

Az albertirsai löszfeltárás lumineszcens kormeghatározása

The luminescence dating of the Albertirsa loess profile

NOVOTHNY Ágnes¹

(4 ábra, 2 táblázat)

Tárgyszavak: lösz, radiometrikus kormeghatározás, termo- és optikai lumineszcencia, utolsó interglaciális és glaciális
Keywords: loess, radiometric dating, thermo and optical luminescence dating, last interglacial and glacial period

Abstract

This recently investigated profile – a 12 m high loess wall – is located in the region of the Gödöllő Hills, about 23 km south-east from the Mende section, and 40 km from Budapest. There are 2 well-developed buried soil layers, and a less striking humus horizon. This section belongs to the “young loess series”. The dating of the layers of the profile were investigated by the luminescence method. Within the luminescence measurements two different methods were applied: the thermoluminescence (TL) and the optical luminescence dating (OSL) processes respectively. The humus horizon is equal to the h2 horizon in Hungary and it was formed during the oxygen isotope stage 2. The upper fossil soil probably formed during the oxygen isotope stage 3 between 37 and 25 ka BP. Thus this palaeosol represents the Hengelo and/or Denekamp interstadial of northwestern European stratigraphy. The lower fossil soil formed about 65 ka BP, indicating soil formation late in oxygen isotope stage (OIS) 5 or early in OIS 3.

Összefoglalás

A jelen tanulmányban részletesen tárgyalt albertirsai löszfeltárás a Gödöllői-dombság területén található, 23 km-re Mendétől és 40 km-re Budapesttől. Vizsgálataink szerint a feltárás a magyarországi besorolás alapján a fiatal löszök közé tartozik. Az albertirsai löszrétegsort két jól fejlett eltemetett talajszint és egy gyenge kifejlődésű humuszos szint tagolja. A rétegek kormeghatározását lumineszcens – ezen belül is termolumineszcens (TL) és optikai lumineszcens (OSL) – módszerekkel végeztem. A szelvényben található humuszos szint a magyarországi h2 szintnek felel meg és a 2. oxigén izotóp stádium során fejlődött ki. A felső fosszilis talaj valószínűleg a 3. oxigénizotóp stádium folyamán 37 és 25 ezer évvel ezelőtt alakult ki, ami a nyugat-európai sztratigráfiában a hengelo és denekamp interstadiálisnak felel meg. Az alsó fosszilis talaj kb. 65 ezer évvel ezelőtt fejlődhetett ki, az 5. oxigénizotóp stádium végén, vagy a 3. oxigénizotóp stádium elején.

Bevezetés

A negyedidőszak-kutatás egyik fontos és alapvető feladata, hogy az ezen időszak alatt lerakódott üledékeket részletesen megvizsgáljuk, illetve tanulmányozott rétegek, objektumok korát meghatározzuk, ezzel megteremtve az egymástól távoli szelvények összehasonlításának, korrelálásának alapjait. A Magyarország 30%-át borító lösz- és lösztípusú üledékek mind a negyedidőszak termékei, így ezen rétegsorok részletes elemzésével hozzájárulhatunk a negyedidőszakban lezajlott folyamatok rekonstruálásához.

¹ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány sétány 1/c

A hazai löszkutatók gyökerei az 1920-as évekig nyúlnak vissza. Eleinte még csak a rétegsorok leírása, illetve fizikai, kémiai jellemzőinek meghatározása játszotta a fő szerepet, majd megpróbálták a legnagyobb és legteljesebbnek vélt szelvényeket ezek alapján összehasonlítani. A helyi tényezők változatossága miatt kialakuló különbségek azonban nagyon megnehezítették az ezen alapuló korrelációt, ezért egyre inkább felerősödött az igény, hogy radiometrikus kormeghatározások alapján párhuzamosítsák a különböző területek rétegsorait. A radiometrikus kormeghatározási módszerek közül eddig a lumineszcencia alkalmas egyedül a löszök közvetlen kormeghatározására. Az utóbbi évtizedekben több kormeghatározás is készült ezzel a módszerrel, melyek közül FRECHEN et al. (1997) több feltárásból készült eredményei jó egyezést mutatnak, míg a korábbiak esetenként egymással is ellentmondanak (HORVÁTH 2001). Szükség van tehát újabb és újabb mérésekre, hogy egyre több feltárási rétegsorát tudjunk összehasonlítani, és ezáltal potosabb képet alkothassunk a hazai löszstratigráfiáról. Ennek jegyében került sor az eddig még részletesen nem vizsgált, és a lumineszcencia módszer követelményeinek vélhetően megfelelő (fiatal) löszfeltárási – az albertirsai szelvény – kormeghatározására.

A lumineszcencia kormeghatározás

A lumineszcencia vizsgálatokkal meghatározott koradatok értelmezésénél szükség lesz a módszer alapjainak ismeretére, ezért tömör összefoglalást adok erről az eljárásról (A módszer részletesebb ismertetése megtalálható: NOVOTHNY & UJHÁZY 2000).

A lumineszcencia kormeghatározással az üledékek eltemetődésének időpontját tudjuk meghatározni, tehát a lumineszcencia kor az adott anyag leülepedésétől, illetve eltemetődésétől eltelt idő.

A lumineszcencia kormeghatározás fizikai alapjai

Az ionos vagy kovalens kristályos anyagok szerkezetében levő rácshibák lehetővé teszik az elektronok számára, hogy a vegyérték és a vezetési sáv között található „tiltott zónán” belül tartózkodhassanak, így energiaközlés hatására az elektronok kiszakadhatnak eredeti helyükről és elhagyhatják a vegyértéksávot. Nagy részük a fentebb leírt utat járja végig, kis százalékuk viszont a „tiltott zónán” belül csapdába kerülhet. A csapdába esett elektron tehát hosszabb-rövidebb időn keresztül tartózkodik a „tiltott sávban”, mégpedig addig, amíg megfelelő mennyiségű energia nem érkezik ahhoz, hogy onnan kiszabadulhasson. A csapdából kijutott elektron többlet energiáját fény formájában leadva rekombinálódik egy lyukkal. Ezt a folyamatot nevezik lumineszcenciának. A természetben, az elektronok kiszakításához szükséges ionizáló sugárzás a kőzetekben, illetve a talajban megtalálható radioaktív izotópok bomlásából származó sugárzás szolgáltatja. Ennek legmeghatározóbb komponensei az urán és a tórium lánc elemei, illetve a kálium és bomlástermékei. Ehhez járul még hozzá – bár kisebb mértékben – a kozmikus sugárzás értéke.

Egy-egy hirtelen, nagy energiaközléssel járó folyamat (pl: égetés, napfénynek való kitettség) kiszabadíthatja az összes csapdába került elektront, és ezzel „lenullázza” az adott anyag lumineszcenciás jeleit. Ezek a nagy energiaátadással járó események azok a jelentős időpontok, amiket a lumineszcenciás módszerrel meg lehet határozni (SINGHVI & KRBETSCHKEK 1996). Geológiai szempontból a napfénynek való kitettség játsza a fő szerepet, például egy hosszabb szél általi szállítódás során az anyag lumineszcens jelei teljesen „lenullázódnak”. Az eltemetődés után kezdődik előlről az egész folyamat, vagyis a lumineszcens jel lassú felhalmozódása. A kormeghatározási mérések által ekkor lehet a folyamatba beavatkozni. Mesterséges körülmények között energiát közölnek a rendszerekkel, aminek hatására, a lumineszcens centrumokban lezajló rekombinációk által keletkező fényt felfogják, és ennek mennyiségéből következtetnek az adott mintában felhalmozódott lumineszcens jelek mennyiségére. A lumineszcens kormeghatározásra alkalmas ásványok köre elég tág (például: kvarc, földpát, kalcit, cirkon), ezek közül azonban a szél által szállított üledékek (lösz, futóhomok) esetében a két legelterjedtebben alkalmazott ásvány a kvarc és a földpát.

A lumineszcencia típusai

Az energia közlésére többféle módszer is lehetséges, ennek megfelelően lehet elkülöníteni a lumineszcencia fajtáit. Ha az energiát hő formájában adják át a rendszernek, akkor termolumineszcenciás (TL) módszerről beszélnek, ha pedig meghatározott hullámhosszú fény formájában, akkor azt optikailag stimulált lumineszcenciának (OSL) nevezik. Ez utóbbinak a fény hullámhosszától függően több alfaja ismeretes, például: infravörös fényvel stimulált lumineszcencia esetében IRSL-nek (infrared stimulated luminescence) nevezik az eljárást. 1985-ben HUNTLEY volt az első, aki fix hullámhosszú fényvel volt képes lumineszcens jel produkálására készíteni egy mintát. Azóta rohamosan terjed a módszer világszerte, és átvette a vezető szerepet a termolumineszcenciától. (A legfőbb különbség a kettő között abból adódik, hogy az üledék szállítódása során, mikor a fény hatására megtörtént a lumineszcens jelük „lenullázódása”, ez csak a fényérzékeny jelekre értendő, így az OSL tekintetében valóban körülbelül a nulla szintről indul meg betemetődéskor a jelek felhalmozódása, a TL esetében viszont mindig lesz egy maradék szint, ami nagyobb bizonytalanságot okoz a paleodózis meghatározásában DULLER 1996)

A lumineszcens kor kiszámítása

A lumineszcens kor kiszámítása egy egyszerű képlet alapján történik:

$$\text{kor} = \frac{P}{aD_{\alpha} + D_{\beta} + D_{\gamma} + D_{\epsilon}}$$

P: paleodózis, vagy más néven az ekvivalens dózis (ED, vagy D_E)

D: a dózisteljesítmény, mely a sugárzás típusának megfelelően összetevőire bontható, így vannak: α , β , γ , illetve a kozmikus sugárzásból származó összetevők. Jelölésük sorrendben: D_{α} , D_{β} , D_{γ} , D_{ϵ}

a: az α -sugárzás korrekciós paramétere.

A fenti összefüggésből leolvasható, hogy a kor meghatározásához két összetevő ismeretére van szükség: a paleodózisra [SI-beli mértékegysége a grey (Gy)¹], és a radioaktív sugárzásokból számítható éves dózis értékére (SI-beli mértékegysége a Gy/év) (SINGHVI & KRBETSCHKEK 1996, AITKEN 1982). A vizsgálatok során megméri a minták által kibocsátott lumineszcens jel nagyságát (a paleodózist), illetve a mintából mérhető radioaktív sugárzás éves dózisteljesítményét, majd a két érték hányadosaként megállapítható a minta lumineszcens kora (WINTLE 1998, PRESCOTT & ROBERTSON 1997, DULLER 1996, BERGER. 1994, AITKEN 1982).

A paleodózis meghatározására kidolgozott módszerek közül, én az additív-, és a regenerációs módszert alkalmaztam (UJHÁZY & NOVOTHNY 2000).

A radiometrikus kormeghatározási módszerek közé tartozó lumineszcens eljárás jelenlegi ismereteink alapján magyarországi területeken csak a 100 000 évnél fiatalabb eolikus üledékek vizsgálatára alkalmas (FRECHEN et al. 1997).

Az albertirsai feltárás leírása

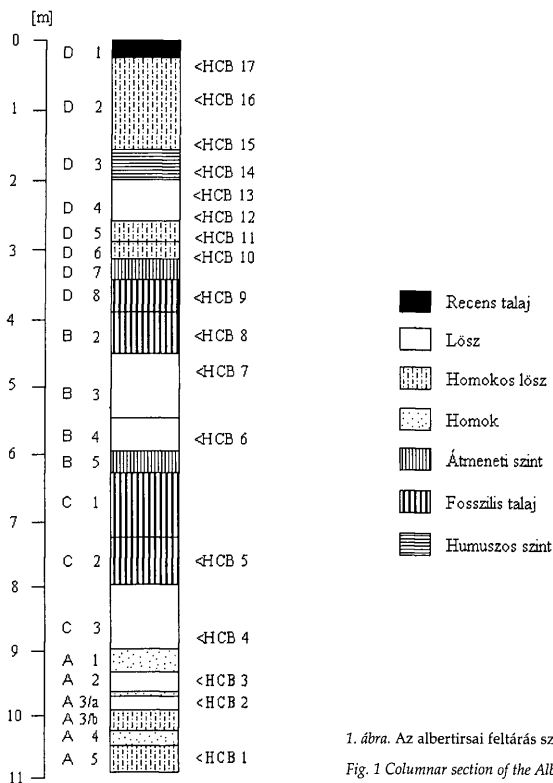
A feltárás a Gödöllői-dombság DK-i részén, Mendétől 23 km-re, a Golyófogó-völgy K-i oldalán található (BALLA 1959). A feltárás anyaga főleg lösz, amibe néhány vékony rétegben homok is települt. Két jól elkülönülő vastag talajréteg és egy humuszzint vonul végig a feltárás egészén. Az egyes rétegek koráról eddig még semmilyen információ nem állt rendelkezésre, de – a későbbiekben beigazolódott – az üledék jellegzetességeit figyelembe vevő – feltételezéseink szerint a feltárás anyaga elég fiatalnak tűnt ahhoz, hogy lumineszcens kormeghatározással vizsgálható legyen.

A feltárás (1. ábra) felső 4 métere a löszfal tetejétől a felső fosszilis talajszintig terjed. Ezen belül – a recens talaj figyelembevételével – 8 szintet lehet elkülöníteni. Ezt a – főleg homokos löszből álló – 4 méteres összletet egy humuszosabb szint osztja ketté. A lumineszcens kormeghatározás szempontjából, ezek a legfiatalabb üledékek szolgáltatják a legmegfelelőbb alapanyagot, ezért összesen 8 mintavételi pont található a feltárás legfelső részében.

A következő 3 méter a löszfal felső eltemetett talajrétegét és a két fosszilis talaj közötti löszköteget foglalja magába. Ezen belül 4 szint különíthető el: egy talaj-, illetve egy mészkumulációs szint, mely alatt egy löszös réteg után az alsó fosszilis talaj felé átmenetet képző zóna található. Kormeghatározásra – a legalsó szint kivételével – minden szintből történt mintavétel.

Ezen összlet alatt az alsó, közel 2 m vastag, krotovinákkal tagolt, eltemetett talajréteg, illetve az az alatt elhelyezkedő több mint másfél méteres löszköteg található. Lumineszcens mérésekre a fosszilis talaj alsó részéből és magából a löszből vett mintákon került sor.

A löszfal legalsó – az alsó fosszilis talaj alatti – , mindössze 2 m vastag része 7 jól elkülöníthető szintből épül fel. A löszrétegek között található 2 homokszint, valamint egy homokos löszsáv. Ebben a legalsó zónában – az üledékek típusából adódóan – mindössze három lumineszcens mintavételi pont lett kijelölve, mindhárom a löszös szintekből.



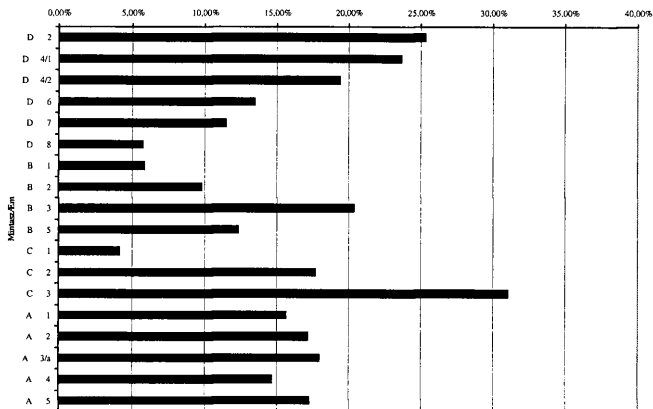
1. ábra. Az albertirsai feltárás szelvénye

Fig. 1 Columnar section of the Albertirsa profile

Kiegészítő vizsgálatok

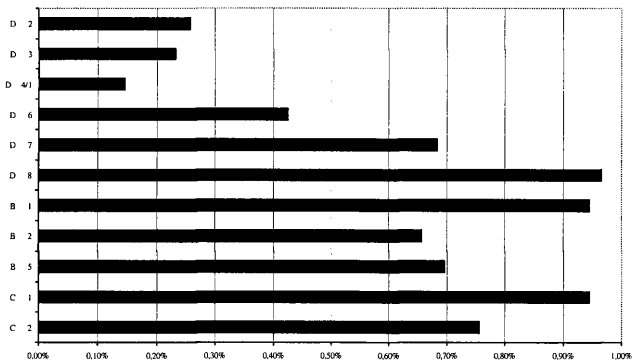
A minták karbonáttartalmát Scheibler-kalciméter segítségével határoztam meg (2. ábra).

A humusztartalom mérését csak a valamilyen mértékig talajosodott rétegekből végeztem el. Megvizsgáltam mindkét eltemetett talajszínt, a fölöttük lévő átmeneti rétegeket, illetve a humuszos szintet (3. ábra). A mérés a Tyurin-módszerrel történt.



2. ábra. A rétegek karbonáttartalma

Fig. 2 Carbonate content of the layers



3. ábra. A rétegek humusztartalma

Fig. 3 Humus content of the layers

A rétegek színét száraz és nedves állapotban a Munsell-skála segítségével határoztam meg (I. táblázat).

A lumineszcens kormeghatározás eredményei és ezek interpretációja

A szintek korának meghatározására termolumineszcens (TL) és infravörös fényvel stimulált lumineszcens (IRSL) vizsgálatok készültek, mindkettőn belül két eltérő módszert, az additív, illetve a regenerációs módszert is alkalmaztam. Így sok esetben négy, egymástól valamennyire független koradat is rendelkezésemre áll (II. táblázat és 4. ábra). Egy-egy mintán

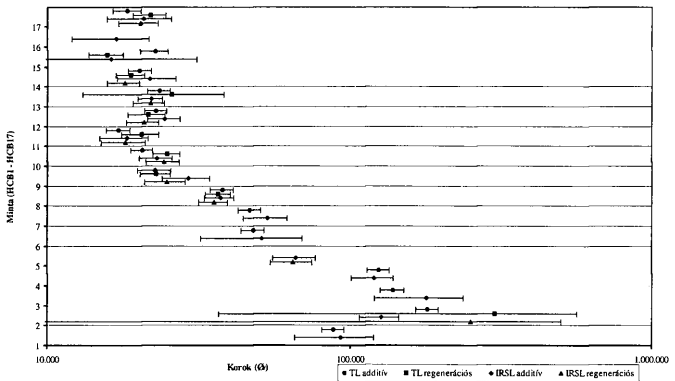
I. táblázat. A rétegek színe (Munsell-skálán)
Table I The colours of the layers (in Munsell-scale)

		Mintasám	Szín/szár	Szín/nedves
HCB D	2	HCB 17-15	2.5Y 7/2	2.5Y 5/4
	3	HCB 14	-----	-----
	4.1	HCB 13	2.5Y 6/2	2.5Y 4/4
	4.2	HCB 12	2.5Y 6/2	2.5Y 5/4
	5	HCB 11	-----	-----
	6	HCB 10	2.5Y 6/2	2.5Y 4/4
	7		10YR 6/3	10YR 4/4
	8		10YR 5/3	10YR 3/3
HCB B	1	HCB 9	2.5Y 5/2	2.5Y 3/2
	2	HCB 8	2.5Y 6/2	2.5Y 4/4
	3	HCB 7	2.5Y 7/2	2.5Y 4/4
	4	HCB 6	-----	-----
	5		10YR 6/3	10YR 3/4
HCB C	1		10YR 4/2	10YR 3/4
	2	HCB 5	10YR 5/2	10YR 3/4
	3	HCB 4	2.5Y 7/2	2.5Y 5/4
HCB A	1		10YR 5/4	2.5Y 4/4
	2	HCB 3	10YR 6/3	2.5Y 4/4
	3/a	HCB 2	10YR 6/3	2.5Y 4/4
	3/b		-----	-----
	4		10YR 6/3	2.5Y 4/4
	5	HCB 1	10YR 6/3	2.5Y 5/4

II. táblázat. A minták TL és IRSL korai
Table II TL and IRSL ages of the samples

Minta	TL/additív kor (év)	TL/regenerációs kor (év)	IRSL/additív kor (év)	IRSL/regenerációs kor (év)
HCB 17	18348 ± 1958	21797 ± 2718	20685 ± 4927	20160 ± 3034
HCB 16	-----	-----	16794 ± 4763	-----
HCB 15	22595 ± 2376	15679 ± 2039	16192 ± 14899	-----
HCB 14	20122 ± 1760	18806 ± 2027	21716 ± 4788	17941 ± 2192
HCB 13	23381 ± 2047	25629 ± 12599	21898 ± 1990	21752 ± 2614
HCB 12	22758 ± 1936	21451 ± 3032	24357 ± 3068	20742 ± 2542
HCB 11	17161 ± 1557	20441 ± 2878	18193 ± 3294	17994 ± 2985
HCB 10	20493 ± 1726	24859 ± 2536	22934 ± 2867	24183 ± 3051
HCB 9	22666 ± 2893	22781 ± 2605	29109 ± 5157	24710 ± 3823
HCB 8	37777 ± 3230	36640 ± 3558	37122 ± 4161	35432 ± 3865
HCB 7	46622 ± 3948	-----	52998 ± 8686	-----
HCB 6	47686 ± 4198	-----	50650 ± 18536	-----
HCB 5	-----	-----	65931 ± 10675	64631 ± 10208
HCB 4	124483 ± 10492	-----	120031 ± 18990	-----
HCB 3	138706 ± 12375	-----	178844 ± 58398	-----
HCB 2	180704 ± 15167	300723 ± 264000	126487 ± 18660	250508 ± 264646
HCB 1	88032 ± 7412	-----	92809 ± 27368	-----

belül nincs szisztematikus eltérés az additív és regenerációs illetve a TL és IRSL korok között, tehát több adat esetén számolhatunk ezek átlagával. (A TL és IRSL korok hasonlósága arról biztosít, hogy a minták a betemetődést megelőzően



4. ábra. A minták TL és IRSL korai

Fig. 4 TL and IRSL ages of the samples

elengedően hosszú ideig voltak kitéve a napfény hatásának, így a lumineszcens jelek lenullázódása megfelelő mértékű volt.)

A feltárás legfelső, 4 m vastag rétegsora

A szelvény felső fosszilis talaj feletti, 4 m vastag homokos lösz rétegsora a lumineszcens korokat tekintve (18–25 ka) egyöntetű, homogén összlet, így ezen időszak alatt magas poranyag felhalmozódási rátát feltételezhetünk. A lösz-összlet a késő-pleniglaciális idején a 2. oxigénizotóp stádium (2b, 2c, 2d) folyamán keletkezhetett. A szelvénynek ez a felső része tartalmazza a vékony, gyengén fejlett humuszos réteget is, mely lumineszcens kora alapján a más magyarországi feltárásokból már leírt h_2 humuszos szintnek felel meg.

A felső fosszilis talaj és a két paleotalaj közötti löszrétegek

A löszrétegsor következő 3 m vastag részlete foglalja magában a felső fosszilis talajt. A talaj felső részéből mért lumineszcens korok (23–29 ka) jóval fiatalabbak, mint a talaj alsó feléből származók (35–38 ka)². Ennek a jelentős különbségnek a legvalószínűbb magyarázata, hogy az első ránézésre homogénnek tűnő talaj két talajképződési fázis terméke. Felső része nagy hasonlóságot mutat más európai kulcsfeltárásokban leírt talajok korával [pl: Dolní Vestonice (25,8 ka) FRECHEN et al. 1999], alsó része pedig a Mendéről, illetve Basaharcról leírt „Mende Felső” 1 talaj (MF₁) korával (FRECHEN et al. 1997). Összességében a talaj a nyugat-európai sztratigráfiának megfelelő hengelo és/vagy denekamp interstadiálisok folyamán alakulhatott ki.

A talaj alatti 1,5 m vastag löszösszet már jóval idősebb (47–53 ka), de mind anyagában, mind lumineszcens korait tekintve nagyon homogénnek mondható. Ezalatt az időszak alatt (3. oxigénizotóp stádium) is valószínűleg folyamatos és nagyobb mértékű poranyag felhalmozódás zajlott.

Ha azonban a felső fosszilis talajt és az alatta fekvő löszszinteket egészében vizsgáljuk, akkor megállapítható, hogy ez a közel 3 m vastag részlet nagyobb időszakot ölel fel [30 000 év különbség van a 8. és az 5. minta kora között (36–65 ka)], mint a szelvény legfelső 4 métere. Ez egyben azt is jelenti, hogy valószínűleg nem lehet teljes és ép rétegsornak tekinteni ezt a részletet, számolni kell az eróziós folyamatok – vagy esetleg más tényezők – miatti réteghiánnyal.

Az alsó fosszilis talaj és az alatta fekvő rétegek

Az alsó fosszilis talaj közel 2 m vastag rétegének csak az alsó feléből történt lumineszcens kormeghatározás, ami azonban meglepő eredménnyel szolgált. A mérések alapján ez a réteg mindössze 65–66 ezer éves, tehát az egész fosszilis talaj elég fiatalnak modható, talán még a 3. oxigénizotóp stádium elején, vagy az 5. oxigénizotóp stádium végén mehetett végbe a talajosodási folyamat.

Az alsó fosszilis talaj szintén párhuzamba állítható más európai szelvényekben található talajokkal [pl: Dolní Vestonice PK II (FRECHEN et al. 1997)]. A talaj bioturbált jellegéből adódóan azonban nem lehet kizárni azt sem, hogy a mintavétel során egy krotovinát is érintettünk (bár a terepen a mintavétel során ezt nem tapasztaltuk), így ennek az anyaga szolgáltatta ezt az elég fiatal kort.

A szelvény legalsó – az alsó fosszilis talaj alatti – része a lumineszcens korok alapján több mint 100 000 éves, így az utolsó előtti glaciális fázis (6. oxigénizotóp stádium) folyamán keletkezett, míg az e fölötti rétegek lumineszcens korok alapján mind az utolsó interglaciális, illetve glaciális időszak alatt alakultak ki.

Konklúzió

Az albertirsai feltárás lumineszcens vizsgálatainak fényében elmondható, hogy a szelvény legfelső részét gyors üledékképződés jellemezte nagyobb mértékű üledékhány nélkül. A felső talaj és az alatta fekvő löszköteg az előbbihez képest, már nagyobb időszakot ölel fel, tehát vagy jelentősen lassúbb volt az üledékképződés, vagy nem teljes a rétegsor, így számolni kell erózió, vagy valamilyen más tényező miatti üledékhánnyal. Az alsó talaj lumineszcens kora szolgáltatta a legmeglepőbb eredményt, ugyanis nem az utolsó interglaciális időszak talaja, hanem annál jóval fiatalabb. Az alsó talaj és az alatta fekvő löszszint lumineszcens kora között kb. 50–60 000 év különbség van, tehát a szelvény legalsó része, még az utolsó előtti glaciális terméke. Az albertirsai feltárásban megjelenő nagy üledékhány nagy hasonlóságot mutat a FRECHEN et al. (1997) által más magyarországi feltárásokból leírt több mint 60 000 évet átfogó üledékhányokkal. Ebben az időszakban keletkezett az „Mende Felső” 2. (MF₂) talaj, azonban a többi feltárás esetén (Mende, Basaharc) nem lehet tudni, hogy pontosan melyik stádiumban. Az albertirsai alsó talajról a lumineszcens

vizsgálatok alapján azonban nagy valószínűséggel állítható, hogy az nem az utolsó inetr-glaciális folyamán képződött, tehát annak a terméke hiányzik a feltárásból.

A még most is fennálló bizonytalanságok abból adódnak, hogy – mint minden mérés – ez sem lehet teljes mértékben megbízható és hibátlan, ezért megfelelő körületekintésre van szükség az eredmények interpretációjánál. Az értékelés során felmerült bizonytalanságok tisztázására további vizsgálatok szükségesek. Talajtani, malakológiai vizsgálatok segíthetnek annak a kérdésnek az eldöntésében, hogy az említett talajok pontosabban mikor keletkeztek. A kérdéses részletek megválaszolásában további lumineszcens mérések is segítenének. Nagy jelentősége lenne továbbá, a környéken található más löszfeltárások részletes vizsgálatának, lumineszcens kormeghatározásának, ami alapján pontosabb következtetéseket lehetne levonni a terület pleisztocén felszínalakulásra vonatkozóan.

Lábjegyzetek:

¹ Gy az a sugárdózis, melyet 1 kg anyag elnyel, ha vele állandó intenzitású ionizáló sugárzás útján 1 J energiát közölnek.

² Fosszilis talajokból általában nem mérnek lumineszcens korokat, mert a talajok víztartalma magasabb, ezért a paleodózis értéke alacsonyabb lesz mint a löszökben, ami kismértékű korulbecslést eredményez. Azonban néhány kutató a fosszilis talajok alapos mikromorfológiai vizsgálatával kiegészítve lehetségesnek tartja a talajok kormeghatározását is.

Irodalom – References

- AITKEN M. J. 1982: Fizika és régészet. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 256 p.
- BALLA Gy. 1959: A Monor-ceglédberceli löszöshát geomorfológiája. – *Földrajzi Értesítő* 8, 27–50.
- BERGER, G. W. 1994: Progress in luminescence dating methods for Quaternary sediments. – In: RUTTER, N. W. & CATO, N. R. (Eds): *Dating methods for Quaternary deposits*. 81–101.
- DULLER, G. A. T. 1996: Recent developments in luminescence dating of Quaternary sediments – *Progress in Physical Geography* 20/2, 27–145.
- FRECHEN, M., HORVÁTH, E. & GÁBRIS, Gy. 1997: Geochronology of middle and upper pleistocene loess sections in Hungary. – *Quaternary Research* 48, 291–312.
- FRECHEN, M., ZANDER, A., ČÍLEK, V. & LOZEK, V. 1999: Loess chronology of the last interglacial/glacial cycle in Bohemia and Moravia, Czech Republic. – *Quaternary Science Reviews* 18/13, 1467–1493.
- HORVÁTH, E. 2001: Marker horizons in the loesses of the Carpathian Basin – *Quaternary International* 76/77, 157–163.
- NOVOTHNY Á. & UJHÁZY K. 2000: A termo- és optikai lumineszcens kormeghatározás elméleti alapjai és gyakorlati kérdései a negyedidőszaki kutatásokban. – *Földrajzi Értesítő* 49, 165–187.
- PRESCOTT, J. R. & ROBERTSON, G. B. 1997: Sediment dating by luminescence: a review. – *Radiation Measurements* 27, 893–992.
- SINGHVI, A. K. & KRIBETSCHKE, M. R. 1996: Luminescence dating: a review and a perspective for arid zone sediments. – *Annals of Arid zone* 35/3, 249–279.
- WINTLE, A. G. 1998: Luminescence dating: Laboratory procedures and protocols. – *Radiation Measurements* 27/5–6, 769–817.