. J., RUDNER, E. & SÜMEGI, P. 2000: The full glacial forests of Central and Southern Europe. - *Quaternary Research* **53**: 203-213.
- WRIGHT, H. E. 1977: Quaternary vegetation history - some comparisons between Europe and America. - *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* **5**: 123-158.
- ZAGWIJN, W. H. 1957: Vegetation climate and time-correlation in the early Pleistocene of Europe. - *Geol. en Mijnbouw.* **19**: 233-244.
- ZAGWIJN, W. H. 1985: An outline of the Quaternary stratigraphy of the Netherlands. - *Geol. en Mijnbouw.* **64**: 17-24.
- ZÓLYOMI B. 1936: Tízezer év története virágporszemekben. - *Term. Tud. Közlöny* **68**: 504-516.
- ZÓLYOMI B. 1937: Pollenelemzési vizsgálatok a Rákospatak völgyében. - *Bot. Közl.* **34**: 82.
- ZÓLYOMI B. 1939: A Magyar Föld növényzete. In: Az ezeréves Magyarország. - *Pesti Hírlap*, p. 203-226.
- ZÓLYOMI B. 1940: Pleisztocén rétegek pollenanalízise Mezőberény mellől. In: Schmidt E.R.:Mezőberény 5266/3 sz. talajtani térképlap magyarázója, Budapest.
- ZÓLYOMI B. 1946: Természetes növénytakaró a tiszafüredi öntözőrendszer területén. - *Öntözésügyi Közl.* **7-8**: 62-74.
- ZÓLYOMI B. 1952: Magyarország növénytakarójának fejlődéstörténete az utolsó jégkorszaktól. - *MTA Biol. Oszt. Közlem.* **1**: 491-544.
- ZÓLYOMI, B. 1957: Der Tatarenahorn-Eichen-Lösswald der zonalen Wald-Steppe (*Acerotatarici-Quercetum*). - *Acta. Bot. Acad. Sci. Hung.* **3**: 361-395.
- ZÓLYOMI B. 1958: Budapest és környékének természetes növénytakarója. In: Budapest természeti képe (szerk: PÉCSI M., MAROSI S., SZILÁRD F.). - Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 509-642.
- ZÓLYOMI, B. 1980: Landwirtschaftliche Kultur und Wandlung der Vegetation im Holozän am Balaton. - *Phytocoenologia* **7**: 121-126.
- ZÓLYOMI, B. 1987: Degree and rate of sedimentation in Lake Balaton. In: Pleistocene Environment in Hungary. (ed. PÉCSI, M.). - Geograph. Res. Inst. Hung. Acad. Sci. Budapest, p. 57-79.

- ZÓLYOMI, B. 1995: Opportunities for pollen stratigraphic analysis of shallow lake sediments: the example of Lake Balaton. - *GeoJournal* **36**: 237-241.
- ZÓLYOMI, B. & PRÉCSÉNYI, I. 1985: Pollenstatistische Analyse der Teichablagerungen des Mittelalterlichen Klosters bei Pilisszentkereszt. Vergleich mit dem Grundprofil des Balaton. - *Acta Arch. Hung.* **37**: 153-157.
- ZÓLYOMI, B. & FEKETE, G. 1994: The Pannonian loess steppe: differentiation in space and time. - *Abstracta Botanica* **18**(1): 29-41.
- ZÓLYOMI, B. & JÁRAI-KOMLÓDI, M. 1994: Data for "Evaluation of land surfaces cleared from forest in the Roman Iron Age and the time of migrating Germanic tribes based on regional pollen diagrams" In: *European Palaeoclimate and Man.* (ed. FRENZEL, B.). - Gustav Eischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York. **7**: 48, 113, 128-133.