



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Természettudományok Doktori Iskola**

**JAMNAJA KURGÁNOK GEOKÉMIAI,
RÉGÉSZETI TALAJTANI ÉS STATISZTIKAI
MÓDSZEREKEN ALAPULÓ KÖRNYEZETTÖRTÉNETI
ELEMZÉSE**

BRAUN ÁDÁM

Gödöllő

2026

**JAMNAJA KURGÁNOK GEOKÉMIAI,
RÉGÉSZETI TALAJTANI ÉS STATISZTIKAI
MÓDSZEREKEN ALAPULÓ KÖRNYEZETTÖRTÉNETI
ELEMZÉSE**

**Environmental historical analysis of Yamnaya kurgans based on
geochemical, geoarchaeological and statistical methods**

Készítette:

Braun Ádám

MATE Természettudományi Doktori Iskola

Doktori Iskola vezetője:

Csákiné Prof. Dr. Michéli Erika, MTA r. tagja
intézetigazgató, egyetemi tanár

MATE, Környezettudományi Intézet, Talajtani Tanszék

Témavezető:

Dr. Pető Ákos

tanszékvezető, egyetemi docens

MATE, Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet,
Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Tanszék

.....
Csákiné Prof. Dr. Michéli Erika
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
Dr. Pető Ákos
A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	1
2. IRODALMI ÖSSZEFOGLALÁS.....	3
2.2. KUNHALMOK HAZAI ELTERJEDÉSE ÉS HELYZETE	7
2.7. AZ YMPACT PROJEKT RÖVID BEMUTATÁSA	19
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	23
3.1. VIZSGÁLATI TERÜLETEK BEMUTATÁSA: HAJDÚNÁNÁS-ZAGOLYA.....	24
3.1.1. <i>Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán természetföldrajzi környezete</i>	24
3.1.2. <i>Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán lelőhely rövid bemutatása</i>	27
3.2. VIZSGÁLATI TERÜLETEK BEMUTATÁSA – MOVILA CRĂCIUNEASCA	29
3.2.1. <i>Movila Crăciuneasca kurgán természetföldrajzi környezete</i>	29
3.2.2. <i>Boldesti-Gradistea kurgán régészeti lelőhely rövid bemutatása</i>	32
3.3. TEREPI MINTAVÉTEL MÓDSZERTANA.....	34
3.4. HELYSZÍNI TALAJVIZSGÁLAT MÓDSZERTANA	37
3.5. A VIZSGÁLT MINTÁK LETÁRA.....	39
3.7. TALAJTANI LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK MÓDSZERTANA	40
3.8. GEOKÉMIAI (LABORATÓRIUMI) VIZSGÁLATOK MÓDSZERTANA.....	41
3.8.1. <i>A geokémiai vizsgálatok folyamatának bemutatása</i>	41
3.8.2. <i>Induktív csatolású plazma tömegspektrometria (ICP-MS)</i>	43
3.8.5. <i>Mikrohullámú plazma atomemissziós spektrometria (MP-AES)</i>	45
3.9. AZ ADATFELDOLGOZÁS ÉS ADATVIZUALIZÁCIÓ MÓDSZERTANA.....	46
3.9.1. <i>Adatok statisztikai feldolgozása</i>	46
3.9.2. <i>Adatvizualizáció</i>	47
4. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK	48
4.1. HAJDÚNÁNÁS-ZAGOLYA ETA-01 KURGÁN VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYEI.....	48
4.1.1. <i>A helyszíni talajvizsgálat eredményei</i>	48
4.1.2. <i>A laboratóriumi talajvizsgálat eredményei</i>	53
4.1.3. <i>A paleotalaj és a ZHI háttérszervény talajosztályozása</i>	57
4.1.4. <i>A geokémiai laboratóriumi vizsgálatok eredményei</i>	58
4.2. MOVILA CRĂCIUNEASCA KURGÁN EREDMÉNYEI.....	65
4.2.1. <i>A helyszíni talajvizsgálat eredményei</i>	65
4.2.2. <i>A laboratóriumi talajvizsgálat eredményei</i>	68
4.2.3. <i>A paleotalaj és a BGH háttérszervény talajosztályozása</i>	71
4.2.2. <i>A geokémiai laboratóriumi vizsgálatok eredményei</i>	72
4.3. EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA	79
4.3.1. <i>Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán értékelése</i>	79
4.3.2. <i>Movila Crăciuneasca kurgán értékelése</i>	85
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	90
6. ÖSSZEFOGLALÁS.....	96
7. SUMMARY	98
8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	100
9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	102
10. HIVATKOZOTT IRODALMAK.....	103

11. MELLÉKLETEK.....	113
11.1. HAJDÚNÁNÁS-ZAGOLYA ZH1 HÁTTÉRSZELVÉNY TEREPI TALAJTANI JEGYZŐKÖNYVE	113
11.2. HAJDÚNÁNÁS-ZAGOLYA ETA-01 KURGÁN TEREPI TALAJTANI JEGYZŐKÖNYVE.....	115
11.3 HAJDÚNÁNÁS-ZAGOLYA ZH1 HÁTTÉRSZELVÉNY GEOKÉMIAI ÉRTÉKEI.....	117
11.4. HAJDÚNÁNÁS-ZAGOLYA ETA-01 KURGÁN GEOKÉMIAI ÉRTÉKEI	120
11.5. A MOVILA CRĂCIUNEASCA KURGÁN MELLETTI BGH JELŰ HÁTTÉR FÚRÁS TALAJTANI JEGYZŐKÖNYVE	125
11.6. A MOVILA CRĂCIUNEASCA KURGÁN BGE JELŰ PROFILJÁNAK TEREPI TALAJTANI JEGYZŐKÖNYVE.....	126
11.7. A MOVILA CRĂCIUNEASCA KURGÁN MELLETTI HÁTTÉR FÚRÁS (BGH) GEOKÉMIAI EREDMÉNYEI	128
11.8. A MOVILA CRĂCIUNEASCA KURGÁN (BGE) GEOKÉMIAI EREDMÉNYEI	129
11.9. A HAJDÚNÁNÁS-ZAGOLYA ETA-01 KUNHALOM GEOKÉMIAI EREDMÉNYEINEK NORMALITÁS VIZSGÁLATA	136
11.10. A BOLDESTI-GRADISTEA KURGÁN GEOKÉMIAI EREDMÉNYEINEK NORMALITÁS VIZSGÁLATA.....	137
11.11. HELYSZÍNI MEGFIGYELÉSEK JEGYZŐKÖNYVÉNEK KÓDRENDSZERE.....	138

ÁBRAJEGYZÉK

2.1. ábra: A Hencida melletti Mondró-halom légifelvétel (Hajdú-Bihar vármegye) (forrás: Pető Á.).	4
2.2. ábra: Malomirovo (Bulgária) melletti Pamut-domb kurgán feltárása után napvilágra került centrális temetkezés és annak kököre (forrás: Pető Á.).	5
2.3. ábra: A Hajdúnánás (Hajdú-Bihar vármegye) melletti Luykas-halom jellegzetes kurgán formája rajta invazív növényzettel (forrás: Pető Á.).	6
2.4. ábra: A Zelemér (Hajdú-Bihar vármegye) melletti kunhalmon egy Árpád-kori templom romjai találhatóak (forrás: Pető Á.).	7
2.5. ábra: A 2000-es évek elején végzett országos kunhalom felmérés eredménytérképe (Tóth és Tóth 2011).	9
2.6. ábra: Magyarország nyilvántartott kunhalmai 2025-ben.	10
2.7. ábra A nyilvántartott kunhalmok sugarának hisztogramja	11
3.1. ábra: Az YMPACT projekt keretében vizsgált két kurgán elhelyezkedése Magyarországon, illetve Románián belül.	23
3.2. ábra: Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán tájféldrajzi helyzete a Hortobágy és Hajdúhát kistájak határzónájában.	25
3.3. ábra: Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán közvetlen környezetének topográfia viszonyai és a ZH1 munkakódon felvett háttérszelvény helyzete.	26
3.4. ábra: Zagolya-puszta általános környezeti képe és a ZH1 munkakódon felvett talajszelvény habitus képe.	26
3.5. ábra: Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán feltárásának légifevétele (forrás: Déri Múzeum, Debrecen, Dani János).	27
3.6. ábra: Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán bolygatott központi temetkezése (forrás: Déri Múzeum, Debrecen, Dani János).	28
3.7. ábra: A Movila Crăciuneasca kurgán elhelyezkedése a Román alföld területén (Braun et al.2024 nyomán)	30
3.8. ábra: Movila Crăciuneasca kurgán helyzete Boldești-Grădiștea település mellett, valamint a BGH háttérszelvény pozíciója.	31
3.9. ábra: Movila Crăciuneasca általános környezeti képe és a BGH munkakódon felvett talajszelvény habitus képe.	31
3.10. ábra: Movila Crăciuneasca kurgán lelőhely feltárásának életképei és a kurgánban talált fontosabb temetkezések (a temetkezések kódszáma a képek jobb alsó sarkában láthatóak) (Braun et al. 2024 nyomán)	33
3.11. ábra: Kurgánok sematikus feltárása, szürke: halom feltárt kvadránsai, barna: metszet falak.	34
3.12. ábra: Egy bulgáriai kurgánásatás (Mogila - BG) egyik kibontott kvadránsa és metszetaljai.	34
3.13. ábra: Movila Crăciuneasca kurgán ún. központi metszetalja kipreparált állapotban a mintavétel megkezdése előtt.	35
3.14. ábra: Talajminták kémiai feldolgozásának sematikus rajza.	41
3.15. ábra: Különböző elemek ionizáltsági foka az ionizációs energia függvényében (forrás: Agilent Technologies, 2023)	43
3.16. ábra: Kvadrupolok működése (forrás: Vanhaecke, 2012)	44
3.17. ábra: Az adatok statisztikai feldolgozásának sematikus vázlata.	46
4.1. ábra: Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán feltárása során kipreparált központi metszetal habitus képe, relatív mélységadatai és a meghatározott talajszintek, illetve üledékrétegek kódolása (Pető et al. 2022 nyomán).	51
4.2. ábra: A Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán központi metszetalán gyűjtött talajminták általános paramétereinek vertikális lefutási görbéi.	56
4.3. ábra: Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán ZH1-es háttérszelvényénél azonosított átlagos elemkoncentráció értékek. A hibasávok a szintek belüli 1 σ határokat jelölik.	58
4.4. ábra: A ZH1-es háttérszelvény kalcium görbéjének vertikális lefutása.	59
4.5. ábra: Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán vizsgált profilján azonosított talajszintek és rétegek átlagos elemkoncentrációi. A hibasávok a szintek/rétegeken belüli 1 σ határokat jelölik.	61
4.6. ábra: A hierarchikus klaszterelemzés eredménye (dendrogram) (balra). Piros szaggatott vonal jelöli a döntésvonalat, melynél kialakításra kerültek a csoportok. A kialakult klaszterek elhelyezkedése a profil mentén (középen), valamint a központi metszetal habitus képe (jobbra).	64
4.7. ábra: A Movila Crăciuneasca kurgán központi metszetalán (BGE) gyűjtött talajminták általános paramétereinek vertikális lefutási görbéi.	71
4.8. ábra: A Boldești-Grădiștea-kurgán rétegsorában azonosított talaj- és üledékhorizontok átlagos elemkoncentrációja (a hibasávok 1 σ távolságot jelölnek, és a szórást jelentik).	73
4.9. ábra: A Boldești-Grădiștea-i háttér szelvény átlagos elemkoncentrációi.	74

4.10. ábra: A hierarchikus klaszterelemzés dendrogramja, A piros szaggatott vonal jelzi a csoportbasorolási döntés vonalát.....	76
4.11. ábra: Kialakult klaszterek profilmenti elhelyezkedése.....	78
4.12. ábra: Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 halom diszkriminancia analízisének eredménye. Négyzögek: csoport középpontok, Körök: minták. Nyilak csoporton belül összevont korrelációs viszonyok.....	81
4.13. ábra: Átlagos cink és réz koncentrációk a kialakult klasztereken belül, hibasávok 1σ sávot jelölnek (Braun et al. 2022).	81
4.14. ábra: Átlagos kalcium és nikkell koncentrációk a kialakult klasztereken belül, hibasávok 1σ sávot jelölnek (Braun et al. 2022).	83
4.15. ábra: A ZH1-es háttérszelvény és az ETA-01 kurgán A és C (Cp) szintj ritkaföldfém koncentrációjának összehasonlítása.	84
4.16. ábra: A klaszterek szétválása diszkriminancia értékeik alapján.	85
4.17. ábra: A sírok vertikális elhelyezkedésének szemléltető értelmezése a boldești–grădișteea-i kurgán azonosított talajtani rétegzettségének tükrében.	88

TÁBLÁZATJEGYZÉK

3.1. táblázat: Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán lelőhelyen és annak környezetében gyűjtött minták leltára..	39
3.2. táblázat: Movila Crăciuneasca kurgán lelőhelyen és annak környezetében gyűjtött minták leltára.....	39
3.3. táblázat: Vizsgált elemek és azok hullámhosszai, illetve m/z értékei.....	43
4.1. táblázat: A ZH1-es háttérszelvény helyszíni talajvizsgálatának kivonatolt eredményei.	49
4.2. táblázat: Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán központi metszetalán végzett helyszíni talajvizsgálat kivonatolt eredményei.....	52
4.3. táblázat: Hajdúnánás-Zagolya ZH1-es háttérszelvény metszetaláról gyűjtött minták laboratóriumi talajvizsgálati eredményei.....	53
4.4. táblázat: Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán központi metszetaláról gyűjtött minták laboratóriumi talajvizsgálati eredményei.....	54
4.5. táblázat: A Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán központi metszetalán gyűjtött talajminták leíró statisztikája	55
4.6. táblázat: KMO és Bartlett tesztje a PCA hasznosságának vizsgálatához	61
4.7. táblázat: Főkomponensek által magyarázott variancia.....	62
4.8. táblázat: Az egyes elemek főkomponens-súlyai.....	62
4.9. táblázat: Diszkriminancia függvények által magyarázott információ.	63
4.10. táblázat: Diszkriminancia analízis besorolásának eredménye.....	63
4.11. táblázat: A BGH háttérszelvény helyszíni talajvizsgálatának kivonatolt eredményei.	65
4.12. táblázat: Movila Crăciuneasca kurgán központi metszetalán (BGE) végzett helyszíni talajvizsgálat kivonatolt eredményei.....	67
4.13. táblázat: A BGH háttérszelvény metszetaláról gyűjtött minták laboratóriumi talajvizsgálati eredményei.	68
4.14. táblázat: Movila Crăciuneasca kurgán központi metszetaláról (BGE) gyűjtött minták laboratóriumi talajvizsgálati eredményei.....	68
4.15. táblázat: A Movila Crăciuneasca kurgán központi metszetalán (BGE) gyűjtött talajminták leíró statisztikája	69
4.16. táblázat: KMO és Bartlett tesztje a PCA hasznosságának vizsgálatához	74
4.17. táblázat: Főkomponensek által magyarázott variancia.....	75
4.18. táblázat: Az egyes elemek főkomponens-súlyai.....	75
4.19. táblázat: Diszkriminancia függvények által magyarázott információ.	77
4.20. táblázat: Diszkriminancia analízis besorolásának eredménye.....	77

1. Bevezetés és célkitűzés

A síkvidéki tájak felszínformái közül a mesterséges eredetű halmok, különösen a kurgánok, illetve a hazai szakirodalomban kunhalomként említett képződmények kiemelt jelentőséggel bírnak mind a régészeti, mind a környezettudományi kutatás számára. Ezek a több ezer éves, ember által létrehozott felszíni formák nem csupán temetkezési vagy térhasználati emlékek, hanem olyan komplex geoarchívumok, amelyek képesek megőrizni az építésük idején fennálló környezeti viszonyok lenyomatát. A halomtestek alatt gyakran konzerválódott paleotalajok, valamint a halmok anyagát alkotó, különböző eredetű üledékek és talajrétegek együttesen alkalmasak arra, hogy a múlt talajtani viszonyai, talajfejlődési irányai, valamint felszínfejlődési (geomorfológiai) és geokémiai folyamatok rekonstruálhatók legyenek.

A kurgánok kutatása hosszú időn keresztül elsősorban régészeti megközelítésben zajlott, a hangsúly a temetkezések kronológiai, kulturális és rítustörténeti értelmezésén volt. Az elmúlt évtizedekben azonban egyre inkább előtérbe került az a felismerés, hogy a halmok nem választhatók el élesen a természeti környezetüktől, és kialakulásuk, valamint későbbi átalakulásuk során a természetes és antropogén folyamatok szoros kölcsönhatásban működtek. Ennek megfelelően a kunhalmok vizsgálata mára interdiszciplináris kutatási területté vált, amelyben a talajtan, a geokémia, a geomorfológia és az öskörnyezettan módszerei egyaránt meghatározó szerepet töltenek be.

Különösen nagy jelentőséggel bírnak azok a paleotalajok, amelyek a halmok építésével egy időben kerültek elfedésre, és fejlődésük megszakadt. Ezek az eltemetett talajszelvények olyan időmetszetet képviselnek, amely lehetőséget ad a múltbeli klíma-, vegetáció- és talajfejlődési viszonyok vizsgálatára, miközben a felettük elhelyezkedő halomtest anyaga információt szolgáltat az építési technikákról, az anyagnyerés módjáról, valamint az emberi környezetátalakítás mértékéről. A recens felszíni talajok és a halomtestbe beépült kultúrrétegek további adalékot nyújtanak a későbbi talajfejlődési folyamatok, az anyagvándorlás és az antropogén hatások értelmezéséhez.

A talajtani és geokémiai vizsgálatok különösen alkalmasak arra, hogy a halomtest és az alatta eltemetett talaj közötti kapcsolatokat részletesen feltárják. Az egyes elemek vertikális eloszlása, a makro- és mikroelemek koncentrációinak változása, valamint a só-, karbonát- és humusztartalom mélység szerinti lefutása mind olyan információkat hordoznak, amelyek segítségével elkülöníthetők a természetes talajfejlődési és talajképződési folyamatok és az

emberi beavatkozásból eredő hatások. A korszerű laboratóriumi analitikai módszerek, különösen az induktív csatolású plazma tömegspektrometria (ICP-MS) és a mikrohullámú plazma atomemissziós spektrometria (MP-AES), lehetővé teszik a fő- és nyomelemek nagy pontosságú, alacsony kimutatási határú meghatározását. Az így nyert nagyszámú mérési adat értelmezését sokváltozós statisztikai eljárások segítik, amelyek alkalmasak az összetett geokémiai mintázatok és kapcsolatok feltárására.

A dolgozat központi kérdése annak vizsgálata, hogy a kunhalmok miként értelmezhetők komplex talajtani–geokémiai rendszerekként, és milyen mértékben alkalmasak a környezeti viszonyok, valamint az emberi tevékenység által kiváltott változások rekonstruálására. Külön figyelmet kap annak feltárása, hogy a halomépités során felhasznált anyag mennyiben tükrözi a környező térszinek talajtani adottságait, illetve hogy az eltemetett paleotalajok milyen mértékben őrizték meg eredeti tulajdonságaikat a fedőrétegek alatt. A vizsgálatok célja továbbá annak meghatározása, hogy a halomtestben és az eltemetett talajban megfigyelhető geokémiai különbségek milyen folyamatok eredményeként alakultak ki.

A Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán és a Movila Crăciuneasca lelőhely példái jól szemléltetik, hogy a halmok eltérő környezeti feltételek között is hasonló alapelvek mentén értelmezhetők, ugyanakkor a lokális talajtani, hidrológiai és üledéktani viszonyok jelentős hatással lehetnek a talajfejlődés és az anyagmozgás irányára és intenzitására.

A dolgozat célkitűzései közé tartozik a halomtestek és az eltemetett talajszelvények részletes talajtani és geokémiai jellemzése, a kurgánok rétegtani viszonyainak (sztratigráfiája) pontos leírása, valamint az egyes rétegek és szintek közötti kapcsolatok feltárása. Ezzel párhuzamosan a kutatás törekszik arra, hogy a statisztikai módszerek alkalmazásával objektív módon különítse el a természetes és antropogén eredetű folyamatokat, és hozzájáruljon a kunhalmok, mint komplex őskörnyezeti archívumok értelmezéséhez.

2. Irodalmi összefoglalás

2.1. A kunhalom fogalom értelmezése

A „kunhalom” kifejezés kialakulása nem tekinthető organikus nyelvi fejlődés eredményének, mivel tudatos nyelvújító tevékenység során jött létre. A szó megalkotása Horváth István (1784–1846) nyelvész és történész nevéhez kapcsolódik, aki abból az előfeltevésből indult ki, hogy a Kárpát-medence síkvidéki területein található, ember által emelt halomszerű felszínformák létrehozása a betelepülő kun népességhez köthető.

Ezt a feltevést Jerney János (1800–1855) őstörténész, nyelvész és utazó több esetben is kritizálta. Érvelése szerint a „*kunhalom*” elnevezés nem rendelkezik népi nyelvhasználati alapokkal. Ezt azzal támasztotta alá, hogy „... *hazai halmainknak kunhalom nevezete a magyar nép ajkán nem él*”. Jerney ugyanakkor nem vont kétségbe a kifejezés elterjedtségét, hanem azt hangsúlyozta, hogy az elsősorban a 19. századi nyelvújítás terméke. Az ezt követő időszakban több szerző is megkérdőjelezte a kifejezés helyességét, azonban a mai napig nem született olyan egységes megnevezés, amely a szakirodalomban általánosan elfogadottá vált volna (Tóth 1999).

A kunhalmok fogalmának egyik leginkább időtálló és ma is alkalmazott meghatározását Györffy István adta meg. Györffy szerint ezek olyan, jellemzően 5–10 méter relatív magasságú, kis alapterületű felszíni kiemelkedések, amelyek távolról lapos, kúp- vagy félgömböszerű formát mutatnak (2.1. ábra). Elhelyezkedésük rendszerint vízfolyások vagy egykori vizes élőhelyek közelében figyelhető meg, ugyanakkor mindig ármentes térszínhez kötődnek. Funkcionális szempontból nagy arányban temetkezési helyekként, sírdombokként, illetve ör- vagy határjelölő halmokként szolgáltak. Györffy definíciója egyértelműen kizárja a természetes eredetű felszínformákat (például a porongokat és laponyagokat) a kunhalmok kategóriájából (Tóth 1999).

Az ősrégészek és antropológusok 1876-os budapesti nemzetközi kongresszusán Rómer Flóris hívta fel a figyelmet a halmok régészeti kutatásának szükségességére. Nevéhez fűződik a halmokról készült első átfogó tanulmány, amelyből egyértelműen kiderül a halmok mesterséges származása, mindemellett megyei bontásban közli az akkor ismert sírhalmokat is (Tóth 2006).

Ezzel ellentétes álláspontot képviselt Zoltai (1938), aki valamennyi halomszerű felszíni képződményt mesterséges eredetűnek tekintette. Tóth (1999) szintén hangsúlyozta az antropogén eredetet, ugyanakkor pontosította a fogalmi kereteket: meghatározása szerint a kunhalmok olyan mesterségesen létrehozott felszíni magaslatok, amelyek markánsan

kiemelkednek környezetükből, és függetlenek keletkezési koruktól, funkciójuktól vagy földrajzi helyzetüktől, miközben a táj jellegzetes halomformáit képviselik.

A Kárpát-medence kedvező természeti adottságait az itt élő közösségek már korán felismerték, amit az egymást követő korszakok során megjelenő, hosszú távú megtelepedések is egyértelműen jeleznek. A régészeti kutatások világossá tették, hogy a kunhalmok döntő többsége a rézkor és a kora bronzkor időszakában létesült, hozzávetőlegesen i. e. 2300 és 750 között. A tell-telepek, vagyis a lakódombok kialakulása ezzel szemben korábbra, az i. e. 3800–2800 közé tehető időszakra datálható. Lényeges hangsúlyozni, hogy funkcionális és kronológiai különbségeik ellenére a szakirodalom egységes terminológiai keretben, kunhalomként értelmezi a tell-telepeket, a kurgánokat (sírhalomokat), az őr- és határhalomokat, valamint az úgynevezett laponyagokat.



2.1. ábra: A Hencida melletti Mondró-halom légifelvételen (Hajdú-Bihar vármegye) (forrás: Pető Á.).

A magyar régészeti szakirodalomban a halmokat hagyományosan két alapvető kategóriába sorolják: a lakódombokba (tellek), illetve az egykori temetkezési helyekhez köthető kunhalmokba, más néven kurgánokba. Tóth (2002) e leegyszerűsített felosztással szemben egy komplexebb rendszert dolgozott ki, amely több morfológiai, funkcionális és keletkezéstörténeti szempontot egyaránt figyelembe vesz, és a kunhalom fogalma alá sorolható mesterséges felszínformákat négy fő csoportba rendezi.

Az első csoportba a lakódombok, illetve tellek tartoznak. Ezekre a képződményekre jellemző a szabálytalan, gyakran elnyújtott kör vagy ovális alaprajz, a nagy kiterjedés és a

viszonylag jelentős magasság. Az ilyen halmokat rendszerint ármentes, de vízhez közeli térszíneken hozták létre, ahol a korabeli közösségek lakóépületeiket és kezdetleges településeiket alakították ki. A halomtest folyamatos növekedését a háztartási hulladék, az elpusztult építmények maradványai, valamint a patiosos omladékanyag biztosította, ennek következtében a kultúrrétegek vastagsága sok esetben több métert is elér. Kialakulásuk időben az i. e. 4000–3500, valamint az i. e. 2600–1500 közötti periódusokra tehető.

A második csoportot a sírdombok alkotják, amelyek elsődleges rendeltetése a temetkezés volt (2.2. és 2.3. ábra). A sírdombbal gyakran szinonimaként használt kurgán elnevezés török nyelvi eredetű. Az ilyen típusú mesterséges temetkezési helyek különösen nagy számban fordulnak elő a kelet-európai síkságon, illetve az orosz-ukrán sztyeppe területén, ahol legismertebb példák a szkíta eredetű halmok. A Kárpát-medencében található kurgánok döntő többsége késő rézkori/kora bronzkori keletkezésű, ugyanakkor számos esetben szarmata, germán, honfoglalás kori, valamint Árpád-kori temetkezések és templommaradványok nyomai is megjelennek bennük, illetve rajtuk.



2.2. ábra: Malomirovo (Bulgária) melletti Pamut-domb kurgán feltárása után napvilágra került centrális temetkezés és annak kőköre (forrás: Pető Á.).



2.3. ábra: A Hajdúnánás (Hajdú-Bihar vármegye) melletti Luykas-halom jellegzetes kurgán formája rajta invazív növényzettel (forrás: Pető Á.).

A harmadik kategóriába az űr- vagy strázsahalmok sorolhatók. Ezek a formációk általában alacsonyabbak, mint a temetkezési vagy lakódombok, és funkcionális szerepük is eltérő. Gyakran láncszerű elrendezésben helyezkednek el, ami arra utal, hogy a veszélyjelzések, hírek és információk továbbítását szolgálhatták hang-, tűz- vagy füstjelek segítségével (Joó 2004). Előfordulásuk leginkább az Alföld területére, valamint a kelet-dunántúli régiókra jellemző.

A negyedik csoportot a határhalmok alkotják, amelyek létrehozásának elsődleges célja a területi határok kijelölése volt. Ezeket a halmokat megyék, járások és települések határvonalain emelték, gyakran fontos közlekedési útvonalak mentén, és nem ritkán csárdák is létesültek közvetlen környezetükben. Sajátosságuk, hogy több esetben egyszerre több település közös határát is jelezték.

Itt kell megemlíteni, hogy amíg a lakódomb és temetkezési halom elsődleges funkciónak tekinthető, addig a másik kettő már másodlagos funkció, azaz nem azért épültek ezek a halmok, hogy űr-, strázsá vagy határhalmok legyenek, hanem ha már jelen voltak a tájban, akkor ezeket a funkciókat is betölthették.

A kunhalmok jelentősége túlmutat régészeti értékükön: kulturális örökségi szerepük mellett tájképi, régészeti, botanikai, zoológiai, valamint talajtani és ökoszisztémaitani információk hordozói is (Joó 2004) (vö. 2.1. ábrán bemutatott Mondró-halom és 2.4. ábra).



2.4. ábra: A Zelemér (Hajdú-Bihar vármegye) melletti kunhalmon egy Árpád-kori templom romjai találhatóak (forrás: Pető Á.).

2.2. Kunhalmok hazai elterjedése és helyzete

A kunhalmok számának becslése a kutatás története során jelentős módosuláson ment keresztül. Kozma Béla 1910-ben még mintegy 1200 ilyen objektummal számolt a Kárpát-medencében, ám a későbbi, egyre részletesebb felmérések – köztük katonai térképek, levéltári források és kéziratos térképi adatok feldolgozása – alapján hamar nyilvánvalóvá vált, hogy az Alföld területén egykor akár megközelítőleg 40 000 halom is létezhetett (Kozma 1910). Dénes Virág 1979-ben a Tiszántúlon 3724 halmot regisztrált, míg Tóth Albert 1998-ban – az akkor még folyamatban lévő állapotfelmérésekből kiindulva – 2000–3000 közé tette számukat. A 2002-ben lezárult, azonban csupán Magyarország 14 megyéjére kiterjedő felmérés eredményeként már mindössze 1692 halmot tartottak nyilván (2.5 ábra). Mindezek alapján egyértelmű, hogy a kunhalmok száma drasztikusan lecsökkent az egykori, több tízezres nagyságrendhez képest. E folyamat elsősorban a 20. századhoz köthető, amikor a nagyüzemi mezőgazdaság térnyerése, valamint a közlekedési és infrastrukturális fejlesztések következtében számos halom megsemmisült vagy jelentősen megrongálódott (Tóth és Tóth 2003).

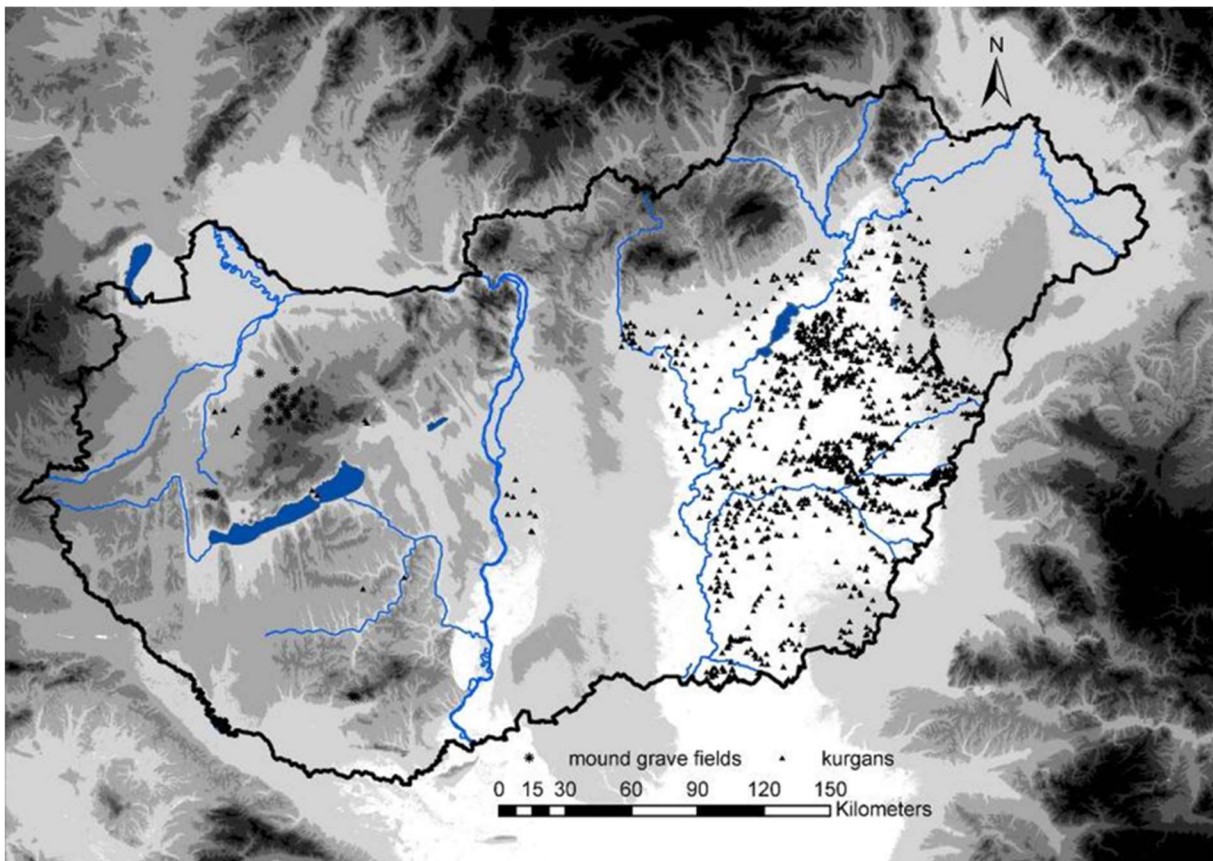
A halmok térbeli elrendeződésének értelmezésére több elmélet is született. A kutatások túlnyomó része azt hangsúlyozza, hogy a halmok helyének kiválasztásakor elsődleges szempontot jelentett a víz közelsége. Az ivóvíz biztosítása, a halászat, mint élelemforrás, valamint a vízi közlekedés és kereskedelem lehetőségei mind olyan tényezők voltak, amelyek alapvetően befolyásolhatták a települési döntéseket. A jelenlegi domborzati és vízrajzi viszonyok – különösen az intenzív mezőgazdasági művelés alá vont területeken – már nem tükrözik hűen az eredeti környezeti adottságokat.

A legnagyobb halomsűrűség Hajdú-Bihar, Békés, Jász-Nagykun-Szolnok és Csongrád megyék területén figyelhető meg (2.5. és 2.6. ábra), elsősorban a magas ártéri fekvésű, sík, markáns makroformákban szegény tájakon. Ezzel szemben a hordalékkúpokhoz kapcsolódó homokbuckás vidékeken – például a Nyírségen vagy a Duna–Tisza közén – a kunhalmok ritkák, esetenként teljesen hiányoznak. A halmok többsége közvetlenül élő vízfolyások – így a Tisza, a Hortobágy, a Körösök, a Berettyó vagy a Maros – mentén, illetve ezek egykori, mára elhagyott medrei közelében, természetes módon árvízmentes folyóhíti térszíneken helyezkedik el (Tóth 2006). Tóth Csaba doktori disszertációjában arra is rámutatott, hogy a halmok térképi ábrázolásakor mind horizontális, mind vertikális irányban jól felismerhető szabályszerűségek mutatkoznak: elhelyezkedésük gyakran íves, lineáris mintázatot követ (Tóth 2004).

Cholnoky Jenő már a 20. század elején felismerte, hogy a hortobágyi halmok íves sávokba rendeződnek, amelyek a Tisza egykori mederhálózatát követik. Értelmezése szerint a tell-telepek, kurgánok és őrhalmok elhelyezése szoros összefüggésben állt az élő vízfolyásokkal. Borsy Zoltán (1968) kutatásai alapján a halmok jellemzően természetes kiemelkedésekre, a környező területek humuszos felső talajrétegeből épültek.

Általános megfigyelés, hogy a kunhalmok a folyók kanyarulatainak külső ívén – az árvíz szempontjából kedvezőbb térszíneken – magasabb, ármentes hátaikon, illetve félig kötött futóhomok-területek pozitív felszínformáin (például garmadákon, maradékgerinceken vagy bálnahát-buckákon) jöttek létre. A kanyarulatok belső ívén halmok gyakorlatilag nem fordulnak elő. Bár a tell-telepek, kurgánok és őrhalmok többsége vízközeli környezetben található, kisebb részük akár több kilométerre is eltávolodik a vízfolyásoktól. Ez elsősorban az őrhalmokra és a kurgánokra jellemző, amelyek esetében egyaránt megfigyelhető a lineáris és a szórt elrendeződés. A kurgánok temetkezési funkciójukból adódóan nem igényelték feltétlenül a közvetlen vízközelséget, míg az őr- vagy strázsahalomként értelmezett objektumok a települések közötti kommunikációt szolgálták, ezért gyakran háts területeken, vonalas rendszerben helyezkedtek el.

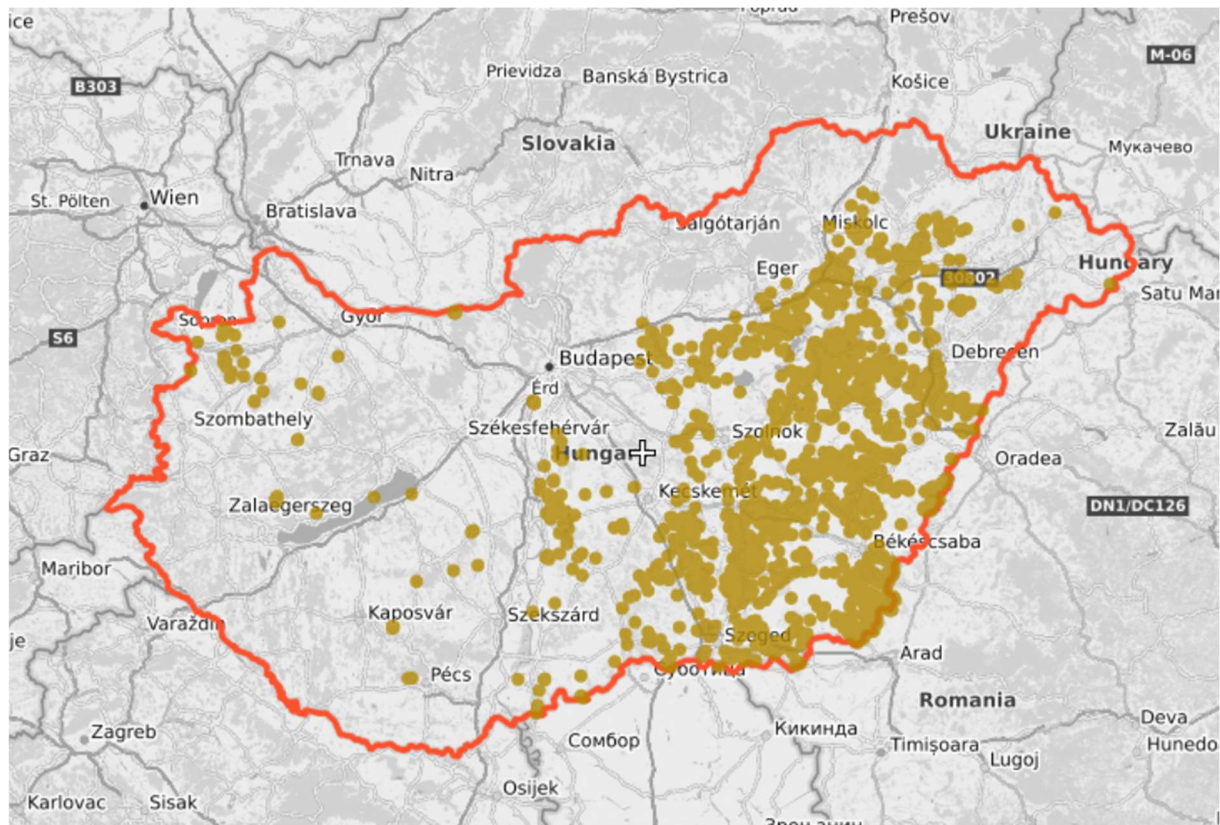
A halmok vertikális elrendeződése szintén jól körülhatárolható törvényszerűségeket mutat. Meghatározott abszolút magassági szint alatt kunhalmok nem fordulnak elő; ez a határ az adott táj árvízmentes térszíneinek magasságával esik egybe. A 86,5 méteres tengerszint feletti magasság alatt nem ismert halom, míg a Hortobágyon és a Nagykunságban jellemzően a 90 méter feletti, a Hajdúság területén pedig a 102,5 métert meghaladó, ármentes löszhátakon és homokformákon létesültek (Kiss 1999; Tóth 2004; Tóth 2006; Bálint 2011).



2.5. ábra: A 2000-es évek elején végzett országos kunhalom felmérés eredménytérképe (Tóth és Tóth 2011).

Magyarországon a kunhalmok vizsgálata hosszú időn keresztül kizárólag régészeti megközelítésben történt. Az ezredforduló környékén fogalmazódott meg az az igény, hogy a feltárásokba környezet- és természettudományi diszciplínák képviselői is bekapcsolódjanak (Barczy et al. 2006; Joó 2004; Sümegei 2003). A multidiszciplináris vizsgálatok során vált egyértelművé, hogy a halmok alatt gyakran megőrződött paleotalaj-szelvények, amelyek fejlődése a halomépítés idején megszakadt, kiemelkedően fontos információforrást jelentenek mind a lokális, mind a regionális léptékű öskörnyezeti események rekonstruálásában, valamint a talajképződés máig vitatott kérdéseinek értelmezésében (Barczy et al. 2004; Barczy et al. 2005). E felismerés és a különböző tudományterületek eredményeinek integrálása teremti meg

a lehetőséget a kunhalmok komplex szemléletű értékelésére, amely elengedhetetlen a Kárpát-medencében törvényi védelem alatt álló, ritka felszínformák hosszú távú megőrzéséhez.

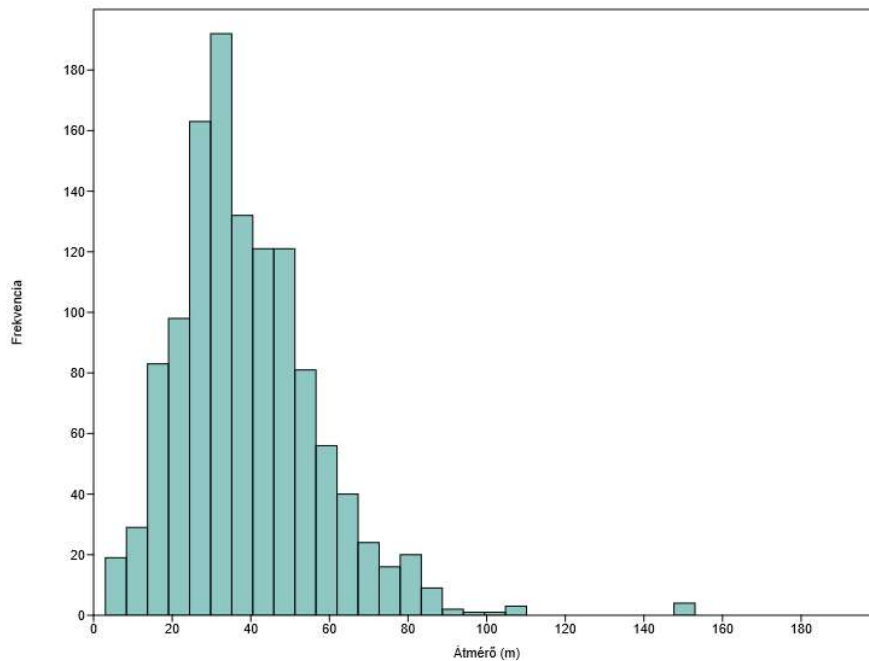


2.6. ábra: Magyarország nyilvántartott kunhalmjai 2025-ben.

(Forrás: OKIR TIR Interaktív térképe 20251122 <https://web.okir.hu/map/?config=TIR&lang=hu>)

A jogalkotó is felismerte a kunhalmok értékét. Napjainkban a kunhalmok jogszabály által védettek. Az 1996. évi LIII. törvény a természetvédelemről című jogszabály 23. § (2) f) pontja a következőképp definiálja a kunhalmokat: „*a kunhalom olyan kultúrtörténeti, kulturális örökségi, tájképi, illetve élővilág védelmi szempontból jelentős domború földmű, amely kimagasodó jellegével meghatározó eleme lehet a tájnak*”. A hazai nomenklatúra és osztályzás alapján a rézkor végi, illetve bronzkor eleji vándorló sztyeppe társadalmak temetkezési szokásaihoz kapcsolódó halomszerű földépítmények, azaz kurgánok, szintén kunhalomnak tekintendők.

Magyarország kunhalmjai rendkívül változatos méretűek. Magasságuk is széles határok között változik: 0,5 m-től 12 m-ig. Többnyire kör alaprajzúak, 20 m-től akár 90 m átmérőig, de 2013-as országos nyilvántartás alapján a legnagyobb kiterjedésű a 150 m-t is meghaladja (2.7. ábra).



2.7. ábra A nyilvántartott kunhalmok sugarának hisztogramja

(Forrás:

<https://www.mvh.allamkincstar.gov.hu/documents/20182/200475/Kunhalom+t%C3%A1j%C3%A9koztat%C3%A1s+2013/082eceda-4e5e-42d7-a75f-879780f609a7?version=1.0>)

2.3. Kunhalmok szerepe az öskörnyezettani kutatásokban

Hasonlóan a földvárak kutatásának kérdésköréhez (pl. Pető et al. 2013; 2015; Niebeszczański et al. 2019) a kurgánok is olyan értékekkel rendelkeznek, amelyek interdiszciplináris kutatása a múlt környezettörténeti eseményeinek megismerésében kiemelkedő szereppel bír (Barczy és Joó 2009). Az emberi tevékenység eredményeképpen keletkező antropogén üledékek és módosult talajok egy adott emberi populáció megtelepedésének, élettevékenységének természettudományos módszerekkel megismerhető történetiségét hordozza (Retallack 2001; Goldberg és Macphail 2006; Füleký et al. 2015). Talajaink számos funkciója közül az egyik, hogy kulturális és földrajzi környezetünk emlékeit mind fizikai valójukban, mind biológiai, kémiai és fizikai paraméterek formájában hosszú időn át megőrzik (Várallyay 2002; Holliday et al. 2010; Barczy 2016). Különösen igaz ez a kunhalmok esetében, amelyek mintegy "időkapszulaként" őrzik az építésük előtti környezetük jellemzőit az alattuk eltemetett talajban, valamint a halomttestben (Aseyeva et al. 2019; Borisov et al. 2019). Ebből a szemszögből, ezek a talajtani és földtani képződmények egyaránt értékes elemei kulturális és természeti örökségünknek is, amelyek fontos információt szolgáltathatnak a Kárpát-medence és közvetlen környezetének bronzkori környezeti viszonyairól.

Az őstörténeti kutatás egy multidiszciplináris terület, melynek kérdéseit csak számos tudományág együttműködésével lehet megválaszolni. A kunhalmoknak, mint történeti, és természeti információk hordozóinak komplex archeometriai vizsgálata a 19. században megkezdődött (Barczy 2016).

2.4. Kunhalomkutatás Magyarországon

A magyarországi kunhalomkutatás történetében Zoltai Lajos régészprofesszor úttörő szerepet töltött be, az elsők között ismerte fel, hogy a halmok vizsgálata nem kizárólag régészeti szempontból releváns, hanem más tudományterületek számára is értékes információforrást jelenthet. A Balázs-halom feltárása során végzett adatgyűjtések alapján arra a következtetésre jutott, hogy az egykor 7–8 méteres magasságot elérő, mintegy 60 méter átmérőjű halomtest anyaga a közvetlen környezet talajaiból származik, vagyis a halom építése során helyben kitermelt üledékeket használtak fel (Joó 2004).

A Nagyállás-halom (Kunhegyes) feltárása során Csányi és Tárnoki (1995) a régészeti megfigyelések mellett a halomtest anyagának részletes leírását is elvégezték. Vizsgálataik alapján a kultúrrétegek között nem találtak markáns elkülönülést, a halomanyagot homogénnek ítélték. Ugyanakkor két, környezetétől enyhén eltérő sávot is azonosítottak, amelyeket humuszszintekként értelmeztek. A halom kialakulására vonatkozó következtetésük szerint a halom egyszeri felhordás eredményeként jött létre, anyagát döntően a környező területek humuszos felszíni rétegei alkották, a nagyobb földtömeget egy kisebb centrális mag köré hordták fel.

Az elmúlt évtizedekben a régészeti kutatások szemléletében jelentős változás következett be. Egyre nagyobb hangsúlyt kapott az a törekvés, hogy az ásatások során olyan információkat is feltárjanak, amelyek a klasszikus régészeti módszerekkel korábban nem voltak hozzáférhetőek. Ennek eredményeként előtérbe került a halmok komplex elemzése, az egykori környezet rekonstrukciója, amely számos új adatot szolgáltatott a halmok keletkezéséről és használati körülményeiről (Joó 2004; Barczy et al. 2005; Barczy et al. 2006; Füleký 2001).

Az interdiszciplináris megközelítés hazai alkalmazásában kiemelendő Sümegi et al. (1998) munkája. A szakáldi bronzkori tell-telep geoarcheológiai vizsgálatával új irányt jelöltek ki a régészeti feltárások és öskörnyezeti rekonstrukciók számára. A halomból ásatás helyett fúrásos mintavételt hajtottak végre. A halomból származó mintákat radiokarbonos kormeghatározásnak, üledékföldtani és geomorfológiai elemzésnek, valamint palinológiai és malakológiai vizsgálatoknak vetették alá. A különböző módszerek együttes alkalmazása

lehetővé tette, hogy ásítás nélkül rekonstruálják az egykori környezetet, valamint következtetéseket vonjanak le a halom rendeltetésére vonatkozóan.

Az 1998-ban bemutatott módszeren alapuló kutatásokkal a Csőszhalom, Ásotthalom, kenderföldi bronzkori tellek, Kovács-halom és a Gara-domb környezeti rekonstrukcióját is elvégezték (Sümegei 2003).

Tóth (1998) a Büte-halom kutatása során korszerű helymeghatározási technikákat alkalmazott. GPS segítségével pontosította a halom térbeli elhelyezkedését, míg spirálfúróval vett minták alapján következtetett a halomtest belső rétegzettségére. Tóth (1999) morfometriai méréseket végzett a Hortobágyi Nemzeti Park déli területein, melyek alapján az objektumokat alakjuk szerint 3 csoportba tudta sorolni: „szimmetrikus”, „természetes” és „antropogén okokból asszimmetrikussá vált”.

Barczy et al. (2004) a hortobágyi Csípő-halom talajtani és malakológiai vizsgálataival járultak hozzá a Hortobágy őskörnyezeti rekonstrukciójához. A halmok védettsége miatt kutatásaikat kizárólag fúrásos mintavételezésre alapozták. A Csípő-halom és az alapkőzet térrajzát térinformatikai módszerekkel dolgozták fel, aminek eredményeként kimutatták, hogy a neolitikumban emelt kurgánt egy már meglévő természetes kiemelkedésre építették. Ennek háttérében valószínűsíthetően az a szándék állt, hogy a halom a vízjárta területek fölé emelkedjen, biztosítva ezzel a sír hosszú távú megőrzését.

A vizsgálatok alapján megállapították, hogy a halom felszínét jelenleg mezősségi talaj borítja, és a halom alatt található, eltemetett talajszelvény szintén ebbe a talajtípusba sorolható. A rekonstruált őskörnyezet egy meleg, száraz sztyeppe, illetve félszáraz, magasfüves sztyeppe mozaikképet mutatott, amelyet helyenként vizes és szikes foltok tagoltak. A felvázolt környezetnek megfelelően a csernozjom talajok mellett réti és szolonyec (szikes) talajokat is azonosítottak a halom környezetében. A környező területek talajtani feltérképezését Pürckhauer-féle szűrőbotos mintavételezéssel végezték el. A különböző fúrásokból előkerült csigafajok is egyértelműen a sztyeppe környezeti indikátorainak tekinthetők. A fitolit elemzés eredményei (Barczy és Golyeva 2004; valamint Pető és Bucsi 2008) szintén a meleg, száraz klímaoptimumhoz kötődő vegetáció jelenlétét igazolták, ugyanakkor kisebb arányban nedvesebb, réties élőhelyekre utaló elemeket is kimutattak.

A halomtest belső felépítését vizsgálva a kutatók arra a következtetésre jutottak, hogy a löszös alapkőzeten kialakult, eltemetett csernozjom jellegű talaj paleo A- és paleo B-szintjei fölött három kultúrréteg helyezkedik el, amelyet egy recens talajképződés A- és B-szintjei fednek.

Joó et al. (2004) ugyanezen halom talajmintáinak radiokarbon kormeghatározást végzett. Eredményeik szerint a recens mezőségi talaj kora 1200 ± 50 év BP, míg a kultúrrétegek (5630 ± 100 BP) és az eltemetett őstalaj (6040 ± 100 BP) kora igen közeli értékeket mutatott. Ebből arra következtettek, hogy a Csípő-halom megközelítőleg 6000 éves, és a holocén során, a halom építésével egy időben megszakadt az eltemetett talaj fejlődése. A felszíni csernozjom talaj viszonylag fiatal kora arra utal, hogy mintegy 1200 év elegendő volt egy szervesanyagban gazdag alapüledéken történő talaj fejlődéséhez. A halmot körülvevő gyűrű radiokarbonos vizsgálata során 810 ± 50 BP értéket kaptak, ami alapján feltételezhető, hogy a gyűrű egy későbbi eróziós folyamat eredményeként alakult ki.

2.5. Kurgán kutatás külföldön

A kurgán elterjedése nem korlátozódik kizárólag a Kárpát-medencére, hanem Európa számos térségében is előfordulnak, ugyanakkor az eurázsiai régióon belül keleti irányban az Urál hegységen túl már nem jelennek meg.

A dél-skandináv, skót és holland területeken található halmok közös jellemzője, hogy az elhunytakat kőből vagy kivájt fatörzsből készült koporsókban helyezték a talajfelszínre, majd a sírt lefordított gyepféglákkal fedték be. Ez az építési technika kedvezett a konzerválódásnak, így az eltemetettek sok esetben kivételesen jó állapotban maradtak fenn, értékes információkat szolgáltatva a későbbi korok számára. Habár kulturálisan ezek a halmok nem párhuzamosíthatók a hazai kurgánokkal, ugyanakkor az építésmód miatt kiemelt jelentőségük van az észak-európai térség késő holocén talaj- és tájfejlődésének rekonstruálásában (Vandkilde et al. 1996; Aner és Kersten 1973).

Kiemelkedő jelentőségű kunhalomkutatások köthetők az orosz talajtani iskolához, ahol a mai Oroszország európai részein nagy számban előforduló halmokat vizsgálták. Alexandrovskiy (1996; 1997; 2000) és Alexandrovskiy és Chichagova (1998) kutatásai során a környezeti változásokat elsősorban a talajfejlődésen keresztül értelmezték. Megállapították, hogy a sztyeppe régió talajainak jelentős része a negyedidőszakban, azon belül is a holocén során alakult ki, amely időszak egybeesett jelentős klímaváltozásokkal, és az emberi népesség növekedésével járó antropogén hatások erősödésével.

A rézkori és kora bronzkori kurgánok talajtani vizsgálatai rámutattak arra, hogy a halomtestek alatt jó állapotban megőrződött csernozjom talajszelvények találhatóak, a halomfelszínen pedig gyakran agyagbemosódásos barna erdőtalajok alakultak ki. A kutatók értelmezése szerint az ezen talajtípusok megjelenése főként környezeti változásokhoz köthető

(hőmérséklet csökkenés és nedvesebb klíma), viszont nem zárhatók ki teljes mértékben az antropogén hatások sem.

Közleményeikben bemutatták, hogy a preboreális, boreális és atlanti fázis során (10 000–3500 év) az uralkodó növényzet a sztyeppe volt, amely alatt csernozjom talajok fejlődtek. Egy majd ezeréves átmeneti időszakot követően jelentek meg a lombhullató erdők, amelyek hatására fokozatosan barna erdőtalajokká alakultak át a régió talajai.

A kutatások során számos, az egykori állapotokat őrző bélyeget is azonosítottak az átalakult talajszelvényekben. Ezek közé tartoznak a paleokrotovinák, amelyek a múltbeli mezofauna aktivitására utalnak, valamint a reliktum humuszsztintek. A klasszikus talajtani vizsgálatok mellett egyes talajszintek vékonycsiszolat-elemzését, továbbá pollen- és fitolitvizsgálatokat is végeztek. A kutatók átfogó elemzéseik alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a klímaövezetek szerepe meghatározó, ugyanakkor az egyes talajtulajdonságok időbeli változása eltérő ütemű: bizonyos paraméterek gyorsan módosulnak, míg mások hosszú távon stabilnak tekinthetők.

Alekszandrovskiy és Chichagova (1998) radiokarbon kormeghatározásaikat a kurgánok felszínén és az alattuk eltemetett talajokon végeztek. Eredményeik alapján megállapították, hogy a csernozjom talajok barna erdőtalajokká történő átalakulása hozzávetőlegesen 2000–3500 évet vett igénybe.

Golyeva és Khokhlova (2003) Oroszország, Orenburg régiójában vizsgált kora-vaskori kurgánokat, hogy választ kapjon a sírhalmok építésekor fellépő emberi hatások erősségéről. Kr.e. VI–V. és II–III. századokban épült halmok környezetét rekonstruálták. Az első időszak rétegeinek vizsgálata egy sztyeppe-erdő átmeneti korszakot mutatott ki. Talajtani vizsgálatok és fitolitelemzés kombinálásán alapuló módszereikkel újító jellegű kutatásokat végeztek. Világossá vált, hogy egyes halmok építésének helyszínén a talajfelszín erős emberi behatás érte bizonyos történelmi fázisokban. A feltalajokra jellemző fitolittartalom hiányából, illetve a szelvény mentén a biogén opálszemcsék eloszlásából következtettek erre. Egy Kr.e. IV–II. századi kurgán eltemetett talajszintjében nagy arányban figyeltek meg szivacsüstüskéket, amelyek nem tekinthetők az adott szintben allochton képződésűnek. Ez arra az elgondolásra sarkalta a kutatókat, hogy az emberek a kurgán építésekor a temetkezési rituálé részeként alluviális üledéket halmoztak fel. Más vizsgálati objektum esetében pedig nyilvánvalóvá vált, hogy nem történt emberi behatás, hiszen a paleotalaj felső humuszos szintje a rá jellemző fitolittartalmat és -eloszlást mutatta.

Szintén Oroszországban, a Közép-Oka vidékén elterülő halmok talajtani vizsgálatának és fitolitelemzésének segítségével kimutathatóvá vált a holocénbeli vegetációváltás (Golyeva et al. 1995). A kurgánok alatt megőrződött 4000–4500 éves, a közép-holocént jellemző csernozjom (Chernozem) szelvényben sztyeppei növényzetre utaló fitolit morfortípusokat találtak. Amíg a halom környezetében található, a közép-holocén későbbi korszakát reprezentáló reliktum humusz-szintben már az erdő nyomai mutathatók ki, addig a környezet podzolos erdőtalajainak felső kilúgzási (eluviális) szintjében a sztyeppei fitolit indikátorokat teljesen felváltották az erdő indikátorai. Ezen eredmények tükrében nyilvánvalóvá válik az erdő térhódítása a sztyeppe területen.

2.6. Kunhalom építő Jamnajak

A történelem során a Kárpát-medencében számos nép módosította környezetét különböző rendeltetésű halmok emelésével. Ezek közé a halmok közé tartoznak a sírhalmok, vagy kurgánok. A halmok nem egy időben keletkeztek, a rézkortól (Kalicz 1970) egészen a szarmata korig akadnak képződmények (Bóna 1975).

A kurgánépítő Jamnaja kultúra i.e. 3100-3000 között jelent meg a Kárpát medencében. Ez a népcsoport a Pontusi-kaszpi sztyepp vidékéről vándorolt nyugatra. Kurgánjaik nem csak országunkban, de Oroszországban, Ukrajnában, Romániába, Bulgáriában és Szerbiában is fennmaradtak. A Jamnajakat széles körben modellezik úgy, mint egy dinamikus, vándorló pásztorkodó közösség, amely több ezer kilométert is megtett pár évszázad alatt. Fontos eszköze volt a vándorlásnak a kerék és szekér feltalálása, de sikerüket a ló háziasítása és tejtermékek feldolgozása is segítette. Ezeket együttesen nevezi a kutatás az ún. Jamnaja-csomagnak (Yamnaya package) (Heyd et al. 2021). Nagy valószínűséggel óriási hatással voltak az őskori európai népekre. Hatással voltak Európa gazdasági, szociális berendezkedésére és genetikai nyomuk egészen Írorszáig eljutott (Cassidi et al. 2016).

Az utóbbi évtizedek kutatási eredményei egyre világosabban mutatják, hogy a Kárpát-medence kora bronzkori fejlődésében számottevő szerepet játszottak a kelet-európai sztyeppék felől érkező hatások. Ezek elsősorban a késői gödörsíros (Jamnaja) közösségekhez köthetők. A Felső-Tisza vidékétől az Al-Dunáig húzódó térségben feltárt kurgánok régészeti és archaeogenetikai eredményei arra utalnak, hogy már a középső rézkor idejétől kezdődően, egészen a kora bronzkor I. fázisáig számolnunk kell keleti eredetű hatásokkal, valamint kisebb-nagyobb csoportok fokozatos megjelenésével.

A korai régészeti feltárások során a gyakran több méter magas földhalmok alatt többnyire szerény melléklet anyag került napvilágra. A sírokban rendszerint ásványi eredetű festékanyag-maradványokat, takarók lenyomatait, ritkábban faszerkezetek nyomait figyelték meg. Esetenként állatcsontból készült eszközök és dísz tárgyak, elvétve rézből készült fegyverek vagy használati tárgyak (például török, fokosok), igen ritkán pedig nemesfém ékszerek – így például ezüst hajfonatkarikák – is előkerültek. A kurgán kutatásban jelentős előrelépést hoztak a modern természettudományos módszerekkel végzett, szisztematikus feltárások, amelyek során több bolygatatlan temetkezést sikerült dokumentálni. Ezek alapján egy korábban kevésbé ismert temetkezési rítus és leletcsoport vált elkülöníthetővé (Dani 2005).

A kurgánsírok közös jellemzője a temetkezések gondos előkészítése, amelyet bőr- és gyékényalapú alátétek, sírtakarók, valamint szőnyegmaradványok jeleznek. A halottakat rendszerint háton fekvő, térdben felhúzott alsó végtagokkal helyezték el, valamint az okkerfesték használata szinte általánosnak mondható (Juhász 1999). A gödörsíros közösségek elterjedési területe a Tisza vonalát követve egészen a Száva torkolatvidékéig terjedt, beleértve a Vajdaság síkvidéki térségeit is (Dani 2005; Tasić 1995). Ezzel szemben a romániai Bánát területéről mindössze egyetlen okkersíros kurgán ismert, míg Erdélyben, az Aranyos folyó völgyében csupán egy feltárt halomról van adat (Ferenczi 1997). A Nyírség területén a kurgánok száma feltűnően alacsony, ami feltehetően a helyi ökológiai és földrajzi adottságokkal magyarázható (Patay 1987; Ecsedy 1979).

A gödörsíros népesség hatásának egyik legmeggyőzőbb bizonyítéka, hogy a rézkor végén a Baden- és a Coţofeni-kultúrában, valamint a kora bronzkor elején a Vučedol-kultúra esetében is megjelenik a földhalom alá történő temetkezés gyakorlata. Ez a jelenség nem meglepő, hiszen e kultúrák részben időben párhuzamosan léteztek a kurgánépítő közösségekkel, így az elit réteg temetkezési szokásainak átvétele reális lehetőségnek tűnik. E kultúrák esetében a halomsír nem pusztán a társadalmi hierarchia és a vezető réteg reprezentációja volt, hanem konkrét kapcsolatokra is utalhat egy kelet-európai eredetű etnikummal, elsősorban a Jamnaja-kultúrával (Dani 2005).

A gödörsíros nép kulturális jelentőségének értékelését ugyanakkor jelentősen nehezíti, hogy mind a mai napig viszonylag kevés kurgánt tártak fel. Ennek egyik oka a halmok fokozott védelme, másrészt az a tény, hogy feltárásuk rendkívül munkaigényes, miközben a várható leletanyag gyakran szegényes. Mindazonáltal a halom mérete és formája önmagában is viszonylag megbízható támpontot nyújthat a kronológiai besoroláshoz (Ecsedy 1979).

Napjainkra egyértelművé vált, hogy sem a halomemelés rítusa, sem az okker alkalmazása nem tekinthető kizárólagosan egyetlen kultúrához kötődő jelenségnek (Ecsedy 1982). A Kárpát-medencében eddig feltárt kurgánokból származó kalibrált radiokarbon adatok alacsony száma, valamint a sírmellékletek hiánya vagy szegényessége tovább nehezíti a pontos időrendi besorolást. Ennek ellenére ma már egyre több adat támasztja alá, hogy a halmok egy része a rézkor végére, illetve a kora bronzkor kezdeti szakaszára keltezhető.

A kurgánépítő nomád közösségek kialakulásának központja a Krím-félsziget, a Kaukázus előtere, a Kaszpi-tenger vidéke és Dél-Ukrajna kiterjedt sztyeppterületei voltak (Ecsedy 1979; Shishlina 2004). A Jamnaja-kultúra patriarchális szervezetű, harcias jellegű, nomád életmódot folytató törzsek és klánok laza hálózatából állhatott. A hazai antropológiai vizsgálatok alapján (Marcsik 1979) robusztus testfelépítésű népességről van szó. A felnőtt férfiak átlagos testmagassága 170–175 cm körüli volt, csontozatuk erőteljes, jelentős izomtömeg megtartására alkalmas. A nők szintén viszonylag magas termetűek (kb. 160 cm), testfelépítésük erőteljes, ugyanakkor csontozatuk finomabb, mediterrán jellegű jegyekkel is kiegészül.

Gazdaságuk alapját a vándorló, legeltetési állattartás képezte, míg a vadászat, a halászat és a földművelés csupán kiegészítő szerepet töltött be. Az állatállomány gerincét a juh és a kecske alkotta, amelyeket nemcsak húsukért, hanem másodlagos termékeik – tej és gyapjú – miatt is hasznosítottak, emellett státuszszimbólumként is funkcionálhattak. A Jamnaja-közösségek már a Kárpát-medencébe való megjelenésükkor magukkal hozták a háziasított lovat, elsősorban vonóerőként alkalmazva azt, valamint a nem sokkal korábban domesztikált szarvasmarhát. A sertés aránya – a lóéhoz hasonlóan – alacsony volt. A kutyák kisebb vagy közepes testű, jelző- és pásztorfunkciót betöltő egyedek lehettek. A vadászat szerepe marginális, elsősorban őstulok, szarvasfélék, vaddisznó és nyúl csontjai kerültek elő. Az állatcsontanyag összetétele több párhuzamot mutat a Körös-kultúra, valamint a Baden-kultúra leleteivel (Bökönyi 1979).

A sírokból előkerülő leletanyag jellemzően csekély mennyiségű. Kevés fém- és alacsony ezüsttartalmú ékszer, ugyanakkor több csontból készült dísz és eszköz, illetve madárscsontból készült tárgy (például pánsíp) ismert. A fémleletek alacsony száma részben magyarázható azzal, hogy ezeket nem helyezték el a sírokban, vagy a későbbi sírrablások során visszakerültek a használatba. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy a szerves anyagok – fa, bőr, növényi rostok – elbomlása miatt a leletanyag eredetileg jóval gazdagabb lehetett.

A temetkezési rítus Ecsedy (1979) értelmezése szerint két alapvető formára osztható. Az egyszerűbb sírokban textil- és bőrtakarók, szerény kárpitmaradványok figyelhetők meg, míg a komplexebb temetkezéseknél – például a kétegyházi feltárás esetében – a sírt fagerendákkal fedték le, gazdagabb anyaghasználattal. Ez utóbbi forma erősíti azt az értelmezést, amely szerint a kurgán a „halott házaként” funkcionált: baldachinszerű vagy jurtára emlékeztető felépítménye az elhunyt túlvilági komfortját szolgálta. A vörös okker alkalmazása – amely feltehetően az élet és a vér szimbolikájához kapcsolódik – szintén a temetési rítus meghatározó eleme volt, és hosszú időn át fennmaradt a sztyeppei nomád kultúrák körében.

2.7. Az YMPACT projekt rövid bemutatása

A Jamnaja kultúrára fókuszáló „The Yamnaya Impact on Prehistoric Europe” (YMPACT) ERC típusú program keretében több mint 32 kutató 12 országból kutatta, hogy a mekkora és milyen hatást gyakorolt a Jamnaja vándorlás az őskori Európa társadalmára. A projekt fókuszában a Jamnaja komplexum nyugati kiterjedése állt. A projekt keretében a kutatók tanulmányozták a kultúra temetkezési szokásait, illetve a sírmellékletek segítségével az anyaghasználatukat is. Az interdiszciplináris projekt keretében széles körben próbálták a kutatók feltárni a Jamnaja kultúra életével kapcsolatos olyan kérdéseket, mint étrendjük, élet stílusuk, mobilitásuk. Fontos kutatási téma volt továbbá a projekt keretében, hogy tanulmányozzák az eredetileg Európában élők és az újonnan érkező Jamnaják interakcióját. Nem utolsó sorban pedig a környezetük vizsgálata is részét képezte a projektnek. Ehhez kapcsolódóan például magashegyi tavak üledékét, mint globális klíma viszonyok modellezésére alkalmas üledékgyűjtőket vizsgáltak.

Jelen disszertáció a halmok építési körülményeinek feltárásával, és a kurgánok alatt eltemetett talajok, mint lokális környezeti időkapszulák vizsgálatával csatlakozik a projekt céljainak eléréséhez. A projekt keretében magyarországi, romániai és bulgáriai Jamnaja kurgánokat vizsgáltunk, amelyek közül kettő esettanulmány képezi doktori disszertációm törzsanyagát.

2.8. Geokémia régészeti alkalmazásai

A régészet tudománya számos diszciplínával együttműködve törekszik rekonstruálni a régmúlt emberek viselkedését, környezetét és kultúráját. A természettudományok eszköztára egyre inkább beépül a régészeti kutatások eszköztárába. A geokémiai módszerek is alkalmazásra kerültek az emberiség történetének számos szakaszának vizsgálatánál. A régészeti geokémia első vizsgálati tárgyai a kőanyagok és a kerámiák voltak. A régészeti célú geokémiai kutatások általános célja a lelőhelyek térképezése, illetve azok használati módjának megismerése.

Az egyes régészeti korszakokban élt közösségek élettevékenységét nem csak az ásatásokon nagy számban előkerülő tárgyi leletanyagon keresztül, hanem az emberi tevékenység hatására keletkező antropogén rétegek és üledékek vizsgálatával is kutathatjuk. Antropogén üledéknek, az emberi megtelepedéssel és az élettevékenységgel összefüggésben kialakuló, talajtani módszerekkel (is) vizsgálható és értékelhető anyagfelhalmozódást tekintjük (lásd Vyncke et al. 2011; Kovács 2011). Az antropogén üledékek képződésüknél fogva nem tekinthetők ugyan talajnak, de – anyagi jellemzőik okán – a talajtan, üledék- és geokémia tudományában gyökerező módszerek alkalmasak arra, hogy az antropogén üledékekben tárolt információtartalmat megismerjük és a régészeti interpretáció szolgálatába állítsuk (Pető et al. 2012).

Emberi hatásoktól mentesen fejlődött talajaink elsősorban a természeti környezet földrajzi, biológiai, illetve környezettörténeti emlékeit rejtik magukban (Retallack, 2001; Barczi, 2004; Barczi et al. 2006; Várallyay, 2002). Ezzel ellentétben az emberi tevékenység eredményeképpen létrejövő antropogén üledékek és módosult talajok egy-egy emberi populáció élettevékenységének történetiségét és emlékét hordozzák. Ebből a szemszögből ezek a talajtani és földtani képződmények is kulturális örökségünk részét képező informatív jelenség együttesek (Pető et al. 2012).

A talajok régészeti kontextusban történő vizsgálatának úttörője Hughes F. 1911-ben megfigyelte, hogy régészeti lelőhelyek közelében a talaj foszfát megemelkedett (Russel, 1975). Az 1920-as években Arrhenius Olof számos svédországi lelőhely esetében figyelte meg, hogy sok esetben emelkedett foszfát tartalom jelentkezik az emberek által használt területeken (Arrhenius 1931). Arrhenius skandináviai foszfor térképezései a XXI. században is fontosnak bizonyultak. Thurston (2010) feltudta használni a régi eredményeket új dániai vizsgálatokkal kiegészítve. Az átfogó kutatás lehetővé tette a térség geopolitikai változásának tanulmányozását a vaskortól a középkorig.

A hazai kutatásban Százhalombatta-Földvár lelőhelyen játszott szerepet a talajok foszfortartalmának vizsgálata. Füleky (2001) egy százhalombattai tell-telep talajtani vizsgálatát végezte el, amely során a mintegy 1,5 méter vastagságú, régészeti leletekben gazdag kultúrréteg alatt egy jellegzetes, kilúgzott, vörösbarna B-szinttel rendelkező barna erdőtalajt azonosított. A szín- és morfológiai jellemzők elemzése mellett egyéb talajtani paramétereket is meghatározott: a talaj textúráját (K_A), összes foszfortartalmát (P_{total}), humusztartalmát (H%), mésztartalmát ($CaCO_3\%$) is. A foszfor tartalom különösen informatívnak bizonyult, mivel alkalmas volt az intenzív antropogén hatások kimutatására.

Az 1950-es években kezdődött meg a nyomelemek szélesebb körének vizsgálata (Rimington, 1998). Sokoloff és Carter (1952) hasonló környezetben keletkezett, de korukban ~1000 évvel eltérő hulladékdombokat tanulmányoztak Floridában. vizsgálatukhoz a hulladékdombokhoz hasonló természetes környezetet is kijelöltek összehasonlításként. A nyomelemek közül a cink és réz tartalmát ditizon módszerrel vizsgálták, különböző kinyerési módszereket alkalmazva. Tapasztalataik alapján az extrahálható réz megemelkedett a hulladékdombok esetében a háttér talajhoz képest, azonban az idő előrehaladtával ezek az értékek kezdtek közelíteni.

Cook és Heizer (1965) kutatása alapján a nitrogén és kalcium elemek vizsgálata is felkerült az emberi szálláshelyek jelzői közé. Eredményeik szerint ezen elemek az állati, emberi hulladékból halmozódnak fel.

Dániai vaskori telepek kutatása során foszfátban dúsult talajokat azonosítottak a területen és a terület körül (Liversage et al. 1985). Ezt a jelenséget a hagyományos dán földművelés eredményének tulajdonították.

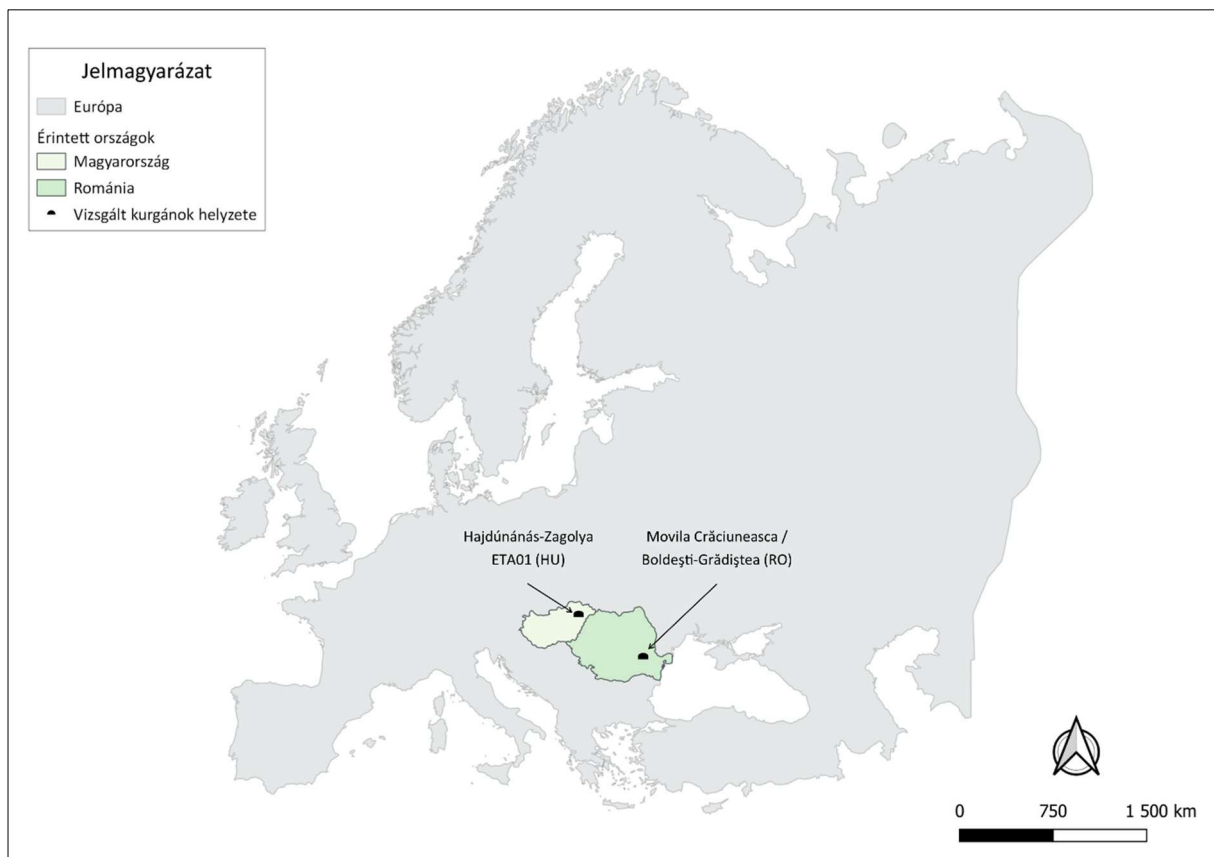
Az ICP-MS technika megjelenésével Entwistle és munkatársai (Entwistle et al. 1998, 2000a) Skóciában végeztek régészeti célú geokémiai kutatásokat. A Skye szigeten elhagyatott telepek indikátoraként megnövekedett bárium és ritkaföldfém koncentráció jelentkezett, míg a környező mezőket emelkedett kalcium és stroncium jellemzett, amit a kagylóhomok trágyakénti alkalmazásának tanúsítottak. Míg más egyébként általában emberi hulladékkal azonosított elemeknek (például cink, ólom, nikkel, réz) nem találtak szignifikáns indikátor funkciót a területen. Entwistle és munkatársainak (Entwistle et al. 2000b) további munkájának eredményeként a Lewis szigeteken, hogy a több területen történt vizsgálatok összehasonlító elemzésével a különböző információkból származó „jelek” specifikus tájhasználati és élőhelyi következtetésekre használhatók. Például egyedi mintázatokat mutatnak a házak, istállók, trágya tárolók, kertek és egyéb területek.

Oonk és munkatársai (2009) egy a geokémia archeológiai alkalmazásait áttekintő cikkében kiemelte, hogy a lokális környezethez mérten kiemelkedő cink, réz, ólom, magnézium, kalcium, nátrium, kálium és foszfor tipikus jelzői régi emberi tevékenységből eredő lerakódásokra. Például sírok esetében megemelkedett foszfor, réz mangán vagy kalcium koncentrációkat tartottak jelzés értékűnek. Házak esetében számos elem lehet jelzés értékű, többek között foszfor, kalcium, magnézium, vas kén, stroncium. Fémmegmunkálással kapcsolatos tevékenységek réz, ólom és mangán emelkedéssel járhatnak. Festett épületek esetében a nehézfémek emelkedett szintje lehet jelzés értékű. Áttekintő tanulmányuk során kiemelték az egyes elemek önmagukban történő értelmezhetőségének a nehézségét, ezzel kapcsolatban pedig a háttérminta felvételezésének problémakörét. Véleményük szerint ezeket ritkán közölték a kutatók archeológiai kutatások esetén. Viszont ezek a paraméterek fontosak, hiszen az anomáliák csak a lokális alapvonal ismeretében detektálhatók.

Simniškytė-Strimaitienė és munkatársai (2017) egy magaslati település (hilltop settlement) gödör jellegű, régészeti vonatkozású talajmintái és ún. altalaj mintáinak részletes geokémiai vizsgálatát végezték el. A talajmintákat 4 kategóriába sorolt területről vették (régészeti objektumot tartalmazó, régészeti objektum nélküli rész, a régészeti objektum alatt 25-40 cm-el, illetve a régészeti objektum alatt 40-80 cm-el). Elemanalízist röntgen fluoreszcenciás módszerrel végeztek, illetve izzítási veszteség és mágneses szuszceptibilitás méréseket is alkalmaztak. Megközelítésükben sokváltozós elemzést alkalmaztak, számítások előtt normalizálták az adatokat (z-score alapján). A mintákat hierarchikus klaszterezés alapján euklideszi távolságot alkalmazva csoportosították. Az adatfelhő struktúráját főkomponens-elemzéssel vizsgálták tovább. PCA biplotot használták fel a csoportok közötti különbségek értelmezéséhez. Eredményeik alapján 4 csoportra tudták bontani a mintákat. A különböző elem és mintacsoportok térbeli eloszlásának segítségével bizonyos anomáliák értelmezhetővé váltak. Például a foszfor, mangán, cink és mágneses szuszceptibilitás anomáliákat égetéssel járó tevékenységekhez tudták kötni. Míg az alumínium, vas, kálium nátrium és stroncium anomáliákat olyan betöltéseknek tulajdonították, amik agyagban gazdagabbak voltak. A kalcium és magnézium és talaj pH megemelkedett szintjét a helyi talajképző folyamatokból eredőnek tulajdonították. Nem találtak összefüggést az elemkoncentrációk és aközött, hogy a gödör jellegű képződmények ténylegesen régészeti objektumok voltak-e. Eredményeik alapján egyértelműen megállapítható, hogy a sokváltozós megközelítéssel az egyenként nehezen értelmezhető geokémiai jelek tudományos értékelése megkönnyíthető.

3. Anyag és módszer

Az YMPACT projekt (<https://www.helsinki.fi/en/researchgroups/the-yamnaya-impact-on-prehistoric-europe>) keretében több országban, több kurgán feltárása valósult meg. A lelőhelyek Magyarországon, Romániában és Bulgáriába találhatóak. A projekt által érintett kurgánok közül kettőt vizsgáltam. A Hajdúnánás–Zagolya EAT01-es kurgán Magyarországon, Hajdú-Bihar vármegyében, Hajdúnánástól délre helyezkedik el, míg a Movila Crăciuneasca nevű kurgán (lelőhely) Románián belül, a Prahova megyében található Boldești-Grădiștea település mellett helyezkedik el (3.1. ábra).



3.1. ábra: Az YMPACT projekt keretében vizsgált két kurgán elhelyezkedése Magyarországon, illetve Románián belül.

Az egyszerűség kedvéért a dolgozatomban a továbbiakban a magyarországi vizsgálati helyszínre „Zagolya” kurgánként/lelőhelyként, a romániai vizsgálati helyszínre „Movila” kurgánként/lelőhelyként hivatkozom.

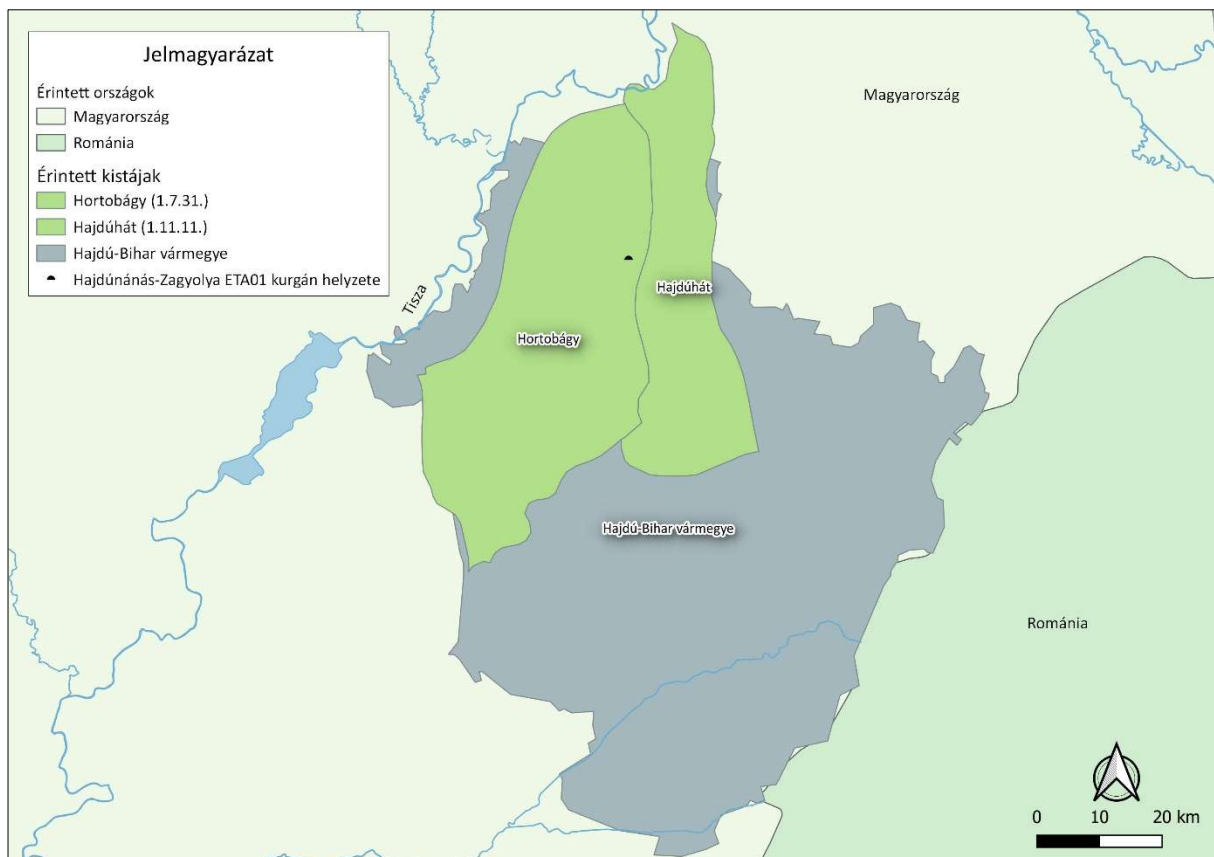
3.1. Vizsgálati területek bemutatása: Hajdúnánás-Zagolya

3.1.1. Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán természetföldrajzi környezete

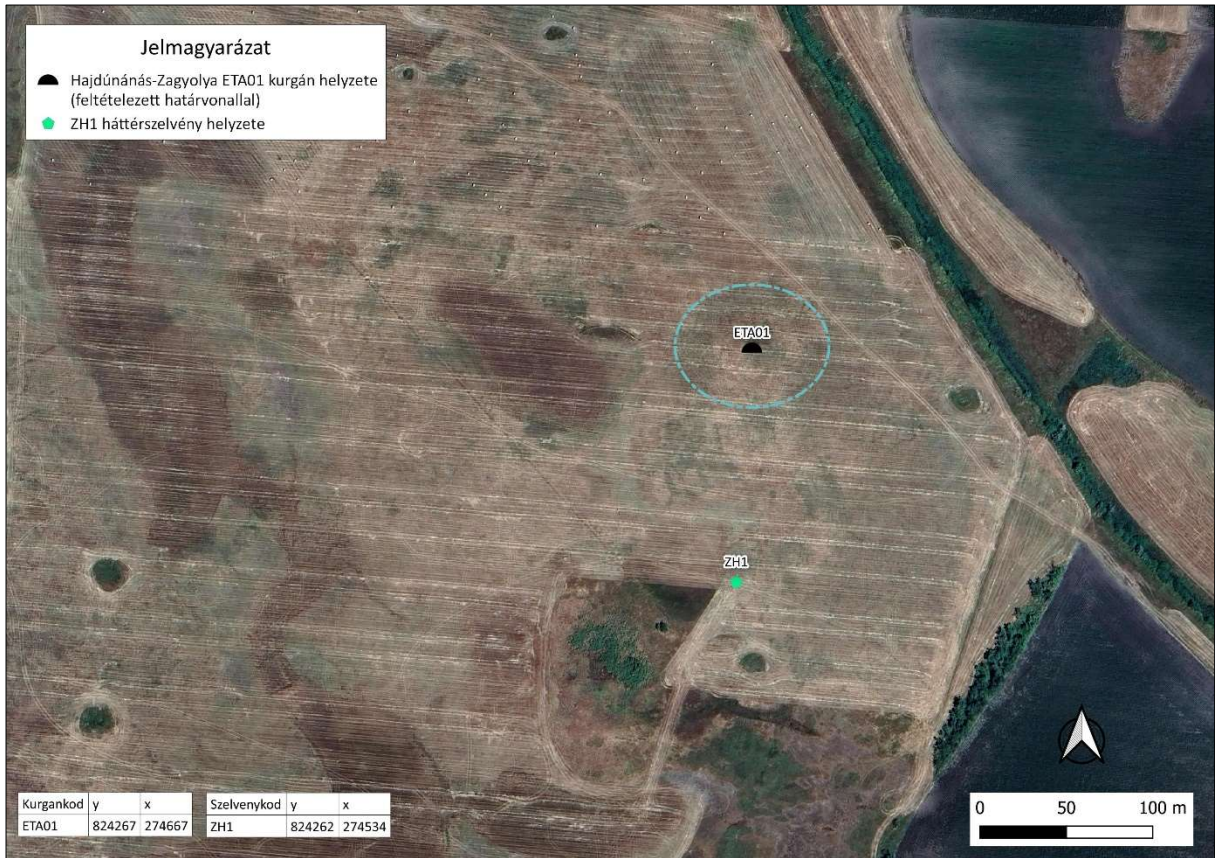
A Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 halom Hajdúnánástól 5 km-re dél-délnyugatra, a Keleti-főcsatornától légvonalban körülbelül 1,6 km-re nyugatra található a Hortobágy és a Hajdúhát kistájak átmeneti zónájában (3.2. ábra). A terület tökéletes síkságnak tekinthető, amelynek tengerszintfeletti magassága 87 m és 110 m között változik. Jellemző magassága 88–92 m. E magasság fölé csak a homokbuckák, buckavonulatok, valamint antropogén eredetű felszínformák (pl. kunhalmok) emelkednek (3.3. ábra). A terület felszíne rendkívül kis reliefű, így a kis magasságkülönbségeknek is nagy szerepük van a felszínfejlődésben (Marosi és Somogyi 1990). A kistáj területén a késő miocéntől, a Pannon-tó fokozatos feltöltődését követően szárazföldi, fluviolakusztikus környezetben zajlott az üledékképződés (Gábris és Nádor 2007; Magyar et al. 2013; Balázs et al. 2018.). Jelenleg a legmarkánsabb felszínformák az elhagyott folyómedrek, a feltöltődés különböző stádiumában lévő morotvák, az ezekhez kapcsolódó folyóhátak, valamint a jellemzően hátakra, kiemelkedésekre települő, azok mesterséges magasztásával létrejött kunhalmok. A jelenleg vizsgált kurgán is egy, a Süldős-ér Ny-i partját követő háton azonosított kurgánmező egyik, a Kis-Süldős-halom mellett található név nélküli tagja. A tárgyalt területen a pleisztocén során jellemzően víz és szél által szállított üledékek akkumulálódtak (Pécsi 1993). Az arra alkalmas térszíneken löszök és löszszerű üledékek képződésére nyílt mód (Pécsi 1993; Lindner et al. 2017; Lehmkuhl et al. 2018). A felszíni vízhálózat főbb tengelyét a Nyugati-főcsatorna, a Hortobágy és a Keleti-főcsatorna alkotja, amelyek között mintegy 700 km hosszú belvízelvezető csatornahálózat létesült. A talajvíz mélysége 2 m és 4 m között változik (Dövényi 2010). Mérsékelt meleg, száraz éghajlatú terület (Marosi és Somogyi 1990; Dövényi 2010), így a klímazonális talajokat a Hortobágyon a jelenlegi körülmények között a csernozjom talajok képviselik, míg a Hajdúhát esetében ez a meghatározó talaj főtípus. A talajfejlődést leginkább a domborzat, a talajvíz mélysége, valamint sótartalma befolyásolja. A kis mélységben elhelyezkedő, vízben oldható sókban gazdag talajvíz hatására különböző szikes talajok képződhetnek, míg az alacsonyabb sótartalmú felszínközeli talajvíz hatására réti talajok képződésére nyílik mód (3.4. ábra). A magasabban fekvő, mélyebb talajvízszintű területeken a hidromorf hatás csökkenésével lehetőség nyílik klímazonális csernozjom talajok képződésére (Stefanovits et al. 2010). A környezetükből néhány méterre kiemelkedő folyóhátak, kunhalmok felszíne kedvező körülményeket biztosít csernozjom talajképződésre. A szántóföldi művelés számára a csernozjom talajokkal borított területek biztosítják a legkedvezőbb körülményeket, azonban a

kunhalmok felszínét a 20. század második feléig nem vonták intenzív művelés alá. Éppen ezért nagy biodiverzitású, akár izolátumként funkcionáló kunhalmok löszgyep és löszfalnövényzet társulásoknak nyújthatnak élőhelyet, valamint kulturális értékük is kimagasló (Gallé és Bede 2019) (3.4. ábra). Ennek megfelelően *ex lege* védelmet élveznek (1996. évi LIII. törvény).

A Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 halom a kistáj északi, intenzívebb mezőgazdasági művelés alá vont területén található. A kunhalom CLC-2018 besorolás alapján legelő (231) területen fekszik, míg a közvetlen környezetében szántóföldi művelésbe (211) vont területek találhatók (3.3. ábra).



3.2. ábra: Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán tájföldrajzi helyzete a Hortobágy és Hajdúhát kistájak határzónájában.



3.3. ábra: Hajdúnánás–Zagyola ETA-01 kurgán közvetlen környezetének topográfia viszonyai és a ZH1 munkakódon felvett háttérszelvény helyzete.



3.4. ábra: Zagolya-puszta általános környezeti képe és a ZH1 munkakódon felvett talajszelvény habitus képe.

3.1.2. Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán lelőhely rövid bemutatása

Hajdúnánás délnyugati határában, a Süldős-ér kanyarulatának nyugati partján lévő, Zagolya-dűlő nevű sztyepperészleten vizsgált terület központjában a Kis-Süldős-halomnak nevezett, ma is jól látható kurgán található. Ennek közelében fekszik az ETA-01-jelű ma már alig észlelhető egykori halom (Dani et al. 2017) (3.3. ábra). Régészeti feltárása (3.5. ábra) során a halom feltöltésének felső részében Árpád-kori kemence és tűzhely okozott olyan erős mágneses anomáliát, amely gyakorlatilag elnyomta az alatt lévő őskori jelenségek jeleit. A halom alatti altalajba mélyedve a késő rézkori Baden-kultúra település objektumait tárták fel, majd előbukkant a központi temetkezésre utaló, elkorhadt famaradványokból álló sírborítás. A központi sírt sajnos észak, északkelet felől egy felülről beásott későbbi objektum megbolygatta. Nem véletlen tehát, hogy a nyugat-keleti tájolású alaptemetkezés alján talált *in situ* lábfej kivételével egyetlen csont sem került elő eredeti helyzetben (3.6. ábra). Az előkerült 300 db csonttöredék embertani és abszolút kronológiai vizsgálatainak tanúsága szerint a sírgödörben három egyén csontjai keveredtek kisebb állatcsont- és kerámiatöredékekkel: egy idősebb (*maturus*) férfi és egy felnőtt nő rézkor végi, valamint egy Kr. u. 1. században eltemetett felnőtt nő maradványai (Dani et al. 2017).



3.5. ábra: Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán feltárásának légifevétele (forrás: Déri Múzeum, Debrecen, Dani János).

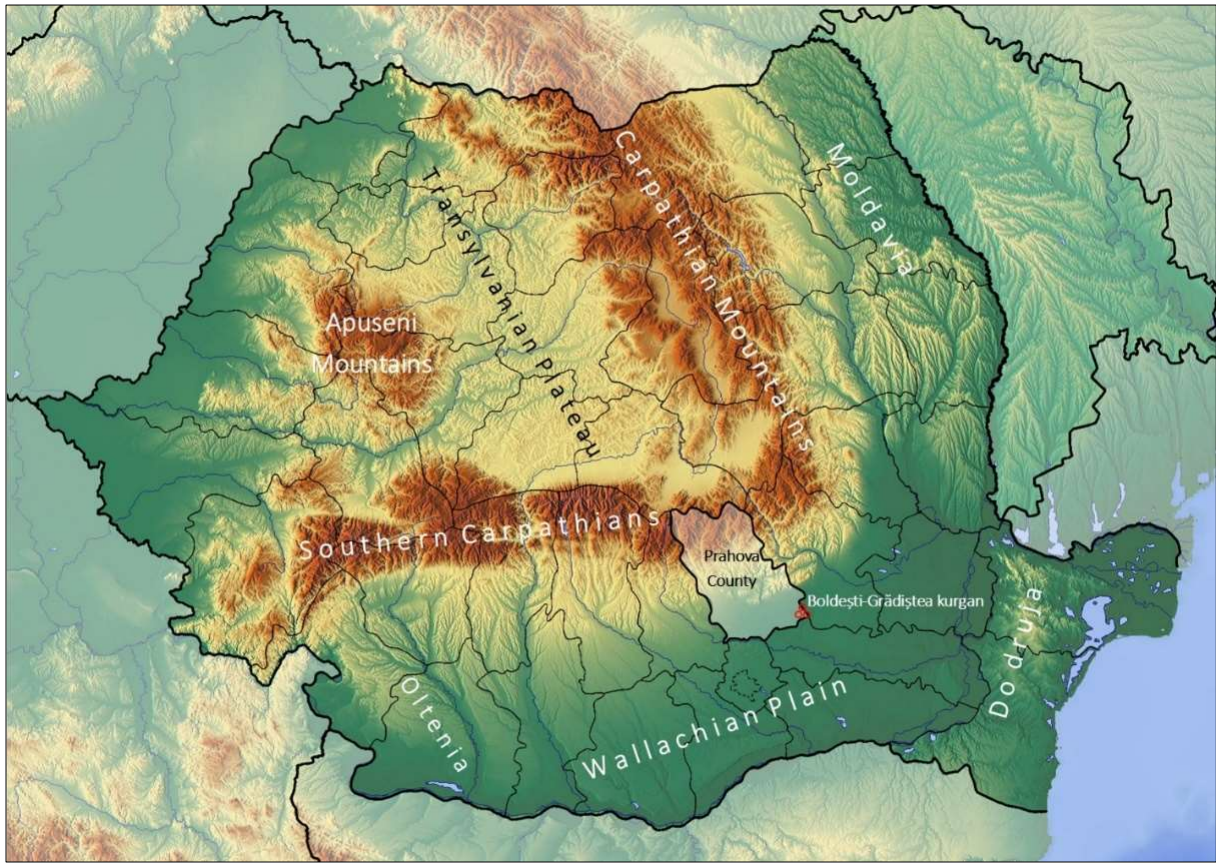


3.6. ábra: Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán bolygatott központi temetkezése (forrás: Déri Múzeum, Debrecen, Dani János).

3.2. Vizsgálati területek bemutatása – Movila Crăciuneasca

3.2.1. Movila Crăciuneasca kurgán természetföldrajzi környezete

A vizsgált halom a Boldești-Grădiștea település közvetlen közelében, attól dél-keleti irányban helyezkedik el a Román-alföld (más néven Havasalföld) területén (3.7. ábra). A kiterjedt alföldi régió a Kárpátok keleti oldalától egészen a Duna-deltáig és a Fekete-tenger partjáig húzódik. Déli irányból a Duna völgye határolja. Tengerszint feletti magassága 5 és 320 méter között változik. A felszínét negyedidőszaki üledékek, elsősorban lösz borítja. A lösztakaró vastagsága a Havasalföld alacsony és sík területein 4 és 40 méter között váltakozik. A vizsgált terület a Buzău és az Ialomița folyók közötti térségben található, amelyet Bărăgan-síkságnak is neveznek (Coroban 2013). Az éghajlat mérsékelt kontinentális, az éves átlaghőmérséklet 10,5 °C, az évi átlagos csapadékmennyiség pedig 550–650 mm között mozog. Kelet felől nyugat irányába haladva a csapadék mennyiség fokozatosan növekszik (Mușat és Radu 2007; Ovreiu et al. 2021). A vizsgált kurgán és tágabb környezete Románia talajtípusai közül a csernozjom-övezetben helyezkedik el. Ez a talajföldrajzi zóna a Kastanozem, a Chernozem és a Phaeozem talajok jelenlétével jellemezhető, és a megye keleti és déli részén megközelítőleg 550 méter tengerszint feletti magasságig húzódik (Burcea et al. 2015; Stănilă és Dumitru 2016). A csapadékmennyiség változásának következtében a térség csapadékosabb területein Phaeozem talajok, a szárazabb területeken pedig Kastanozem talajok alakultak ki. A terület potenciális természetes növényzete mérsékelt övi füves puszta és erdőssztyepp, azonban a területek nagy része mezőgazdasági művelés alatt áll, illetve kultúrtájként hasznosul (3.8. ábra).



3.7. ábra: A Movila Crăciuneasca kurgán elhelyezkedése a Román alföld területén (Braun et al.2024 nyomán)



3.8. ábra: Movila Crăciuneasca kurgán helyzete Boldești-Grădiștești település mellett, valamint a BGH háttérszelvény pozíciója.



3.9. ábra: Movila Crăciuneasca általános környezeti képe és a BGH munkakódon felvett talajszelvény habitus képe.

3.2.2. Boldesti-Gradistea kurgán régészeti lelőhely rövid bemutatása

A 2019. július 1. és augusztus 3. között zajlott feltárás célja a Movila Crăciuneasca kurgán vizsgálata volt, amely egy 2,9 m magas és 50 m átmérőjű építmény (Frînculeasa et al. 2020) (3.8. ábra). A halom a feltárás megkezdésekor részben már bolygatott állapotban volt. Kiemelten a délnyugati szektorban, mivel a környékbeli halastavakhoz földet kitermelő illegális anyagkinyerések súlyosan károsították. Ezen felül a halom nyugati peremét egy, a halgazdasághoz vezető út keresztezte (3.8. ábra). A rétegtani információk pontos feltárása érdekében két szelvényt nyitottak az észak–déli, illetve a kelet–nyugati tengely mentén, egyenként 1 méter szélességgel. Így a halom négy negyedre oszlott (ÉK, DK, DNy, ÉNy) (3.10. ábra), a középpontot (0) a szelvények metszéspontja jelölte ki. A legtöbb temetkezési jelenség a halom délnyugati negyedében koncentrált.

Összesen tíz temetkezést tártak fel: kilenc csontvázas és egy hamvasztásos sírt, amelyek legalább három kronológiai fázishoz köthetők (4.17. ábra):

- Korai bronzkor (Jamnaja) – Gr. 1, Gr. 3 (A és B), Gr. 4;
- Közép/késő bronzkor – Gr. 2, Gr. 6, Gr. 8, Gr. 9, Gr. 10;
- Dridu-kultúra / török kori időszak – Gr. 5.
- A Gr. 7 kronológiai besorolása bizonytalan, mivel egy egyszerű gödörbe helyezett hamvasztásos temetkezés volt sírmellékletek nélkül. A Jamnaja megtelepedés előtt a területet az eneolitikus Boian-kultúra közösségei használták (i. e. 4783–4551 cal BC, 2σ).

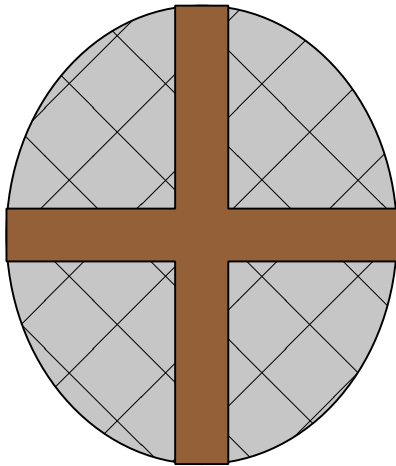
A sírgödrök körvonalai kizárólag a Jamnaja temetkezéseknél voltak azonosíthatók. A sírokat a halom középpontjához közel ásták; a halottakat téglalap alakú gödrökbe helyezték, amelyeket fafedél zárt, a Jamnaja kultúrára jellemző rítus szerinti testhelyzetben (Ecsedy 1979). A Gr. 4 volt a fő (centrális) temetkezés, amely a halom felhordása előtt került a földbe, feltehetően a Kr. e. 4. évezred legvégén (3095–2924 kalibrált BC, 2σ). A Gr. 1 másodlagos temetkezésként kb. egy évszázaddal később (2914–2883 kalibrált BC, 2σ) jött létre, és ez volt az egyetlen sír, amely mellékleteket tartalmazott. A Gr. 3-at állati bolygatás súlyosan károsította. Mindegyik Jamnaja temetkezésben előkerült okker, a gödrök alján, valamint a csontvázak fedéseként is (3.10. ábra).



3.10. ábra: Movila Crăciuneasca kurgán lelőhely feltárásának életképei és a kurgánban talált fontosabb temetkezések (a temetkezések kódszáma a képek jobb alsó sarkában láthatóak) (Braun et al. 2024 nyomán)

3.3. Terepi mintavétel módszertana

A kunhalmok régészeti feltárásának egy általánosan alkalmazott módja, hogy a halomtestet 4 kvadránsra osztják. A kvadránsok között metszet falak maradnak (3.11. ábra). Ennek az eljárásnak a célja, hogy a halom rétegzettségét, illetve az egyes rétegek lefutását a halom teljes felépítményében vizsgálni lehessen (3.12. ábra).



3.11. ábra: Kurgánok sematikus feltárása, szürke: halom feltárt kvadránsai, barna: metszet falak.



3.12. ábra: Egy bulgáriai kurgánásatás (Mogila - BG) egyik kibontott kvadránsa és metszetsfalai.

A mintavételi stratégiát úgy alakítottuk ki, hogy a vizsgált halmok teljes fejlődését le tudjuk követni. Ez azt igényelte, hogy olyan helyen jelöljük az ún. mintavételi oszlopot (metszetsfalat), ahol az összes megfigyelhető réteg és szint megtalálható a halom felépítményén belül. A metszetsfalakon szemrevételezés és a jelenlévő rétegek települési viszonyai alapján jelöltük ki a mintavételek helyét. A legfőbb szempont, hogy a halomban megfigyelt rétegek és szintek mind szerepeljenek a kiválasztott mintavételi metszeten. Mivel a vizsgált kurgánok esetében a Jamnaja kultúra volt a tanulmányok fő tárgya, ezért a gyakorlatban a halmok középpontjához (első temetkezéshez) közel eső területen volt megtalálható a legtöbb réteget és szintet tartalmazó metszetsfal.

Mind Zagolya, mind Movila esetében egy-egy ún. központi metszetsfalat jelöltünk ki a halom alatt eltemetett talaj szintjeinek, valamint a halom rétegeinek megmintázáshoz (3.13. ábra).



3.13. ábra: Movila Crăciuneasca kurgán ún. központi metszetsfala kipreparált állapotban a mintavétel megkezdése előtt.

A megtisztított metszetsfalak helyszíni talajvizsgálati leírását (lásd később) követően mintáztam meg. A mintázás két eltérő stratégiai elgondolás alapján történt.

Az egyes sztratigráfiai egységek (szintek és rétegek) jellemzéséhez ún. vertikális rétegmintázást végeztem, amelynek keretében az egyes – előzetesen elkülönített – szintekből és rétegekből, az azokat reprezentáló 2-3 kg tömegű talajmintát gyűjtöttem.

A geokémiai vizsgálatokhoz ún. vertikális kontinuus mintázási stratégiát alkottam. Zagolya esetében 10 cm-kénti mintasorozat állt a vizsgálatok rendelkezésére, Movila esetében ugyanakkor – finomítandó a vizsgálat felbontását – 5 cm-ként gyűjtöttem mintát. A folyamatos mintavételnél külön gondot fordítottam arra, hogy az egyes rétegeket és szinteket ne vágjam át a mintavételezés során, azaz keresztzennyeződés ne történjen. A geokémiai vizsgálatokhoz átlagosan 200–300 grammnyi minta került begyűjtésre.

Annak érdekében, hogy össze tudjuk hasonlítani a halom által eltemetett talajt a halom építésétől függetlenül fejlődő talajokkal, a halmok közvetlen közelében, a területre jellemző talajfoltban igyekeztünk kijelölni egy ún. háttérszelvény helyét is.

Zagolya esetében – az erősen mozaikos területen – egy magasabb térszínen elhelyezkedő talajfoltban jelöltük ki a háttérszelvény helyzetét. A szelvényt ZH1 munkakóddal láttuk el (3.3. ábra). Itt lehetőségünk nyílt arra, hogy a ZH1 szelvényt kiássuk és a talajszelvény nyitás és leírás szabályai szerint eljárva jellemezzük (3.4 ábrák). A helyszíni talajvizsgálat elvégzése után az egyes talajszintekből 1500-2000 grammnyi átlagmintát vettünk, illetve a halom esetében alkalmazott kontinuus mintavételi eljárás alapján 10 cm-ként megközelítőleg 200 grammnyi talajmintát gyűjtöttünk a geokémiai vizsgálatok lefolytatásához.

Movila esetében a BGH munkakódon felvett talajszelvényt egy szántóföldi parcellán jelöltük ki. A BGH szelvény esetében csak fúrással történő feltárássra nyílt módunk (3.9. ábra). A BGH szelvény esetében egy kézi üzemeltetésű vésőfúrófejjel, illetve egy Edelman (kanál) típusú fúrófejjel ellátott Eijkelkamp fúróval végeztük el a szelvény feltárását. Az Edelman kanálfúróval gyűjtöttük be az alapvizsgálathoz szükséges nagyobb tömegű talajmintákat, míg a precízebb mintavételre lehetőséget adó vésőfúró fejjel feltárt bolygatatlan magmintákból történt meg a mintavétel a geokémiai vizsgálatához.

3.4. Helyszíni talajvizsgálat módszertana

A vizsgált kurgánokon feltárt metszetfalakat, azok megmintázása előtt, a TIM Módszertan (1995) által javasolt, de a régészeti talajtani jelenségek rögzítésére is alkalmas kiegészítéseket, módosításokat is tartalmazó szempontrendszer alapján jellemeztük (Pető et al. 2019). A metszetfalakon minden esetben elkülönítésre került a halom megépítéskor eltemetett paleotalaj szelvénye, a meghordott halomtest, valamint a halomtestet fedő recens talaj szelvénye. Az említett talaj- és üledékképződmények morfológiai leírásakor az elkülönített genetikai szinteket, kultúrrétegeket, illetve üledékrétegeket az alábbi általános paraméterekkel jellemeztük:

- szín,
- fizikai talajféleség,
- szerkezet,
- tömődöttség,
- nedvességállapot,
- szénsavas mésztartalom (megcseppentés: 10%-os HCl oldattal),
- kiválások és konkréciók rögzítése,
- (durva) vázrészek arányának rögzítése,
- talajhibák,
- gyökérzet,
- szintek és/vagy rétegek közötti átmenet jellemzése.

A fent említett talaj-, illetve üledéktani jellemzőkön túlmenően külön hangsúlyt fektettünk a régészeti szempontból meghatározó és a metszetfalban értelmezhető jelenségek, tárgyak megjelenésének leírására, a metszetfalon belüli elhelyezkedésükre és szóródásukra.

Régészeti talajtani szempontból az alábbi jelenségek, illetve talajidegen anyagok előfordulására, gyakoriságára és helyzetére figyeltünk (vö. 11.11 melléklet).

Egyértelműen régészeti korú maradványok:

- paticstörredék v. málladék (PAT),
- faszén (FAS),
- hamu (HAM),
- fémtárgy (FEM),
- kerámiatörredék (KER),
- csonttárgy töredéke (CST),
- kőtárgy töredéke (KO),
- nem detektálható (O).

Nem meghatározható korú egyéb maradványok:

- halcsont (HAL),
- kagyló, csiga (MOL),
- kisállatcsont (KCS),
- egyéb csont (ECS),
- rovar maradvány (ROV),
- tojáshéj (TOJ).

A helyszíni talajvizsgálat adatai, valamint a később rendelkezésemre álló talajvizsgálati paraméterek alapján az eltemetett talajok, valamint a háttérszelvények osztályozását a hazai genetikai és talajföldrajzi osztályozási rendszer alapján (Stefanovits 1963) végeztem el.

A genetikai talajszintek jelölésénél a hazai talajosztályozás kódrendszerét vettem alapul. A módosult talajok/antropogén üledékek elnevezésénél a nemzetközi szakirodalomban, illetve a hazai régészeti talajtani munkákban használt kódrendszerre támaszkodtam. Mivel ezek jelenleg nem követnek egy standard kódrendszert és az egyes talajtani/régészeti iskolák eltérő logika alapján kódolják az antropogén üledékeket/módosult talajokat, ezért szükséges az általam használt kódok feloldásának megadása:

K – kultúrréteg (olyan mesterségesen felhalmozott talajanyag, amely legalább részben őrzi a származási helyzetének talajtulajdonságait, de ex situ helyzetben van).

Az egyes felhalmozási vagy építési rétegeket fentről lefelé növekvő számokkal jeleztem (pl. K1, K2 stb.). Ezek hierarchikus, egymásra települési sorozatokat alkotnak.

Az eltemetett talajok szintjeinek elkülönítésére a talajszintek betűjele után alsó indexben a 'p'-t szerepeltettem. Ez az eltemetett, vagyis ősi, egykori talajszelvények *paleo* jellegére utal (pl. A_p szint). A recens talajok esetében nem alkalmaztam ilyen jelölést.

3.5. A vizsgált minták leltára

Zagolya esetében a kurgán központi metszetsfaláról összesen 21 db minta került begyűjtésre 10 cm-es mélységi bontásban. Ezeket a mintákat használtam mind a talajtani alapvizsgálatok, mind a geokémiai vizsgálatok elvégzéséhez. A ZH1 háttérszelvényből genetikai talajsintenként gyűjtöttem mintát az alapvizsgálatok elvégzéséhez, összesen 4 db minta került felgyűjtésre. A háttérszelvény geokémia mintázatának értékeléséhez a szelvény felső 70 cm-es rétegéből, 5 cm-es bontásban, összesen 14 db mintét gyűjtöttünk (3.1. táblázat)

3.1. táblázat: Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán lelőhelyen és annak környezetében gyűjtött minták leltára.

Szelvény- /mintakód	Minta leírása	Relatív mélység [cm]	Darabszám [db]
ETA-01-től ETA-21-ig	központi metszetsfal	0-210	21
ZH1/A/	háttérszelvény	0-8	4
ZH1/E	háttérszelvény	-	
ZH1/B1	háttérszelvény	10-25	
ZH1/B2	háttérszelvény	25-50	
ZH1/C	háttérszelvény	50-72	
ZH1-01-től ZH-14-ig	háttérszelvény	0-70	14

Movila esetében a kurgán központi metszetsfalát 5 cm-es bontásban mintáztam meg -330 cm-es relatív mélységig, így összesen 66 db mintát gyűjtöttem. Emellett a kurgán egyes rétegeiből és az eltemetett, valamint a recens talaj egye szintjeiből további 10 db átlagmintát, illetve a BGH munkakódon jelölt háttérszelvényből összesen 3 db átlagmintát és további 5 db mintát a geokémiai vizsgálatok céljára gyűjtöttem és dolgoztam fel (3.2. táblázat).

3.2. táblázat: Movila Crăciuneasca kurgán lelőhelyen és annak környezetében gyűjtött minták leltára.

Szelvény- /mintakód	Minta leírása	Relatív mélység [cm]	Darabszám [db]
MC-01-től MC-66-ig	központi metszetsfal	0-330	66
Rétegenkénti átlagminta	központi metszetsfal	0-330	10
BGH/A	háttérszelvény	0-8	3
BGH/B	háttérszelvény	8-25	
BGH/C	háttérszelvény	25-50	
BGH01-től BGH05-ig	háttérszelvény	0-100	5

3.7. Talajtani laboratóriumi vizsgálatok módszertana

A vizsgált kurgánokon nyitott metszetalokon meghatározott talajszintekből és rétegekből talajtani alapvizsgálatok céljából átlagmintákat gyűjtöttünk. Ellentétben a geokémiai vizsgálat céljaira gyűjtött mintákkal ebben az esetben nem folytonos mintázást alkalmaztunk, hanem a morfológiailag elkülönülő rétegtani egységekből vettünk mintákat.

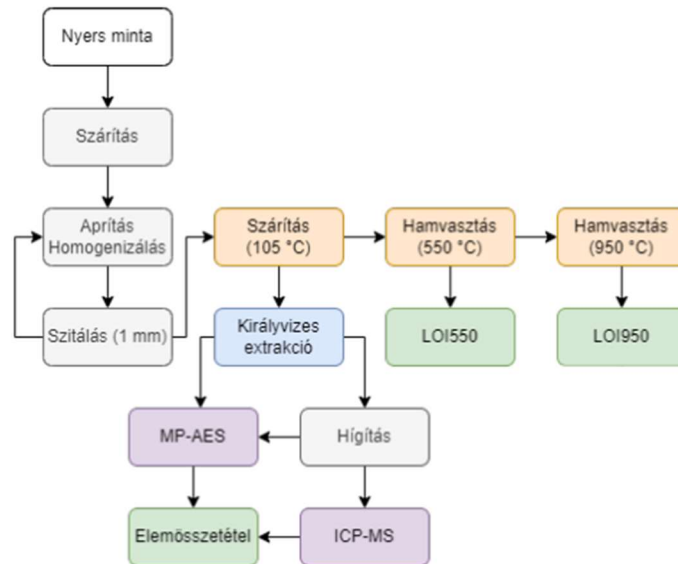
A mintákat talajtani alapvizsgálati paraméterekkel jellemeztük. A mérések a MATE Környezettudományi Intézet, Talajtani Tanszékének laboratóriumában készültek az alábbiak szerint:

- Kémhatás [$\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$]: Az MSZ-08-0206/2-1978 szabvány szerinti 1:2,5 arányú talaj:desztillált víz elegyítésével készített szuszpenzióban potenciometriásan mért érték.
- A minták kötöttségét az Arany-féle kötöttségi értékkel (K_A) jellemeztük (MSZ-21470/51-1983). A K_A érték a minták fizikai féleségének meghatározását segíti.
- A minták szénsavas mésztartalmát az MSZ-08-0206/2-1978 számú szabvány szerinti, Scheibler-féle kalciméterrel mért összes karbonátforma $\text{CaCO}_3\%$ -ban kifejezett értékeként adtuk meg.
- A minták összes humusztartalom [$\text{m}/\text{m}\%$] mérése az MSZ-08-0210/1977, valamint az MSZ-08-0452/1980 számú szabványok alapján valósult meg.
- A vízben oldható összes sótartalom [$\text{m}/\text{m}\%$] mérés az MSZ-08-0206/2-1978 számú szabvány szerint történt.

3.8. Geokémiai (laboratóriumi) vizsgálatok módszertana

3.8.1. A geokémiai vizsgálatok folyamatának bemutatása

A minták királyvizes roncsolással kerültek feltárássra. A folyamat számos lépésből áll, ezt szemlélteti a 3.14. ábra.



3.14. ábra: Talajminták kémiai feldolgozásának sematikus rajza

A laboratóriumba szállítást követően a mintákat vékony rétegben kiterítettem és szobahőmérsékleten szárítottam. A légszáraz mintákat homogenizáltam aprítással és szitálással. A mintákat porcelán mozsárban törtem, majd 1 mm szembőségű szitán szitáltam. A folyamat közben a növényi részeket, gyökereket köveket, kavicsokat eltávolítottam. A szitán fentmaradt részt tovább őröltem míg a teljes mennyiség a szitán átesett.

A minta szervesanyag és karbonát tartalmát kétlépcsős hevítéssel meg lehet becsülni (Dean 1974; Heiri et al. 2001). Ehhez a vizsgálatokhoz 105 °C-on szárított mintákat használtam fel. Az első lépcsőben 100 °C/óra sebességgel fűtöttük fel a kemencét 550 °C-ig, majd ezen a hőmérsékleten tartottuk 3 órán át. Lehűlésüket követően a tégelyek tömegét visszamértük. A tömegvesztéseget a száraz minta tömegéhez viszonyítva, százalékban adtuk meg és LOI550-ként jelöltük. Ezt követően a hamut tartalmazó tégelyt visszahelyeztük a kemencébe és szintén 100 °C/óra sebességgel 950 °C-ra hevítettük. Ebben az esetben a hőntartás ideje 1 óra volt. A tégelyek tömegét visszamértük és a tömeg veszteségből kiszámítottuk a LOI950-et.

A LOI550 a talaj szerves anyag tartalmával a LOI950 pedig a karbonát tartalmával arányos. Fontos szem előtt tartani, hogy ha nagy a talaj agyag- és kicsi a karbonáttartalma a módszert fenntartásokkal kell kezelni.

A királyvizes roncsolás esetében $0.1 \pm 0.005\text{g}$ $105\text{ }^\circ\text{C}$ -on szárított mintákat mértem be analitikai mérlegemre. A mintákhoz 2 ml 65% (m/m) analitikai salétromsavat és 6 ml 37% (m/m) analitikai sósavat adagoltam. Az elegyet 1.5 órán keresztül forraltam. Ezt követően a mintákhoz 10 ml ultra-tiszta vizet adtam és a forralást további 1 órán keresztül folytattam. Ez a lépés elősegítette az oldási maradék ülepedését. Lehűlést követően az oldatokat 50 ml -es mérőlombikokba szűrtem és az oldatokat jelre töltöttem.

A feltárt mintákban az elemek koncentrációit induktív csatolású plazma tömegspektrometria (ICP-MS) és mikrohullámú plazma atom emissziós spektrometria (MP-AES) segítségével határoztam meg. A két módszerben közös, hogy külső kalibráló görbe felvételével történt az intenzitások és a koncentrációk közötti kapcsolat megteremtése.

A kalibráló görbék koncentráció tartománya úgy került megválasztásra, hogy a várt elemkoncentrációk lehetőleg a közepükre essenek. Amennyiben egyes minták bizonyos elemei a mérési módszerek lineáris tartományán kívülre estek hígításra kerültek. A vizsgált elemek és azok hullámhosszai (MP-AES esetében), és m/z értékei (ICP-MS esetében) az 3.3. táblázatban láthatók.

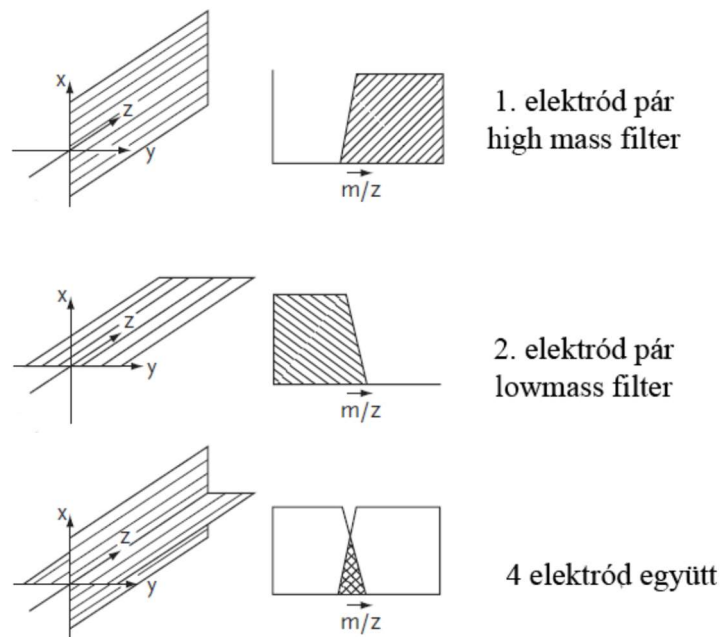
Az első halom vizsgálata során (Zagolya, ETA-01) összehasonlítottam a két módszerrel kapott adatokat több elem esetében is, és jó egyezést tapasztaltam köztük. Ezért a további halmok vizsgálata során amennyiben az MP-AES méréssel értékelhető eredményt kaptam (kvantifikációs határ feletti koncentrációk) nem került az elem újra mérésre az ICP-MS technikával.

Az instrumentális drift elkerülésének érdekében MP-AES módszernél 15 mérésenként újra felvettem a kalibrációs görbéket, ICP-MS technika esetében pedig on-line keveréssel belső standardot használtam az esetleges időbeli jelváltozások korrigálására.

A plazmát követő elem az interfész, melynek célja, hogy a légköri nyomású plazmateret és a vákuum alatt működő tömegspektrométert összekösse.

Az interfészt követően ionoptika található, mely fémlemezektől és iontükrökből áll. Megakadályozza a töltés nélküli részecskék bejutását, illetve fókuszálja a beérkező ionokat.

Az ionoptikát a tömeganalizátor követi. Feladata, hogy az ionokat tömeg/töltés (m/z) arányuk szerint elkülönítse. Az alkalmazott műszer esetében ez kvadrupol típusú, mely a koncentráció mérésre fejlesztett műszerek esetén a leggyakoribb megoldás. A tömeganalizátor 4 párhuzamos rúdból áll, melyek keresztmetszete kör vagy hiperbolikus. A szemközti rudak elektromosan össze vannak kapcsolva. A párok közül az egyikre pozitív egyenáramot és váltó áramot kapcsolnak, a másik párra pedig megegyező nagyságú negatív egyenáramot és 180° -kal eltolt váltóáramot. A pozitív pár az úgy nevezett „high mass” filter, a negatív pár pedig a „low mass” filter. A kettő együtt működve egy szűk m/z arány tartományba eső ionokat enged tovább haladni a kvadrupolon. A működésüket a 3.16. ábra szemlélteti.



3.16. ábra: Kvadrupolok működése (forrás: Vanhaecke, 2012)

A tömeganalizátorból az átengedett ionok pedig egy detektorba ütköznek, ez az Agilent 8800 esetében egy elektron sokszorozó.

Az alkalmazott készülék különlegessége a „triple-quad” elrendezés. A műszerben két kvadrupol tömeganalizátor és közöttük egy oktopol reakció cella található. A reakció cella különböző gázokkal tölthető meg. Az elemzések során hélium gázt alkalmaztam. Az egyik legnagyobb zavaró tényező, a poliatomos molekulaionok (May et al. 1998) kiküszöbölésére használható ez a technika (Thomas 2013).

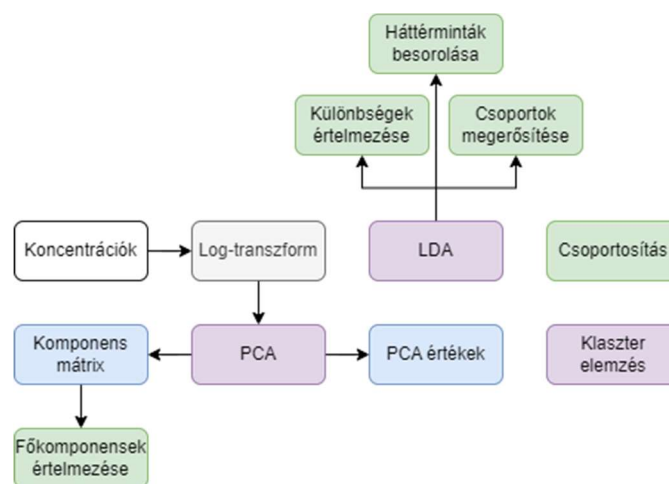
3.8.5. Mikrohullámú plazma atomemissziós spektrometria (MP-AES)

A mikrohullámú plazma atomemissziós spektrometria (MP-AES) azon a jelenségen alapszik, hogy az atomok gerjesztés hatására karakterisztikus fényt bocsátanak ki. Az MP-AES technikánál a gerjesztést egy mikrohullám segítségével létrehozott nitrogén plazma végzi. Az alkalmazott műszer az Agilent 4200 MP-AES készülék volt. A mikrohullámú plazma alacsonyabb hőmérséklettel rendelkezik, mint az ICP, így kevesebb elemet gerjeszt. Üzemeltetése azonban rendkívül olcsó, mivel a nitrogént levegőből egy nitrogén generátor állítja elő. A technika kiválóan alkalmas olyan oldatok vizsgálatára melyben az elemek koncentrációja 0,5 és 100 ppm között várható. Az MP-AES kifejezetten érzékeny továbbá az alkáli és alkáliföldfémekre, ami előny mivel a kis tömegszámú elemek (pl. Li, Na) mérésénél az ICP-MS technika alkalmazása esetén jelentős zavaró hatásokkal kell számolni.

3.9. Az adatfeldolgozás és adatvizualizáció módszertana

3.9.1. Adatok statisztikai feldolgozása

Feldolgozás előtt a koncentráció adatokat mg/kg egységbe váltottam, majd megvizsgáltam az eloszlásokat. A legtöbb statisztikai módszer normális eloszlású adathalmazt feltételez, ezért az adatsorokat log-transzformáltam, így közelebb kerülve a normális eloszláshoz (Stanley 2006). A normális eloszlást Shapiro-Wilk teszttel ellenőriztem, a statisztikai próba alapján a legtöbb változó nem normális eloszlást mutatott, így indokolt a log-transzformálás (lásd 11.9. és 11.10. melléklet).



3.17. ábra: Az adatok statisztikai feldolgozásának sematikus vázlata

A statisztikai feldolgozás folyamatát a 3.17. ábra szemlélteti. Geokémiai adatsorokon az egyik leggyakrabban alkalmazott módszer a főkomponens-analízis (PCA) (Barczy et al. 2006; Davis 1986; Koinig et al. 2003; Sadeghi et al. 2013). Szerepe, hogy segítsen egy sokváltozós adathalmaz dimenziószám-csökkentésében, és megkönnyítse az eredmények értelmezhetőségét. Főkomponens-analízis során új ún. látens változókat (főkomponenseket) hoz létre az algoritmus. Az új változók minden lépésben úgy kerülnek meghatározásra az eredeti változók lineáris kombinációjából, hogy mindig a lehető legnagyobb varianciát magyarázzák, és az előzőleg kiszámított főkomponensekre merőlegesen legyenek.

A PCA eredménye a főkomponens-koefficiens (score) és főkomponens-súlyok (loading). A súlyok értékei megmutatják, hogy milyen irányú és erősségű korreláció van az egyes főkomponensek és a kiindulási változók közt. A korrelációs viszonyok vizsgálatával a látens változók értelmezhetővé válnak.

A PCA egyik előnye, hogy az új létrejövő adathalmaz változói ortogonálisok egymásra, és így az euklideszi távolság mért mérték jól értelmezhető, ami fontos a következő lépésnél a klaszteranalízis (CA). A klaszter analízis célja a minták homogén és jól elkülönülő csoportokba sorolása, mely segít a mintázatok felderítése. Vizsgálataimnál hierarchikus klaszteranalízist használtam Ward minimum variancia módszerével (Ward 1963) metrikaként, euklideszi távolsággal.

A PCA másik előnye, hogy lehetővé teszi az adatok szűrését. Azok az adatpontok, amelyek standardizált abszolút főkomponens értéke 3 feletti, jelentősen kilógnak az adatfelhőből, és torzítják az eredményeket. Ezért minden esetben figyelmen kívül hagyásra kerültek azok az adatpontok melyek torzítást okoznak.

A kialakult klaszterek ellenőrzésére (Ng és King 2004), és a köztük fennálló viszonyok felderítésére lineáris diszkriminancia analízist használtam. A bemeneti adatok a log-transzformált mérési eredmények, illetve a klaszter elemzés csoportjai voltak. Az LDA lehetővé teszi a minták csoportba tartozási valószínűségének vizsgálatát, valamint a csoportok közötti különbségek feltérképezését a diszkrimináló függvények, és az eredeti változók közötti kapcsolat vizsgálatával (Barczi 2016). A számításokat IBM SPSS Statistics 25 és Microsoft Excel segítségével végeztem.

3.9.2. Adatvizualizáció

Az adatok értékeléséhez és eredmények szemléltetéséhez készült ábrák GIMP, InkScape és a Python Matplotlib nevű csomagjával készültek.

A főkomponens elemzésnél gyakran használt biplotok alkalmazhatóak diszkriminancia elemzés eredményeinek a vizsgálatára is (Greenacre 2010). Az alkalmazott biploton a diszkriminancia értékek, mint pontok jelennek meg. A kiindulási paraméterek és a diszkriminancia változók közti korreláció pedig vektorok formájában kerül feltüntetésre. A vektorok iránya megmutatja, hogy az egyes változók milyen viszonyban vannak a diszkrimináló függvények értékével, segítve a pontok szeparáltságának értelmezését.

4. Eredmények és megvitatásuk

Dolgozatomban, az YMPACT projekt keretében vizsgált kurgánok közül kettő vizsgálati eredményeit és azok megvitatását adom közre. Az eredmények bemutatása az alábbi logikát követi. Mindkét kurgán, illetve régészeti lelőhely esetében megadom a helyszíni talajvizsgálat eredményeit, majd a talajvizsgálati laboratóriumi eredményeket, az eltemetett talajszelvény és a háttérszelvény lehetséges talajosztályozását, utána pedig az egyes vizsgálati szelvények geokémiai elemzéséből származó eredmények bemutatása következik.

4.1. Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán vizsgálatának eredményei

4.1.1. A helyszíni talajvizsgálat eredményei

4.1.1.1. A ZH1-es háttérszelvény helyszíni talajvizsgálatának eredményei

A ZH1-es munkakódon nyitott talajszelvény helyét a kurgántól délre, mintegy 134 méteres távolságban jelöltük ki (3.3 ábra). Az előzetes felmérések alapján ismert volt, hogy Zagolya-puszta erősen mozaikos növényzeti és talajtani képpel bír és annak érdekében, hogy minél inkább a halom építési területére jellemző talajfoltban tudjuk megnyitni a háttérszelvényt a magasabb térszíneket kerestük.

A ZH1-es szelvény egy A-E-B1-B2-C szintbeosztású talajképződmény (3.4 ábra). A helyszíni talajvizsgálat jegyzőkönyvét az 11.1. melléklet tartalmazza, de a kivonatolt eredményeket itt is közre adom (4.1. táblázat). A rendkívül sekély A-szintet (0-8 cm) agyagos vályog fizikai féleségűnek határoztam. A gyengén szerkezetes (szemcsés) A-szint lágyszárú gyökerekkel nemezszerűen átszőtt, 10%-os HCl oldattal történt lecseppentés hatására erős reakciót mutatott. Az A-szint igen kevés, gyengén fejlett karbonátkiválást tartalmazott. A kiszáradt A-szint alatt egy szerkezet nélküli, poros, barnás szürke (10YR 6/1) kilúgzási szint települt (E-szint; 8-10 cm). A szelvény magasabban települő B1-szintjét szürkés barnás sárgának határoztam (10YR 4/2), textúrája vályog, jellegzetes hasábos szerkezetet mutatott. A B2-szint csak nyomokban tartalmazott szénsavas meszet, fizikai félesége agyagos vályognak mutatkozott, színe sötétebb (10YR 4/4), mint a B1-es szintté. A vizsgálatra kipreparált metszetfalon haránt irányban egy korábbi állatjárat húzódott (krotovina). A szelvény alapkőzete egy szerkezet nélküli, sárgás barna (2.5Y 5/4), magas karbonáttartalmú, enyhén tömörödött üledék. A terület geológiai alapadatai alapján vélhetően folyóvízi aleuritként (fQp_3^{al}) vagy infúziós löszként (hQp_3^{il}) lehet azonosítani (Gyalog 2005).

4.1. táblázat: A ZH1-es háttérszelvény helyszíni talajvizsgálatának kivonatolt eredményei.

Genetikai talajszint	Relatív mélység [cm]	Szín	Határ	Textúra	Szerkezet	Karbonát reakció	Kiválások	Régészeti jelenség
A	0-8	10YR 4/1	D	av	GYSZ-SZ	E	GY-LEP	O
E	8-10	10YR 6/1	D	v	O	K	GY-LEP	O
B1	10-25	10YR 4/2	É	av	H	E	GY-LEP	O
B2	25-50	10YR 4/4	É	v	POL	NY	KR	O
C	50-72	2.5Y 5/4	-	av	O	E	R/SS	O

(rövidítések: Határ: D – diffúz, É – éles; Textúra: v – vályog, av agyagos-vályogos; Szerkezet: GYSZ – gyengén szerkezetes; O – szerkezet nélküli; SZ – szemcsés; H – hasábos; POL – poliéderez; Karbonát reakció: NY – nyomokban, K – közepes, E – erős, IE – igen erős; Kiválások: LEP – karbonát lepedék, ÉR – karbonát ér; GY – gyengén fejlett, KR – állatjárat (krotovina), R – rozsd/redox; SS – szeplő; Régészeti jelenség: O – nincsen)

4.1.1.2. A központi metszettel (ETA-01) helyszíni talajvizsgálati eredményei

A központi metszettel megfigyelt talaj- és üledékrétegek morfológiai bélyegei alapján a kurgánt az alábbi rétegtani egységekre osztottuk:

- 0–40 cm A-szint
- 40–60 cm B-szint
- 60–80 cm BC-szint
- 80–110 cm C1 réteg
- 110–140 cm A_p-szint
- 140–160 cm B_p-szint
- 160–180 cm BC_p-szint
- 180–210 cm C_p-szint

A központi metszettel tételes helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyvét az 11.2. melléklet tartalmazza, de kivonatossan a 4.2. táblázatban is közre adom.

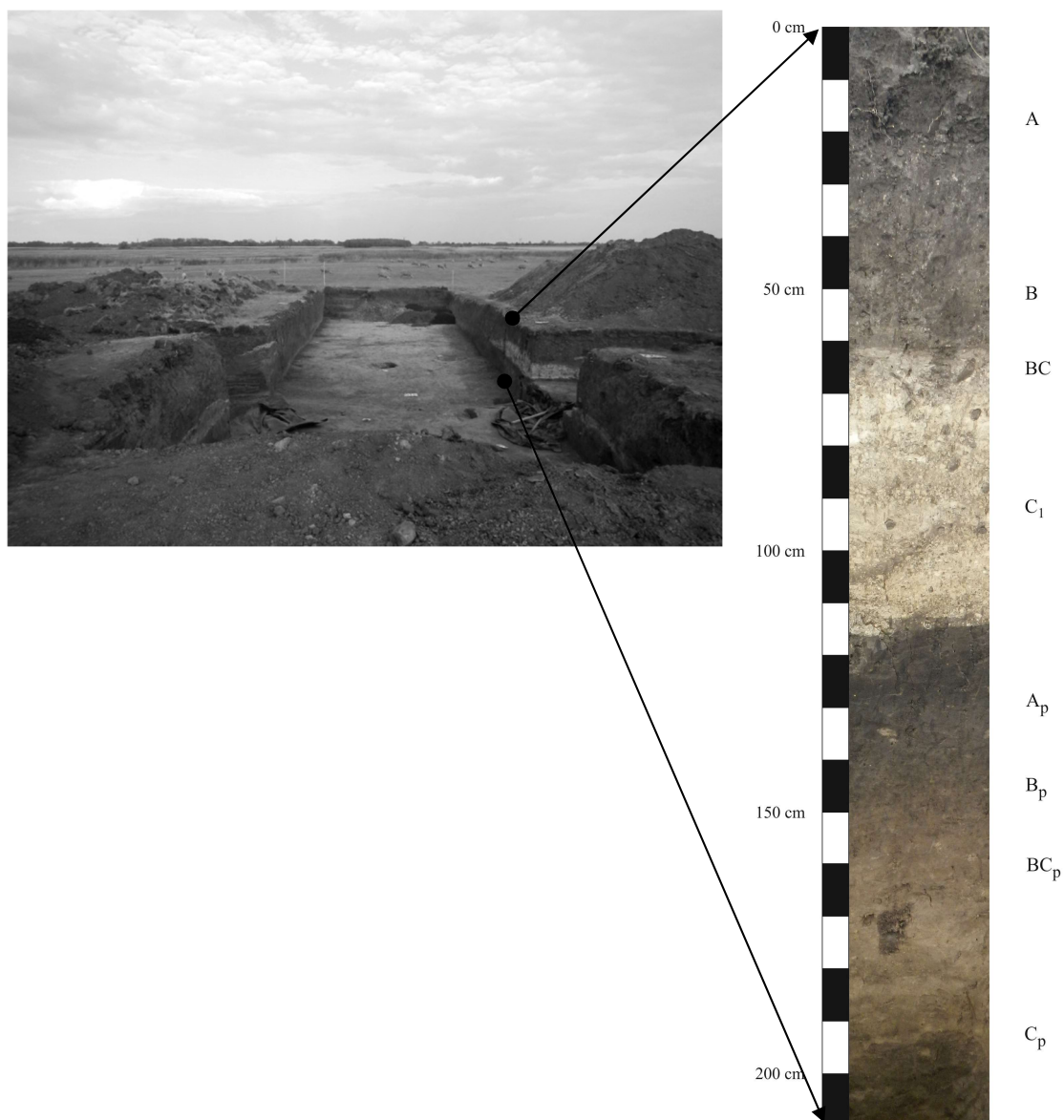
A kurgán palástját fedő recens talajképződmény humuszos feltalaja (A-szint, 0–40 cm) egy sötétbarna-fekete színű (10YR 3/2), morzsás szerkezetű talajképződmény. Fizikai félesége a homokos vályog kategóriába esik, szerkezetét a helyszíni szemle során morzsásnak ítéltém. Mind a helyszínen végzett mészállapot-ellenőrzés, mind a laboratóriumi mérések alapján a recens A-szint közepesen meszes. A talajképződményben csupán gyengén fejlett mészkiválások jelentkeztek. A kurgánt fedő recens talaj A-szintje színben fokozatosan, textúrában enyhe váltással kapcsolódik az alatta települő, homokos vályog fizikai féleségűnek ítélt átmeneti B-szinthez, amelyben magasabb szénsavas mésztartalmat tapasztaltam a helyszíni talajvizsgálat során. A recens talajtakaró alapkőzetét adó C1 réteg és a B-szint között, 60–80 cm-es relatív

mélységben leírtam egy rövid átmeneti BC-szintet. A BC-szint színben átmenet ad a C1 réteg és a B-szint között.

A 80–110 cm-es relatív mélységben leírt C1 réteg adja a recens talajtakaró alapkőzetét. A réteg jelöléséhez az alapkőzetek jelöléséhez általánosan használt betűkódot alkalmaztam, mert logikailag ezen a rétegen fejlődött a halom palástjának recens talaja. Annak érdekében, hogy meg lehessen különböztetni a központi metszeten a paleotalaj alapkőzetétől, az '1'-es sorszámmal jelöltem (C1). Ugyanakkor itt kell kiemelnem, hogy a réteg megnevezése ellentmondásos, mert nem egy természetesen települő, hanem mesterségesen felhalmozott, de eredetileg – minden adat és megfigyelés szerint – alapkőzeti pozícióban (ezért a 'C' kódolás) lévő üledékösszletről van szó. A szürkés sárga mátrixú (2.5Y 6/2), szerkezet nélküli üledékösszlet lencseszerűen ékelődik a kurgántestbe, ugyanakkor nem található meg a teljes keresztmetszeten, hanem a központi temetkezés feletti területrészen jelentkezik (4.1. ábra). A rétegben állatjártatok eredményeképpen keveredés (bioturbáció) tapasztalható.

A kurgán által elfedett eredeti járósíntet 110 cm-es relatív mélységben határoztuk meg. A vizsgált szelvény 110–210 cm-es relatív mélysége egy elfedett egykori (paleo) talajszelvényt rejt, amelyet a helyszíni talajvizsgálat során A_p – B_p – BC_p – C_p szintekre tagoltam. Ahogy az Anyag és módszer fejezetben erre kitértem, a 'p' jelző a paleo, azaz eltemetett talajszinteket jelöli a dolgozatban.

Az eltemetett talajszelvény humuszos feltalaja (A_p -szint; 110–140 cm) egy sötétbarna (10YR 3/3), gyengén morzsás szerkezetű képződmény, amelyben mészkiválások, valamint állatjártatok figyelhetőek meg; a szint anyaga enyhén tömődött/tömörödött. Színben és textúrában fokozatos átmenettel kapcsolódik a szelvény átmeneti B-szintjéhez (140–160 cm), ami egy homokos vályog fizikai féleségű, mészkiválásokkal és állatjártatokkal tarkított, barna (10YR 4/6) képződmény. Az eltemetett paleotalaj alapkőzete 180 cm-es relatív mélységben tárult fel. A C_p -szint szerkezet nélküli, sárga (2.5Y 6/4), laza, magas karbonát-tartalmú üledékösszlet. Az alapkőzet; tekintettel a színére és a kötött textúrára, valamint a terület geológiai jellegzetességeire (Gyalog 2005) minden valószínűség szerint aleuritként (fQp_3^{al}) határozható meg.



4.1. ábra: Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán feltárása során kipreparált központi metszetfal habitus képe, relatív mélységadatai és a meghatározott talajszintek, illetve üledékrétegek kódolása (Pető et al. 2022 nyomán).

4.2. táblázat: Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán központi metszetfalán végzett helyszíni talajvizsgálat kivonatolt eredményei.

Szint / Réteg	Relatív mélység [cm]	Szín	Határ	Textúra	Szerkezet	Karbonát reakció	Kiválások	Régészeti jelenség
A	0-40	10YR 3/2	D	v	M	K	GY-LEP	PAT, KER
B	40-60	10YR 4/4	D	hv	GYSZ	E	GY-LEP	PAT, KER
BC	60-80	10YR 5/3	D	hv	GYSZ	E	GY-LEP	O
C1	80-110	2.5Y 6/2 mátrix, kevert	É	hv	O	GY/K	ÉR, KR	FAS
A _p	110-140	10YR 3/3	É	hv/v	GYSZ-M	E	LEP/ÉR	O
B _p	140-160	10YR 4/6	D	v	GYSZ	IE	LEP/ÉR, KR	O
BC _p	160-180	10YR 5/4	D	v	O	IE	LEP/ÉR, KR	O
C _p	180-210	2.5Y 5/4	-	av	O	IE	LEP/ÉR, KR	O

(rövidítések: Határ: D – diffúz, É – éles; Textúra: hv – homokos vályog; v – vályog, av agyagos-vályogos; Szerkezet: M – morzsás; GYSZ – gyengén szerkezetes; O – szerkezet nélküli; Karbonát reakció: K – közepes, E – erős, IE – igen erős; Kiválások: LEP – karbonát lepedék, ÉR – karbonát ér; GY – gyengén fejlett, KR – állatjárat (krotovina); Régészeti jelenség: PAT – paticstörredék, KER – kerámiatörredék, FAS – faszén(folt), O – nincsen; Tömődöttség: L – laza, ET – enyhén tömörödött)

4.1.2. A laboratóriumi talajvizsgálat eredményei

4.1.2.1. A ZH1-es háttérszelvény laboratóriumi talajvizsgálati eredményei

A háttérszelvény öt genetikai talajszintjéből összesen négy esetében vettem mintát. A szelvény kilúgzási A-szintjében (0–8 cm) csupán nagyon alacsony humusztartalmat lehetett kimutatni ($H\%_A = 0,76$), ugyanakkor karbonáttartalma kiugróan magas ($CaCO_3\% = 23,5$), pH értéke 10 feletti (4.3. táblázat). Az A-szint alatt települő E-szint humusztartalma magasabbnak mutatkozott ($H\%_E = 2,45\%$), ugyanakkor kevésbé kötött ($K_A = 41$), mészállapota közepes ($CaCO_3\% = 7,0$), kémhatás magas értéket vesz fel ($pH(H_2O) = 9,7$). Az erősebben textúrált (agyagosabb) B1-szint ($K_A = 48$) mutatta a legmagasabb sótartalmat ($só\% = 0,526$), emellett pedig megnövekedett szénsavas mésztartalommal bír ($CaCO_3\% = 13,1$). A szelvény alapközete felett települő B2-szintben a szénsavas mésztartalom értéke lecsökken ($CaCO_3\% = 0,4$), ugyanakkor meglepő módon magas humusztartalmat mértünk ($H\% = 3,26$) (4.3. táblázat).

4.3. táblázat: Hajdúnánás-Zagolya ZH1-es háttérszelvény metszetaljáról gyűjtött minták laboratóriumi talajvizsgálati eredményei.

Genetikai szint	Mintavételi mélység [cm]	Talajtani paraméter					
		K_A	só% (m/m%)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	CaCO ₃ %	H%
A	0-8	44	0,469	10,1	9,1	23,5	0,76
E	8-10	41	0,396	9,7	8,6	7,0	2,45
B1	10-25	48	0,526	9,9	8,8	13,1	1,24
B2	25-50	42	0,116	8,4	8,1	0,4	3,26
C	50-72	-	-	-	-	-	-

4.1.2.2. A központi metszetről (ETA-01) laboratóriumi talajvizsgálati eredményei

A központi metszetről származó minták talajvizsgálati eredményeit táblázatos formában az alábbi 4.4. táblázat foglalja össze. Az adatok vertikális eloszlását egy diagramon is ábrázoltam, ezt az alfejezet végén a 4.2. ábra jeleníti meg.

4.4. táblázat: Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán központi metszetről gyűjtött minták laboratóriumi talajvizsgálati eredményei.

Szint és/vagy réteg megnevezése	Mintavételi mélység [cm]	Talajtani paraméter				
		K _A	só% (m/m%)	pH (H ₂ O)	CaCO ₃ %	H%
A-szint	0-10	42	0,0190	8,15	4,52	2,19
	10-20	40	0,0190	8,14	5,13	1,93
	20-30	39	0,0190	8,53	2,05	1,87
	30-40	39	0,0190	8,61	2,22	1,75
B-szint	40-50	34	0,0190	9,21	13,55	0,56
	50-60	32	0,0310	9,36	12,32	0,55
BC-szint	60-70	32	0,0489	9,39	13,96	0,54
	70-80	33	0,0467	9,42	12,32	0,51
C1 réteg	80-90	36	0,0499	9,43	9,03	0,59
	90-100	38	0,0774	9,19	0,09	1,97
	100-110	37	0,0836	9,38	3,70	1,63
A _p -szint	110-120	39	0,0798	9,49	7,80	1,29
	120-130	40	0,0782	9,41	12,32	1,05
	130-140	42	0,0635	9,46	16,42	0,78
B _p -szint	140-150	43	0,0683	9,42	20,94	0,65
	150-160	43	0,0737	9,37	21,76	0,51
BC _p -szint	160-170	43	0,0782	9,34	22,99	0,50
	170-180	45	0,0722	9,29	17,65	0,45
C _p -szint	180-190	45	0,0773	9,24	18,48	0,37
	190-200	47	0,0913	9,20	17,65	0,30
	200-210	46	0,0807	9,20	17,24	0,33

Talajtani vizsgálat céljából a kurgán feltárása során kialakított ún. központi mintavételi szelvény kezdőpontját a kurgán jelenkori felszínén jelöltük ki (0 cm). A vizsgált szelvény talppontja pedig -210 cm-es relatív mélységben helyezkedett el. A 10 cm-es mintavételi közőkkel megmintázott szelvényből így összesen 21 db minta került kiemelésre és elemzésre.

A vizsgált szelvény általános talajtani paramétereiről a minták leíró statisztikájából tudhatunk meg többet. A teljes vizsgált szelvényben a szintek és rétegek fizikai félesége 32 (K_{A min}) és 47 (K_{A max}) értékek között ingadozik, amely alapján a homokos vályog és az agyagos vályog fizikai féleség kategóriák között ingadozik az egyes minták által megjelenített rétegek

és szintek textúrája. A teljes vizsgálati szelvény viszonylag homogén texturáltságát a K_A paraméter alacsony szórásértéke is alátámasztja, amely csak 4,56-nak mutatkozott (4.5. táblázat). A kurgánt felépítő talaj- és üledékrétegek összes sótartalma átlagosan 0,0570%, szélső értékei pedig 0,0190% (só%_{min}) és 0,0913 (só%_{max}) között ingadozik. A szelvény mintáinak pH értéke minimális szórás mellett (std pH(H₂O) = 0,41) a lúgos tartományban pH(H₂O) 8,14 és pH(H₂O) 9,49 marad. A szénsavas mész tekintetében jelentős ingadozás figyelhető meg a vizsgált szelvény mintáiban, hiszen 0,09%-os minimum érték és 22,99%-os maximális érték között ingadozva 12,01%-os átlagot vesz fel (4.2. ábra, 4.5. táblázat). A humusztartalom tekintetében kisebb eltéréseket tapasztalunk. A legmagasabb 2,19% (H%_{max}) értékhez 0,30%-os (H%_{min}) minimális érték párosul. Ehhez mérten a szórás is mindössze 0,63 (std H%; 4.2. táblázat).

4.5. táblázat: A Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán központi metszeten gyűjtött talajminták leíró statisztikája

	Talajtani paraméter				
	K_A	só% (m/m%)	pH (H ₂ O)	CaCO ₃ %	H%
n	21	21	21	21	21
n hiányzó	0	0	0	0	0
n nem-zéró érték	21	21	21	21	21
minimum	32	0,0190	8,14	0,09	0,30
maximum	47	0,0913	9,49	22,99	2,19
átlag	39,80	0,0570	9,15	12,01	0,97
közéérték	40,00	0,0683	9,34	12,32	0,59
szórás	4,56	0,0254	0,41	6,87	0,63

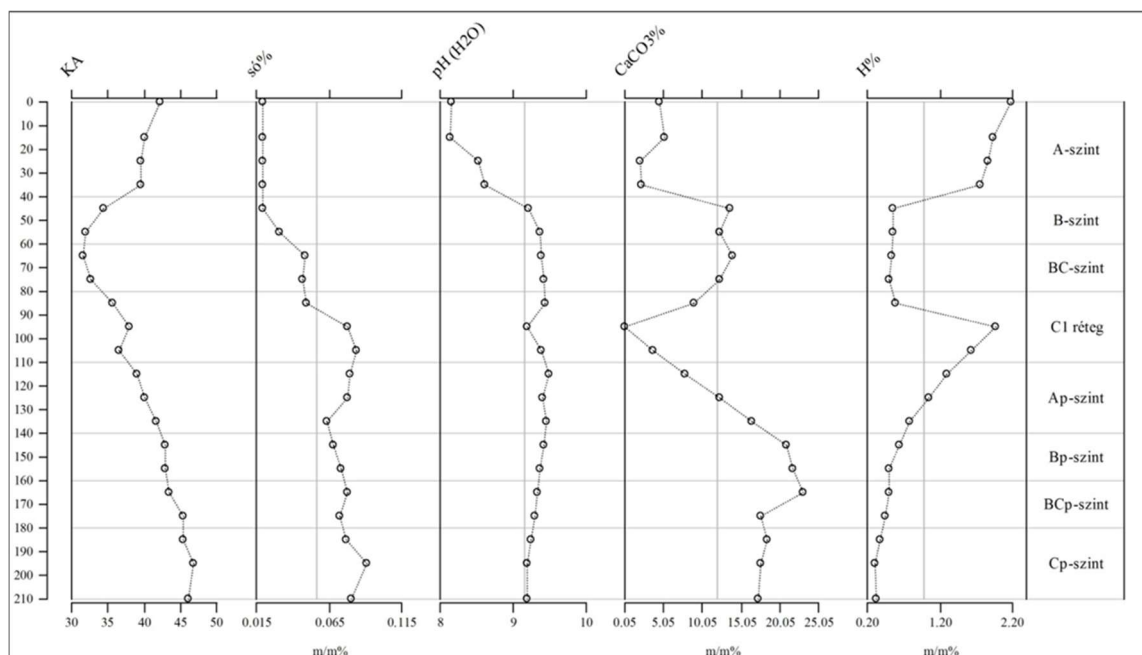
A kurgán recens talajtakarójának feltalaj a gyengén lúgos tartományba esik ($8,14 \leq \text{pH}[\text{H}_2\text{O}] \leq 8,61$), szénsavas mésztartalma a gyengén meszes és a közepesen meszes kategória határán van. Az A-szint humusztartalma (H%) 2,19% és 1,75% között ingadozik (4.4. táblázat). Ennél is fontosabb azonban, hogy a humusztartalom vertikálisan csökken, nem tapasztalható kiugrás vagy szélsőséges kilengés a vertikális eloszlásban (4.2. ábra). A homokos vályog fizikai féleség kategóriába sorolható B-szint humusztartalma 0,55%-os értékre csökken, ugyanakkor a vizsgált szelvényben ebben a mélységtartományban érhető tetten az összes sótartalom enyhe megnövekedése. A B-szintben tetten érhető összes sótartalom növekedés a mélységgel fokozódik a BC-szintben is, majd a maximumát a C1 réteg legalsó mintájában éri el. A BC-szint színben átmenet ad a C1 réteg és a B-szint között, talajfizikai és talajkémiai paramétereire jellemző, hogy a homokos vályog fizikai féleség kategóriába sorolható, közepesen magas

összes sótartalommal bír, lúgos kémhatású, közepesen meszes és alacsony humusztartalmú (4.2. ábra).

A 80–110 cm-es relatív mélységben leírt C1 réteg adja a recens talajtakaró alapkőzetét. A rétegben sok állatjárat található, amelynek eredményeképpen keveredést tapasztaltam a réteg anyagában. Minden valószínűség szerint ennek tudható be a megemelkedett humusztartalom érték (90–100 cm közötti H%, 4.2. ábra) és a hirtelen lecsökkenő szénsavas mésztartalom is egy-egy mintában. Fontos kiemelni, hogy a réteg összes sótartalma magasabb, mint amit a felszínen tapasztaltam ($0,0467 \leq \text{só}\% \leq 0,0836$) (4.4. táblázat).

Az eltemetett talaj feltalajának (A_p -szint) textúrája a homokos vályog és a vályog fizikai féleség kategóriák határán mozog ($39 \leq K_A \leq 42$; 4.4. táblázat). A B_p -szint humusztartalma alacsony, kémhatása lúgos, összes sótartalma közepes. Arany-féle kötöttségi értéke 45 és 47 között mozog, amely alapján az agyagos vályog fizikai féleség kategóriába sorolható.

Az eltemetett talajszelvényben a humusztartalom a mélységgel csökken, a legfelső vizsgált mintában mért 1,29%-os humusztartalomról egészen 0,33%-ig esik vissza ez a talajtani paraméter a 210 cm-es relatív mélységben, amely már a C_p -szintet jeleníti meg. Ezzel ellentétes dinamikát rajzol ki a karbonát-tartalom lefutási görbéje (4.2. ábra). A mélységgel a szénsavas mésztartalma fokozatosan nő, legnagyobb értékét a BC_p átmeneti szintben veszi fel ($\text{CaCO}_3\%_{\text{max}}=22,99$) (4.4. táblázat). Textúrájában, kémhatásban, karbonát-tartalomban és humusztartalomban csak enyhe különbség mutatkozik a BC_p - és a C_p -szintek között.



4.2. ábra: A Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgán központi metszetsfalán gyűjtött talajminták általános paramétereinek vertikális lefutási görbéi.

4.1.3. A paleotalaj és a ZH1 háttérszelvény talajosztályozása

A helyszíni talajvizsgálat során megfigyelt talajképződési bélyegek, valamint a vizsgálatba vont talajminták laboratóriumi eredményeinek ismeretében a kurgán eltemetett talaja a mezőségi (csernozjom) talajok fő típusába sorolható. A szelvényben – igaz gyengén kifejlett állapotban – de tetten érhető volt a mészlepedékes csernozjomokra jellemző karbonát-kiválási réteg. Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy az eltemetett szelvény mélyebb rétegeiben az enyhén megemelkedett só-tartalom a mélyben sós altípus felé mutat. A vizsgált szelvényben az összes só-tartalom sehol sem haladta meg az altípusba való sorolás kritériumaként szabható 0,1%-os értéket (Stefanovits et al. 2010).

A kurgán palástját adó recens talajképződés talajtani besorolása nagyobb körültekintést igényel, hiszen egy olyan módosult talajról van szó, amelyet minden valószínűség szerint a kurgán eredeti környezetéből hoztak meg, amely ugyanakkor az elmúlt időszakban – ami akár több ezer év is lehet – talajosodási folyamatokon ment keresztül. A morfológiai leírás, illetve a talajtani paraméterek alapján a recens talajtakaró is mezőségi (csernozjom) fő típusok jellegzetességeit és bélyegeit hordja magán, így ezt a talajképződést is csernozjom talajként határozhatjuk meg.

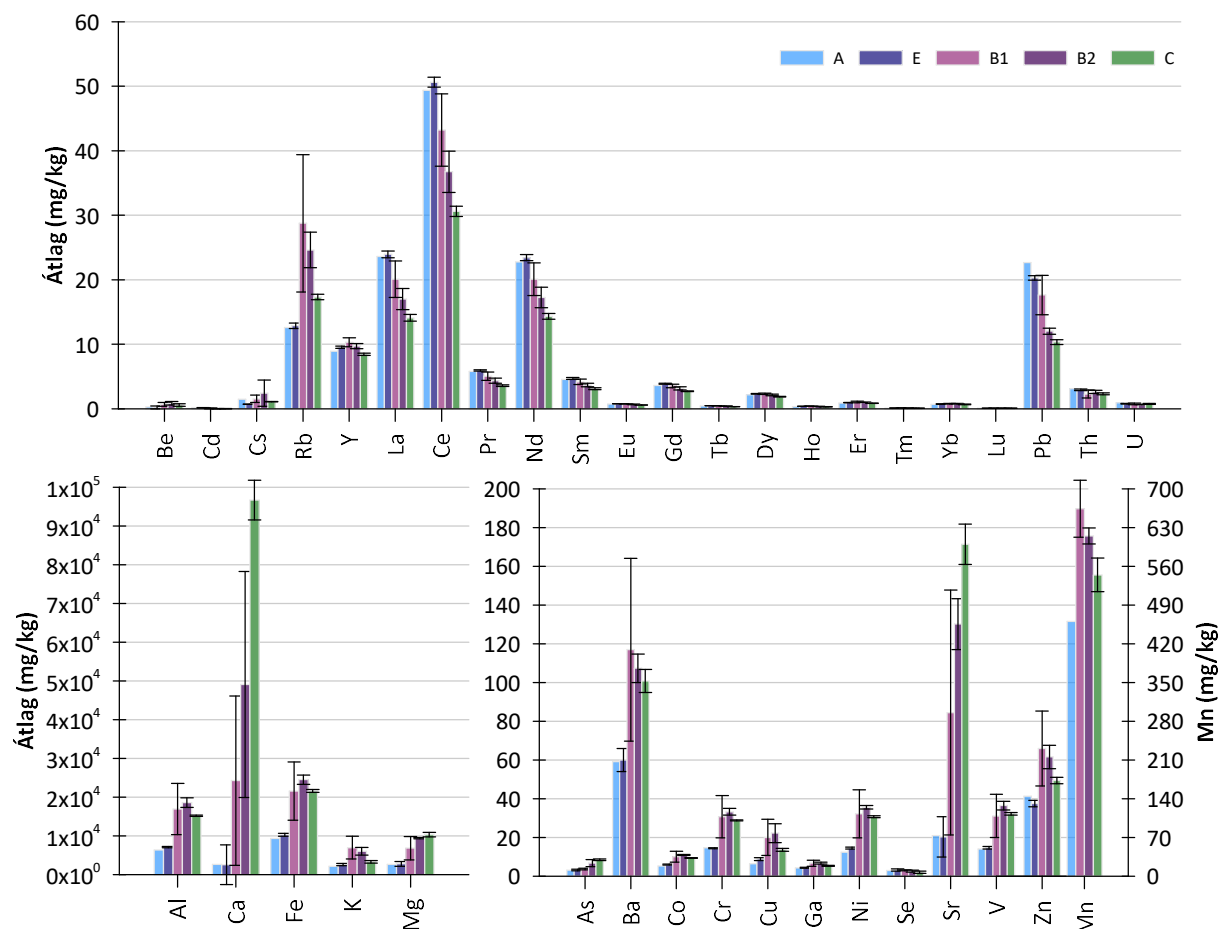
A ZH1-es szelvény esetében a helyszíni talajvizsgálat és a laboratóriumi vizsgálat némileg ellentmondásos eredményeket adott. A szelvényt egy, a kurgán környezetében lévő magasabb térszínen jelöltük ki annak érdekében, hogy minél inkább a kurgán építési területére jellemző talajfoltot tudjunk megvizsgálni.

A helyszíni vizsgálat alapján a ZH1-es szelvényt a szikes talajok fő típusán belül a réti szolonyec talajok típusába soroltam. Ezt támasztja alá a szelvényben leírt sekély A-szint, az elluviális szint megléte, valamint a szelvényben jelentkező jellegzetes oszlopos szerkezet. A réti szolonyec talajok jellemzően kilúgzott feltalajjal rendelkeznek, ennek ellenére a ZH1-es esetében az A-szintben is, és az E-szintben is magas karbonáttartalom mutatkozott (4.3. táblázat), a sófelhalmozódás pedig nem korlátozódik a B-szintre, hanem az A-szintben is mutat egy kiugró csúcsot. Az A-szint relatív mélysége alapján akár a kérges szolonyec altípusba is besorolható a szelvény, ugyanakkor a feltalajban lévő nagyobb só-tartalom miatt a szoloncsákos (felső 40 cm-ben tetten érhető magasabb só-tartalom), a karbonát eloszlás alapján a karbonátos változati besorolás is helyt álló lehet (Stefanovits et al. 2010).

4.1.4. A geokémiai laboratóriumi vizsgálatok eredményei

4.1.4.1. A ZH1-es háttérszelvény geokémiai vizsgálatának eredményei

A ZH1 jelű háttérszelvény esetében geokémiai mérésekre összesen 14 db mintát vettünk. A 0-8 cm közötti A-szintből és a 8-10 cm közötti E-szintből 1-1 mintát vettünk. A B1-szintből (10-25 cm) 3 mintát, a B2-szintből (25-50) 5 mintát és végül a C-szintből (50-72 cm) 4 mintát.



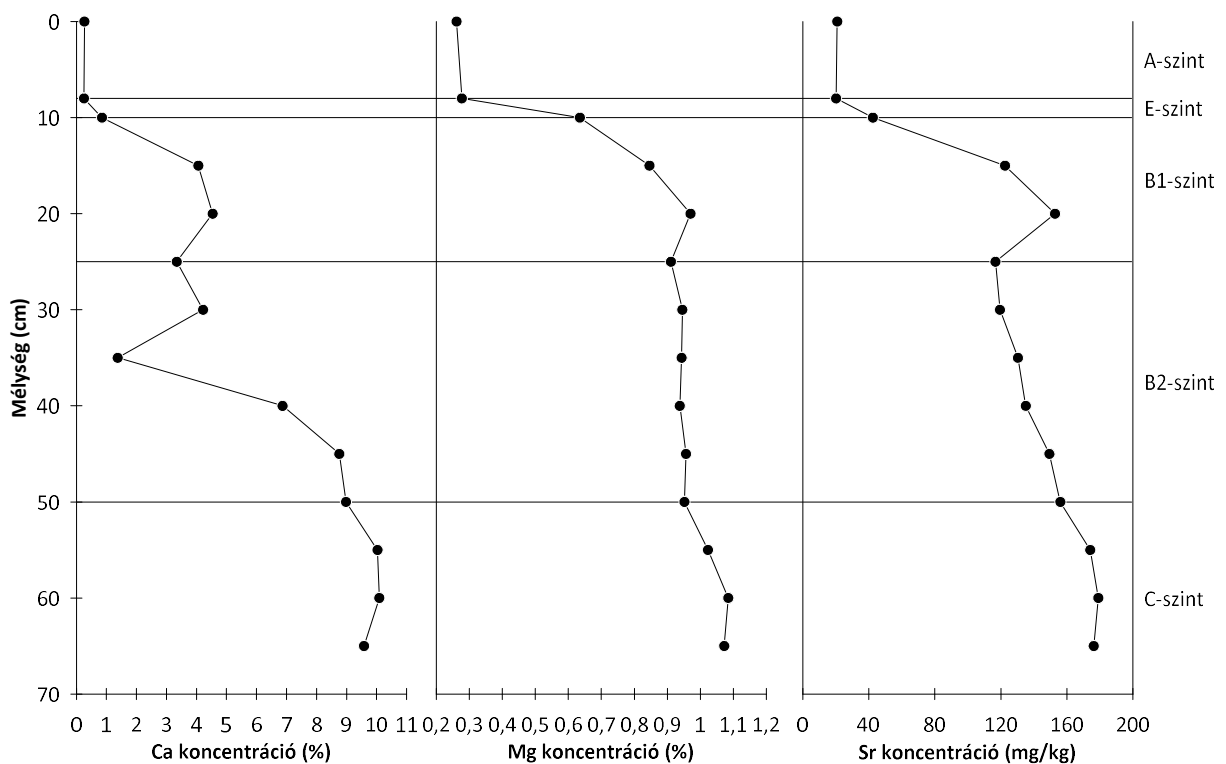
4.3. ábra: Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán ZH1-es háttérszelvényénél azonosított átlagos elemkoncentráció értékek. A hibásávok a szintek belüli 1 σ határokat jelölik.

Az A- és E-szintek esetében 1-1 mintát vettünk ezért hibásávokat nem tudunk feltüntetni a szinteken mért elemkoncentrációkhoz, a többi szint esetében 1 σ sávok kerültek feltüntetésre a háttérszelvény geokémiai eredményeit összefoglaló 4.3. ábrán.

A Ca, Mg, Sr a profilon lefelé haladva növekedést mutatnak. A kalcium szórása nagy a B1- és B2- szinteken belül (63,6 %RDS, illetve 59,4 %RSD), viszont az alapkőzetet jelentő C-szintben kisebb (5,3 %RSD). A Mg és Sr a B1-ben mutat nagyobb szórást (20,7 %RSD), a B2-ben már nem (1,8 %RSD). Ennek magyarázata, hogy ezen elemek koncentrációja a

szelvényben lefelé haladva növekszik, közelíti az alapkőzetét (4.4. ábra). A ZH1 háttérszelvény geokémiai mérési adatai a 11.3. melléklet tartalmazza.

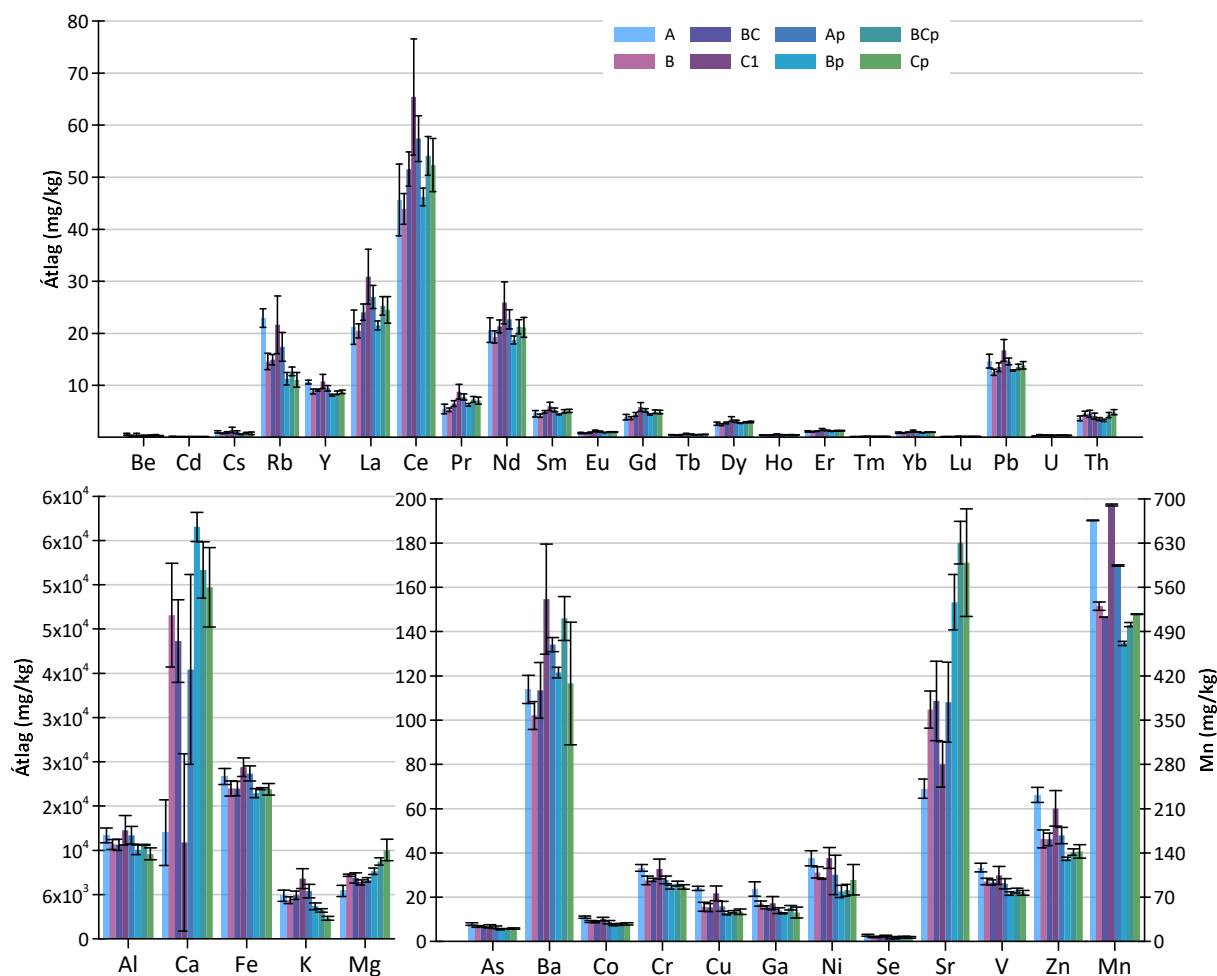
Az A-szint króm (Cr), réz, nikkell, vanádium (V) és cink (Zn) tartalma alacsonyabb, mint az alatta található szinteké. Az ólom (Pb) tartalom csökkenő tendenciát mutat. A felszín közelében megemelkedett ólom nagy valószínűséggel köthető a már betiltott tetraetil-ólm használatahoz. A ritkaföldfémek csökkenő tendenciát mutatnak a profil mentén.



4.4. ábra: A ZH1-es háttérszelvény kalcium görbéjének vertikális lefutása.

4.1.4.2. A központi metszettel (ETA-01) geokémiai vizsgálatainak leíró statisztikája

A halomtestből mért adatokat a 4.5. ábra foglalja össze. Az ábrán a mért elemek koncentrációi láthatók a talajszieitek, illetve rétegeken belül átlagolva. A hibasávok a csoportokon belüli 1σ határt jelentik. Jelentősen változik a Ca koncentráció a különböző szieitek és rétegeken belül, valamint közöttük is. A B_p-szint (eltemetett talaj) rendelkezik a legnagyobb Ca koncentrációval: 140-160 cm között átlagosan 60505 mg/kg. A C1 réteg rendelkezik a legkisebb koncentrációval: 14157 mg/kg, melynek szórása nagy, minimum értéke 4353 mg/kg maximum értéke pedig 37766 mg/kg, melynek oka a réteg átkeveredettsége (Braun et al. 2022). Az alumínium és a vas hasonló koncentrációban van jelen, mindkét elem a BC szintben mutat jelentősebb szóródást. A főelemeken túl továbbá jelentős mennyiségű bárium, stroncium és mangán található a talajmintákban. A Ba és Sr alkáliföldfémek, hasonló kémiai tulajdonságokkal bíró elemek, mint a szintén második főcsoportba tartozó Ca. A mélyebben található szieitek és rétegek stroncium koncentrációja jelentősen nagyobb, mint a felszín közelében elhelyezkedőké, maximuma a BC_p-szintben található, minimuma pedig a modern talaj B szintjében. A bárium hasonló tendenciát mutat, ugyan nem olyan markánsan, mint a stroncium, maximumát a C1 rétegben éri el, minimumát pedig a B-szintben (recens talaj). A ritkaföldfémek közül legnagyobb mennyiségben lantán és cérium található a mintákban. A nehézfémek (króm, nikkell, réz) a halom tetején képződött modern A-szintben jelennek meg maximális koncentrációval (Braun et al. 2022). A központi metszettel geokémiai mérési adatai a 11.4. melléklet tartalmazza.



4.5. ábra: Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán vizsgált profilján azonosított talajsintek és rétegek átlagos elemkoncentrációi. A hibásávok a szintek/rétegeken belüli 1σ határokat jelölik.

4.1.4.2. Főkomponens-analízis eredményei

Az előzetes szűrést követően a C1 réteghez tartozó 85-90 cm közötti mintát ki kellett hagyni az adatkészletből. Az ismételt főkomponens analízis KMO értéke 0,659 ($>0,5$), ami elfogadható (4.6. táblázat) illetve a Bartlett teszt is azt mutatja ($p < 0,05$), hogy a főkomponens-analízist érdemes elvégezni.

4.6. táblázat: KMO és Bartlett tesztje a PCA hasznosságának vizsgálatához

	KMO Mérték	0,659
	App. Chi-négyzet	3676,275
Bartlett teszt	szf	666
	Szig. (p)	0,000

A főkomponensek számának meghatározása a Kaiser-kritérium alapján történt (azon főkomponensek kerültek megtartásra melyek sajátértéke nagyobb mint 1). Ennek eredményeként 4 főkomponens került megtartásra, melyek a jelenlevő variancia 91,3 %-át magyarázzák. Az első két komponens 44,4%, illetve 39,9 %-ot tesz ki, tehát az információ jelentős része ezekkel a változókkal leírható (4.7. táblázat).

4.7. táblázat: Főkomponensek által magyarázott variancia

Komponens	Sajátérték	Variancia%	Kummulatív %
1	16,4	44,4	44,4
2	14,8	39,9	84,3
3	1,4	3,7	88,0
4	1,2	3,3	91,3

A vizsgált változók kapcsolata a főkomponensekkel a 4.8. táblázatban kerültek feltüntetésre. A komponens mátrixot megvizsgálva az tapasztalható, hogy az F-mező (ritka földfémek) elemei elkülönülnek a második főkomponensbe a többi elemtől (4.8. táblázat), melyből arra következtethetünk, hogy mind a két csoport hasznos információkat hordoz.

4.8. táblázat: Az egyes elemek főkomponens-súlyai.

Elem	PCA1	PCA2	PCA3	PCA4	Elem	PCA1	PCA2	PCA3	PCA4
Cu	0,986	0,055	-0,047	-0,007	La	0,639	0,548	0,279	0,372
Zn	0,983	0,029	-0,011	-0,008	Eu	0,083	0,978	0,028	0,082
Ga	0,98	-0,057	-0,041	0,031	Gd	-0,038	0,976	0,014	-0,092
Co	0,957	-0,098	0,165	0,162	Pr	0,032	0,976	0,173	0,085
Cd	0,956	0,237	-0,052	0,079	Nd	-0,161	0,975	0,108	-0,031
Al	0,939	0,145	0,167	0,123	Dy	0,099	0,975	0,009	-0,089
Sr	-0,938	0,034	-0,192	0,029	Tb	-0,153	0,974	0,03	-0,096
Y	0,937	0,138	0,252	0,084	Ce	0,029	0,973	0,183	0,083
Se	0,902	-0,245	0,031	0,164	Ho	0,03	0,972	-0,046	-0,141
Be	0,897	0,326	-0,005	-0,128	Tm	0,103	0,965	-0,018	-0,117
Fe	-0,85	-0,347	-0,011	0,054	Er	0,135	0,956	-0,056	-0,166
Mn	-0,842	0,235	-0,299	0,206	Lu	0,065	0,949	0,122	-0,05
As	0,835	-0,38	-0,074	-0,045	Yb	0,026	0,923	-0,104	-0,097
U	-0,775	0,29	0,382	0,082	Sm	0,325	0,893	0,157	0,198
LOI ₅₀	-0,774	-0,317	-0,059	0,225	Cr	0,627	0,697	-0,176	-0,159
Ni	0,746	0,086	-0,071	-0,096	Ba	0,08	0,507	0,043	-0,664
K	0,734	0,554	0,164	-0,142					
Ca	0,732	0,381	0,457	0,054					
Rb	0,728	-0,023	-0,27	0,412					
Pb	0,687	0,645	-0,177	-0,14					
Mg	0,673	0,23	0,622	-0,184					

4.1.4.3. A klaszteranalízis és a diszkriminancia-analízis eredményei

A hierarchikus klaszterezésből eredő dendrogram és a talajmorfológiai jellemzők alapján 7 csoportba soroltam a mintákat. A csoportba tartozási valószínűségek megállapítására diszkriminancia analízist végeztem. Az LDA azon túl, hogy csoportba sorolást vizsgál, egyfajta dimenziószám csökkentő módszer is, a PCA-hoz hasonlóan. A 4.9. táblázatban feltüntetett modell paraméterek alapján az első két diszkrimináló függvény lesz leginkább hasznos 69,8%-os, illetve 13,3 % magyarázott variációval. A csoportba sorolás eredményét az alábbi 4.6. ábra szemlélteti.

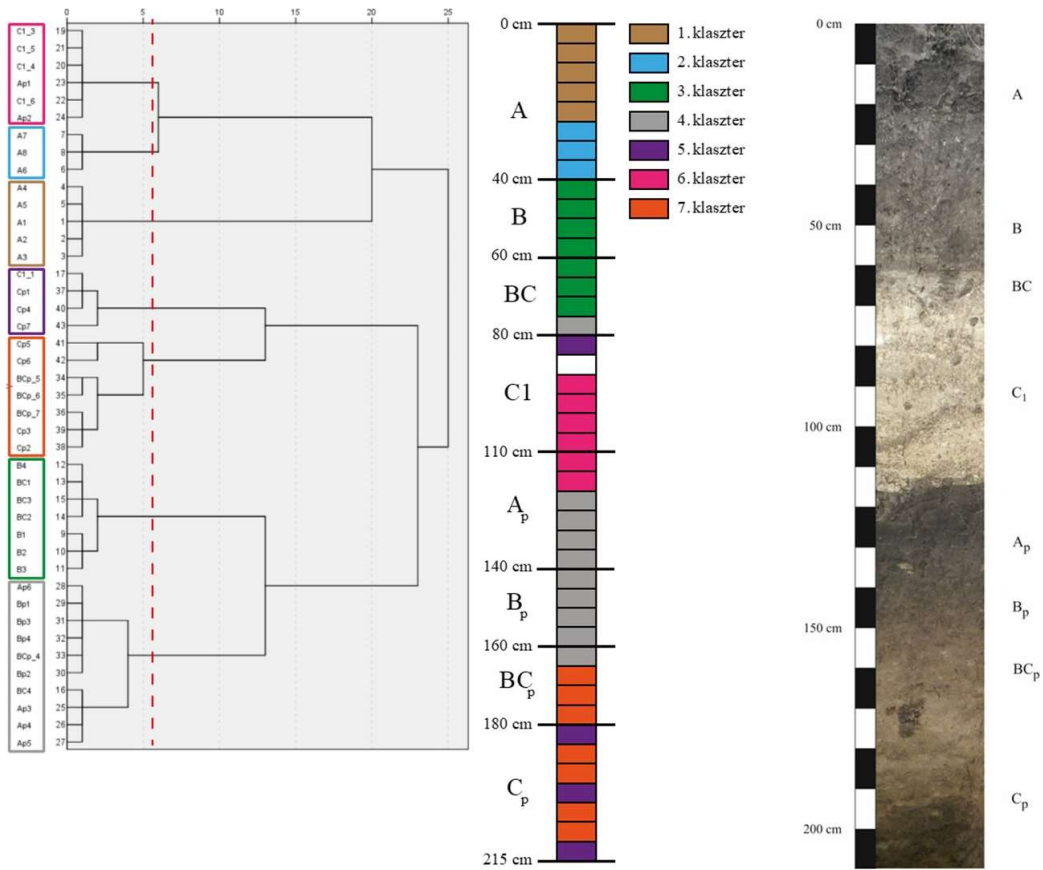
4.9. táblázat: Diszkriminancia függvények által magyarázott információ.

Diszkr. függvény	Sajátérték	Magyarázott variancia %	Kanonikus korreláció
1	279,253	69,8	0,998
2	53,366	13,3	0,991
3	32,868	8,2	0,985
4	24,809	6,2	0,980
5	7,32	1,8	0,938
6	2,316	0,6	0,836

Az LDA eredményei alapján minden minta a klaszter analízissel jóslt csoportba került (4.10. táblázat).

4.10. táblázat: Diszkriminancia analízis besorolásának eredménye.

		LDA besorolás							Összes	
		1	2	3	4	5	6	7		
Klaszter analízis besorolás	Darab	1	5	0	0	0	0	0	0	5
		2	0	3	0	0	0	0	0	3
		3	0	0	7	0	0	0	0	7
		4	0	0	0	10	0	0	0	10
		5	0	0	0	0	4	0	0	4
		6	0	0	0	0	0	6	0	6
		7	0	0	0	0	0	0	7	7
%		1	100	0	0	0	0	0	0	100
		2	0	100	0	0	0	0	0	100
		3	0	0	100	0	0	0	0	100
		4	0	0	0	100	0	0	0	100
		5	0	0	0	0	100	0	0	100
		6	0	0	0	0	0	100	0	100
		7	0	0	0	0	0	0	100	100



4.6. ábra: A hierarchikus klaszterelemzés eredménye (dendrogram) (balra). Piros szaggatott vonal jelöli a döntésvonalat, melynél kialakításra kerültek a csoportok. A kialakult klaszterek elhelyezkedése a profil mentén (középen), valamint a központi metszetal habitus képe (jobbra).

4.2. Movila Crăciuneasca kurgán eredményei

4.2.1. A helyszíni talajvizsgálat eredményei

4.2.1.1. A BGH háttérszelvény helyszíni talajvizsgálatának eredményei

A BGH szelvény helyszíni talajvizsgálat jegyzőkönyvét az 11.5. melléklet tartalmazza, de a kivonatolt eredményeket itt is közre adom (4.11 táblázat).

A BGH szelvény a vizsgált kurgántól nyugati irányban, mintegy 60 méterre egy szántóföldön vettük fel (3.8. ábra). A szelvényt egy A–B–C szintbeosztású talajképződmenyként határoztuk meg (3.9. ábra). A szelvény feltalaja sötétbarna színű (10YR3/3), vályog fizikai féleség kategóriába sorolható, szemcsés szerkezeti elemeket mutatott, benne kiválások nem voltak detektálhatóak, szénsavas meszet csak nyomokban tartalmazott. A feltalaj színben és textúrában is diffúz átmenettel kapcsolódik a szelvény átmeneti B-szintjéhez (40–60 cm), amely agyagos vályog fizikai féleségű, közepes karbonáttartalmú, sötét sárgás barna (10YR 5/4) talajképződmeny. A C-szint sárgásbarna (2.5Y 5/4), szintén agyagos vályog textúrájú ($K_A = 43$), szerkezet nélküli, laza üledék, amelyet löszként azonosítottam. A szelvény egyértelműen viseli a csernozjomokra jellemző bélyegeket.

4.11. táblázat: A BGH háttérszelvény helyszíni talajvizsgálatának kivonatolt eredményei.

Genetikai talajszint	Relatív mélység [cm]	Szín	Határ	Textúra	Szerkezet	Karbonát reakció	Kiválások	Régészeti jelenség
A	0–40	10YR 3/3	D	v	SZ/M	NY	-	O
B	40–60	10YR 5/3	É	av	GYSZ-SZ	K	-	O
C	60–100	2.5Y 5/4	-	av	O	K	LEP	O

(rövidítések: Határ: D – diffúz, É – éles; Textúra: v – vályog, av agyagos-vályogos; Szerkezet: GySZ – gyengén szerkezetes; O – szerkezet nélküli; SZ – szemcsés, M – morzsás; Karbonát reakció: NY – nyomokban, K – közepes, E – erős, IE – igen erős; Kiválások: LEP – karbonát lepedék; Régészeti jelenség: O – nincsen)

4.2.1.2. A központi metszettel (BGE) helyszíni talajvizsgálati eredményei

A központi metszettel (amelyet a BGE munkakóddal jelölök a dolgozatban) megfigyelt talaj- és üledékrétegek morfológiai bélyegei alapján a kurgánt az alábbi rétegtani egységekre osztottuk. Összesen tíz különböző genetikai talajszintet és rétegtani egységet (építési/kulturális réteget) különítettem el:

- 0–15 cm A-szint
- 15–25 cm K1 réteg
- 25–100 cm K2 réteg
- 100–170 cm K3 réteg
- 170–245 cm K4 réteg
- 245–250 cm K5 réteg
- 250–280 cm A_p-szint
- 280–300 cm B_p-szint
- 300–320 cm BC_p-szint
- 320–350 cm C_p-szint

A központi metszettel tételes helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyvét az 11.6. melléklet tartalmazza, de kivonatosan a 4.12. táblázatban is közre adom.

A kurgánt egy recens humuszos termőréteg fedi (0–15 cm), amely vályog textúrájú, sötétbarna színű (10YR 3/3) és a morzsás, illetve a szemcsés szerkezeti elemek határán mozgó aggregátumokat mutatott. Az A-szint gyökerekkel sűrűn, nemezszerűen átszőtt, számos gilisztajáráttal jellemezhető. Bár a szint mésztartalma alacsonynak mutatkozott néhány, a függőleges repedéseket kitöltő karbonátkonkréció azért megfigyelhető volt.

A helyszíni talajvizsgálat során felvett morfológiai bélyegek alapján a humuszos feltalaj alatt több építési réteg különíthető el.

A K1-es réteg mátrixa szürkés sárgásbarna (10YR 4/2), a halom közepe felé vastagodik. A BGE szelvényben 15–25 cm mélység között jelentkezett, antropogén szemcsét, illetve régészeti jelenséget nem tartalmazott. Felső és alsó határa egyaránt éles (4.12. táblázat).

A K2-es réteg (25–100) cm közötti mélységben települt a BGE szelvényben. Alapszíne szintén szürkés sárgásbarna (10YR 5/2), de nem homogén; bolygatottság nyomai és jól kivehető karbonátkonkréciók láthatók benne. A réteg tömörödött, szerkezet nélküli. Krotovinák nagy számban fordulnak elő benne (4.12. táblázat).

A K3-as réteg színe sárgásbarnának (10YR 4/3) mutatkozott, a réteg anyaga homogén, a karbonátkiválások szinte teljesen eltűnnek.

A K4-es réteg alapanyaga sötétebb, látszólag több humuszanyagot tartalmazó, tömörödött. A karbonátkiválások csak elszórtan, elsősorban függőleges repedések mentén és nagyon gyengén fejlett állapotban jelentkeztek. A réteg kilúgzott, mészhiányos. Ahogyan a K rétegsorozat minden tagja, a K4-es réteg is agyagos vályog fizikai féleségű.

A K5-ös réteg a kurgán egyik legérdekesebb rétegtani egysége, mindössze 5 cm vastag (245–250 cm). Közvetlenül a kurgán alatt található paleotalaj felett helyezkedik el. Ebben a vékony rétegben faszénmaradványok és égésre utaló nyomok fordultak elő. Emellett glejes elszíneződések és vasfoltok utaltak pangóvíz jelenlétére.

A kurgán földépítménye alatt egy paleotalaj tártunk fel, amelyet A_p–B_p–BC_p–C_p szintekre tagoltam. Az A_p-szint sötétbarna színűnek mutatkozott (10YR 3/3), morzsás szerkezetű, a vályog fizikai féleség kategóriába sorolható. Karbonátkiválások elszórtan jelentkeztek benne, mélységgel lefelé azonban egyre gyakoribbá váltak. A paleotalaj egy átmeneti B_p-szinttel, illetve BC_p-szinttel kapcsolódik a szelvény alapkőzetéhez. A B_p- és BC_p-szintek egységesen vályog textúrájúak, bennük elszórtan állatjáratok, illetve karbonátkiválások gyengén fejlett mészlepedékek formájában jelentkeztek. Hasonlóan a BGH háttérszelvényhez, a paleotalaj is egy sárgásbarna (2,5Y 5/4) löszös üledéken alakult ki

4.12. táblázat: *Movila Crăciuneasca kurgán központi metszetfalán (BGE) végzett helyszíni talajvizsgálat kivonatolt eredményei.*

Réteg	Relatív mélység [cm]	Szín	Határ	Textúra	Szerkezet	Karbonát reakció	Kiválások	Régészeti jelenség
A	0–15	10YR 3/3	D	v	M	NY	LEP/ÉR	O
K1	15–25	10YR 4/2	É	av	GYSZ-M	NY	-	O
K2	25–100	10YR 5/2	É	av	GYSZ-M	NY	LEP/ÉR; KR	O
K3	100–170	10YR 4/3	D	av	O	NY	-	O
K4	170–245	10YR 4/2	D	av	O	-	-	O
K5	245–250	10YR 4/1	É	v	O	-	R/SS	FAS
A _p	250–280	10YR 3/3	D	v	M	-	KR	O
B _p	280–300	10YR 4/3	D	v	GYSZ-M	-	LEP, KR	O
BC _p	300–320	10YR 4/4	D	v	O	GY/K	LEP	O
C _p	320–350	2.5Y 5/4	-	v	O	K	LEP	O

(rövidítések: Határ: D – diffúz, É – éles; Textúra: v – vályog, av agyagos-vályogos; Szerkezet: M – morzsás; GYSZ – gyengén szerkezetes; O – szerkezet nélküli; Karbonát reakció: K – közepes, E – erős, IE – igen erős; Kiválások: LEP – karbonát lepedék, KR – állatjárat (krotovina), R – rozsd/redox; SS – szeplő; Régészeti jelenség: FAS – faszén(folt), O – nincsen)

4.2.2. A laboratóriumi talajvizsgálat eredményei

4.2.2.1. A BGH háttérszelvény laboratóriumi talajvizsgálati eredményei

A háttérszelvényből származó minták talajvizsgálati eredményeit táblázatos formában a 4.13. táblázat foglalja össze. A humuszos A-szint sötétbarna színű (10YR 3/3), morzsás szerkezetű, textúrája vályog ($K_A=41$). Mész tartalma kifejezetten alacsonynak mutatkozott ($\text{CaCO}_3\%=0,5\%$), humusztartalma pedig a térség csernozjom talajaira jellemző értéktartományba esik ($\text{H}\%=2,09\%$). A B-szint, amely a biológiailag aktív felső szintet köti össze az alapközettel, sekély (40–60 cm). Színe sárgásbarna (10YR 5/3), textúrája agyagos vályog ($K_A=43$).

4.13. táblázat: A BGH háttérszelvény metszetaláról gyűjtött minták laboratóriumi talajvizsgálati eredményei.

Genetikai szint	Mintavételi mélység	Talajtani paraméter					
		K_A	só% (m/m%)	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	CaCO ₃ %	H%
A	0-40	44	0,054	7,7	7,4	0,5	2,09
B	40-60	43	0,063	7,7	7,4	3,5	1,43
C	60-100	44	0,067	7,8	7,4	4,8	2,28

4.1.2.2. A központi metszetal (BGE) laboratóriumi talajvizsgálati eredményei

A központi metszetalról származó minták talajvizsgálati eredményeit táblázatos formában az alábbi 4.14. táblázat foglalja össze. Az adatok vertikális eloszlását egy diagramon is ábrázoltam, ezt az alfejezet végén a 4.7. ábra jeleníti meg.

4.14. táblázat: Movila Crăciuneasca kurgán központi metszetaláról (BGE) gyűjtött minták laboratóriumi talajvizsgálati eredményei.

Szint és/vagy réteg megnevezése	Mintavételi mélység [cm]	Talajtani paraméterek					
		K_A	só% (m/m%)	pH _[H₂O]	pH _[KCl]	CaCO ₃ %	H%
A	0–15	41	0,043	7,3	7,7	0,9	2,33
K1	15–25	43	0,059	8,1	7,8	0,7	1,91
K2	25–100	43	0,051	7,9	7,7	0,8	1,61
K3	100–170	43	0,536	7,7	7,5	0,3	1,70
K4	170–245	45	0,209	7,7	7,4	< 0,1	1,88
K5	245–250	41	0,175	7,7	7,4	< 0,1	2,17
A _p	250–280	41	0,191	7,5	7,3	< 0,1	1,79
B _p	280–300	41	0,155	7,6	7,3	< 0,1	1,50
BC _p	300–320	42	0,023	7,5	7,3	1,9	1,24
C _p	320–350	42	0,225	7,7	7,4	5,2	1,17

Movila Crăciuneasca kurgán esetében a vizsgált központi metszettel 350 cm mély volt. A Zagolyán alkalmazott mintavételi eljárással szemben, ebben az esetben nem egy kontinuos mintavételi eljárást valósítottunk meg, hanem az egyes rétegtani egységből átlagmintákat gyűjtöttünk. Ebből adódóan a tíz rétegtani egységből álló kurgánt tíz mintával tudtam jellemezni. A szintek és rétegek eredményeinek leírása előtt megadom a talajtani vizsgálat leíró statisztikáját (4.15. táblázat).

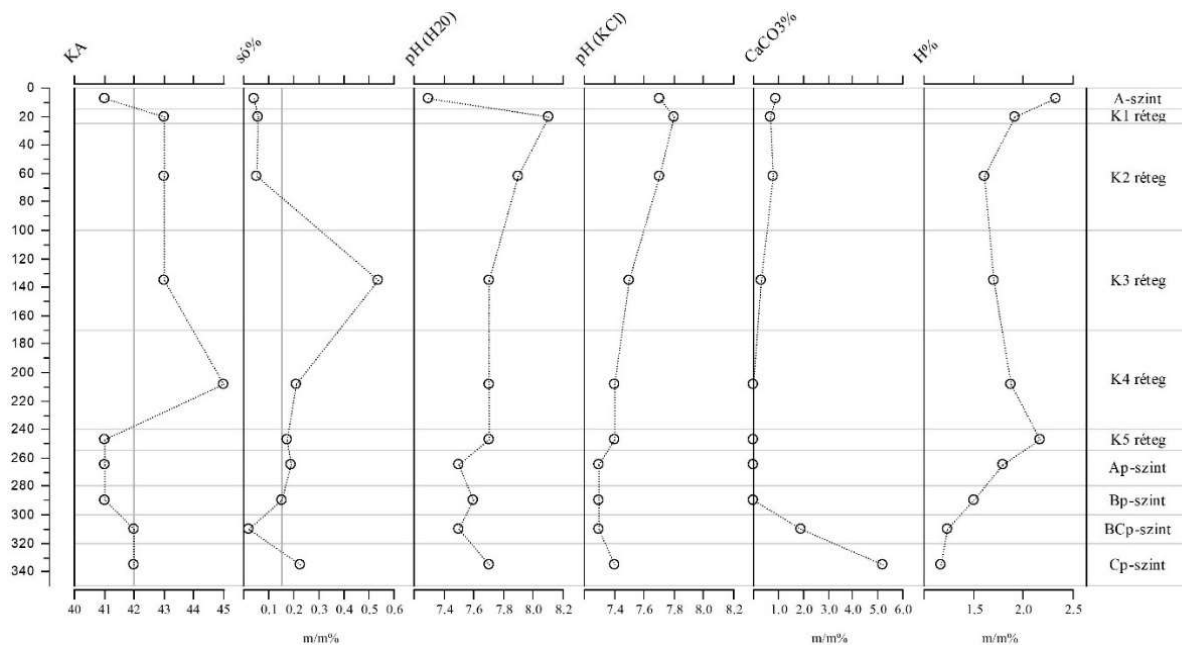
A teljes vizsgált szelvényben a szintek és rétegek fizikai félesége 41 (K_A min) és 45 (K_A max) értékek között ingadozik, amely alapján a vályog és az agyagos vályog fizikai féleség kategóriák között ingadozik az egyes minták által megjelenített rétegek és szintek textúrája. A teljes vizsgálati szelvény viszonylag homogén texturáltságát a K_A paraméter alacsony szórásértéke is alátámasztja, amely csak 1,32-nek mutatkozott (4.15. táblázat), ez még a Zagolyán mért értékeknél is alacsonyabb. A kurgánt felépítő talaj- és üledékrétegek összes sótartalma átlagosan 0,167%, szélső értékei pedig 0,023% ($só\%$ min) és 0,536 ($só\%$ max) között ingadozik. A szelvény mintáinak pH értéke minimális szórás mellett (std $pH(H_2O)=0,22$) a gyengén lúgos tartományban $pH(H_2O)$ 7,3 és $pH(H_2O)$ 8,1 marad. A szénsavas mész tekintetében – ellentétben a Zagolyán tapasztaltakkal – nincsen jelentős ingadozás, hiszen 0,0%-os minimum érték és 5,2%-os maximális érték között ingadozva 0,98%-os átlagot vesz fel. A humusztartalom tekintetében kisebb eltéréseket tapasztalunk. A legmagasabb 2,33% ($H\%$ max) értékhez 1,73%-os ($H\%$ min) minimális érték párosul. Ehhez mérten a szórás is mindössze 0,37 (std $H\%$; 4.15. táblázat).

4.15. táblázat: A Movila Crăciuneasca kurgán központi metszettel (BGE) gyűjtött talajminták leíró statisztikája

	Talajtani paraméter				
	K_A	só% (m/m%)	pH (H ₂ O)	CaCO ₃ %	H%
n	10	10	10	10	10
n hiányzó	0	0	0	0	0
n nem-zéró érték	10	10	10	6	10
minimum	41	0,023	7,3	0	1,17
maximum	45	0,536	8,1	5,2	2,33
átlag	42,20	0,167	7,67	0,98	1,73
középérték	42	0,165	7,7	0,5	1,745
szórás	1,32	0,150	0,22	1,60	0,37

A kurgánt fedő recens humuszos termőrétég vályog textúráját az Arany-féle kötöttségi érték is visszaigazolja (A-szint $K_A = 41$). A majdnem teljesen kilúgzott feltalaj ($\text{CaCO}_3\% = 0,9$) humusztartalma 2,33%-nak mutatkozott. A recens A-szint alatt települő K1 rétegben valamelyest lecsökken a humusztartalom (K1 H% = 1,91), míg a többi vizsgált talajfizikai és talajkémiai paraméter lényegesen nem változik. A K2 és K3 rétegben a humusztartalom további, fokozatos csökkenése mellett marad az agyagos vályog textúra ($K_A = 43$), gyengén lúgos kémhatás ($\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 7,9$, illetve 7,7) (4.14. táblázat), valamint a rendkívül alacsony mésztartalom ($\text{CaCO}_3\% = 0,9$ és 0,3). Jelentősebb változás csak a sótartalomban tapasztalható, hiszen a K3-as rétegben az összes só% a szelvénybeni maximumát mutatja, a kiugróan magas 0,536%-os értékével (4.14. táblázat és 4.7. ábra). A K4-es rétegben valamelyest visszaeső sótartalom mellett teljesen eltűnik a szénsavas mésztartalom ($\text{CaCO}_3\% < 0,1$), de megemelkedik a textúráltság, mert itt jelentkezett a legmagasabb Arany-féle kötöttségi érték (K4 $K_A = 45$) (4.14. táblázat). A legvékonyabb K5-ös rétegben megemelkedett humuszérték jelentkezett (H% = 2,17), amellel hogy visszaesik a sótartalom (só% = 0,175) és a textúráltság (K5 $K_A = 41$). A K4-es rétegtől, azaz a BGE szelvény 170 cm-es relatív mélységétől egészen a paleotalaj B_p-szintjéig, azaz 300 cm-es relatív mélységig kilúgzott talajállapotokat mutattak ki a mérések.

A kurgán felépítménye alatt települő paleotalaj A_p-szintje vályog fizikai féleség kategóriába sorol (A_p $K_A = 41$), kémhatása gyengén lúgos ($\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 7,5$), kilúgzott és humusztartalma 1,79%. A szelvény teljes vizsgált mélységében vályog textúrát mutatnak az adatok. Az A_p-szint alatt települő átmeneti B_p-szint is kilúgzott, kémhatása és sótartalma nem mutat érdemi eltérést. A szelvényben vertikálisan csökkenő humuszdinamikát tapasztaltam, ami a feltalaj 1,79%-os értékéről a C_p-szintre 1,17%-ra csökken vissza. A paleoszelvény karbonátdinamikája ezzel ellentétes, mert a C_p-szintben már 5,2%-os értéket adott a mérés.



4.7. ábra: A Movila Crăciuneasca kurgán központi metszetsfalán (BGE) gyűjtött talajminták általános paramétereinek vertikális lefutási görbéi.

4.2.3. A paleotalaj és a BGH háttérszelvény talajosztályozása

A romániai helyszíni talajszelvényeinek osztályozásában csak részben támaszkodhatunk a hazai talajosztályozás szabályszerűségeire és kritériumrendszerére. Ugyanakkor a földrajzi hasonlóságból adódóan, kísérletet tettem arra, hogy a Movila kurgán alatt, illetve annak környezetében feltárt talajszelvények besorolását Stefanovits (1963) alapján megtegyem.

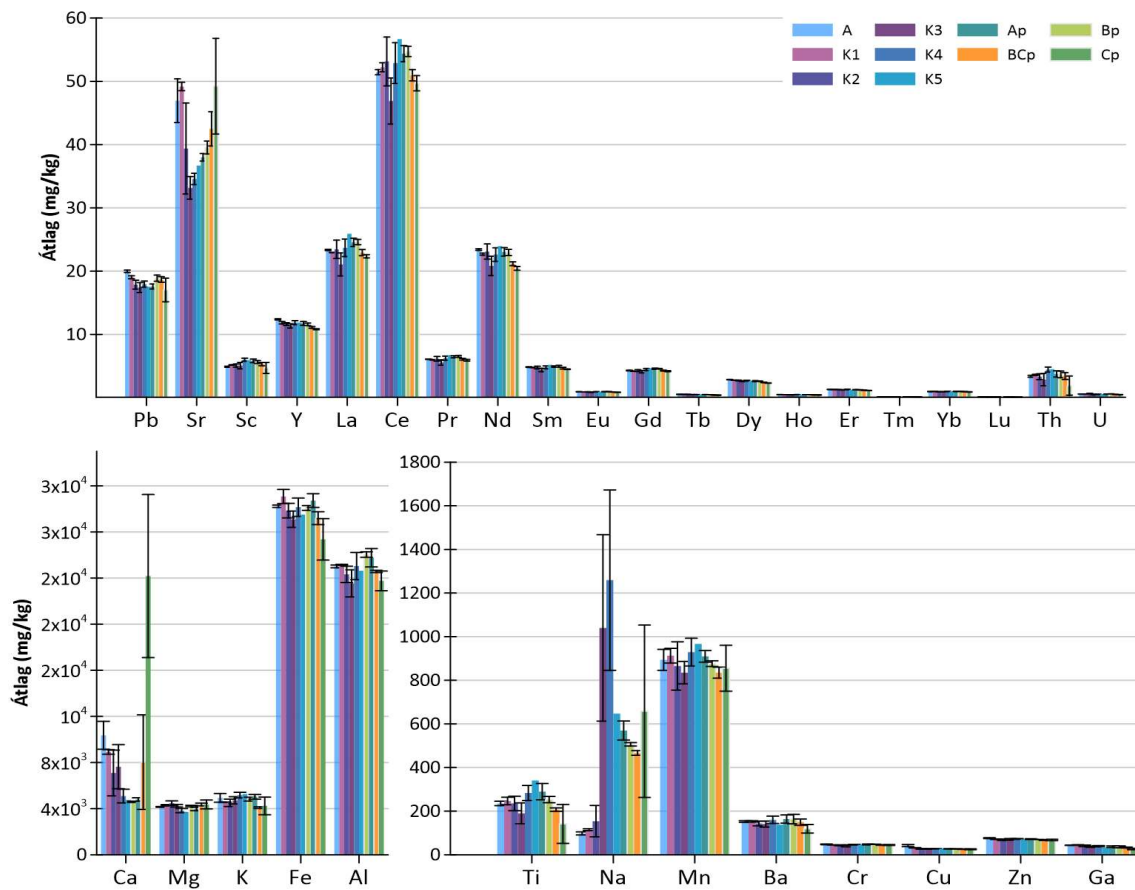
A helyszíni talajvizsgálat során megfigyelt talajképződési bélyegek, valamint a vizsgálatba vont talajminták laboratóriumi eredményeinek ismeretében a Movila kurgán eltemetett talaja a mezőségi (csernozjom) talajok fő típusába sorolható. A szelvény felső rétege (A_p- és B_p-szintek) kilúgzott mészállapotot mutatott, fizikai félesége egységesen vályog. A feltalaj morzsás szerkezeti elemei, a mért színértékek, valamint a csernozjomokra jellemző humusz- és karbonátdinamika alátámasztják a szelvény csernozjom talajok közé történő besorolását. Ha a magyarországi osztályozást vesszük alapul, akkor a BGH szelvényt a kilúgzott csernozjomok típusába, az A- és B-szintek együttes 50 cm-es relatív mélysége okán pedig a közepes humusztartalmú változatba sorolhatjuk (Stefanovits et al. 2010). Fontos kiemelni, hogy a szelvényben mért magas sótartalom némileg ellentmond ennek a besorolásnak. Amennyiben a sótartalmat teljesen természetesnek és nem a kurgán felépítményéből származó másodlagos hatásoknak tulajdonítjuk, úgy a mélyben sós altípus jelzőt is hozzá kell illesztenünk a szelvény megnevezéséhez.

A BGH szelvény a Movila kurgán alatt települő paleoszelvényhez hasonló adatokkal és morfológiai jegyekkel bír. A legfontosabb különbség a BGH esetében a jóval alacsonyabb sótartalom. Ennek, illetve a paleotalajnál leírtak fényében, a BGH szelvényt is a kilúgzott csernozjomok típusán belül a közepes humuszrétegű változatba sorolhatjuk.

4.2.2. A geokémiai laboratóriumi vizsgálatok eredményei

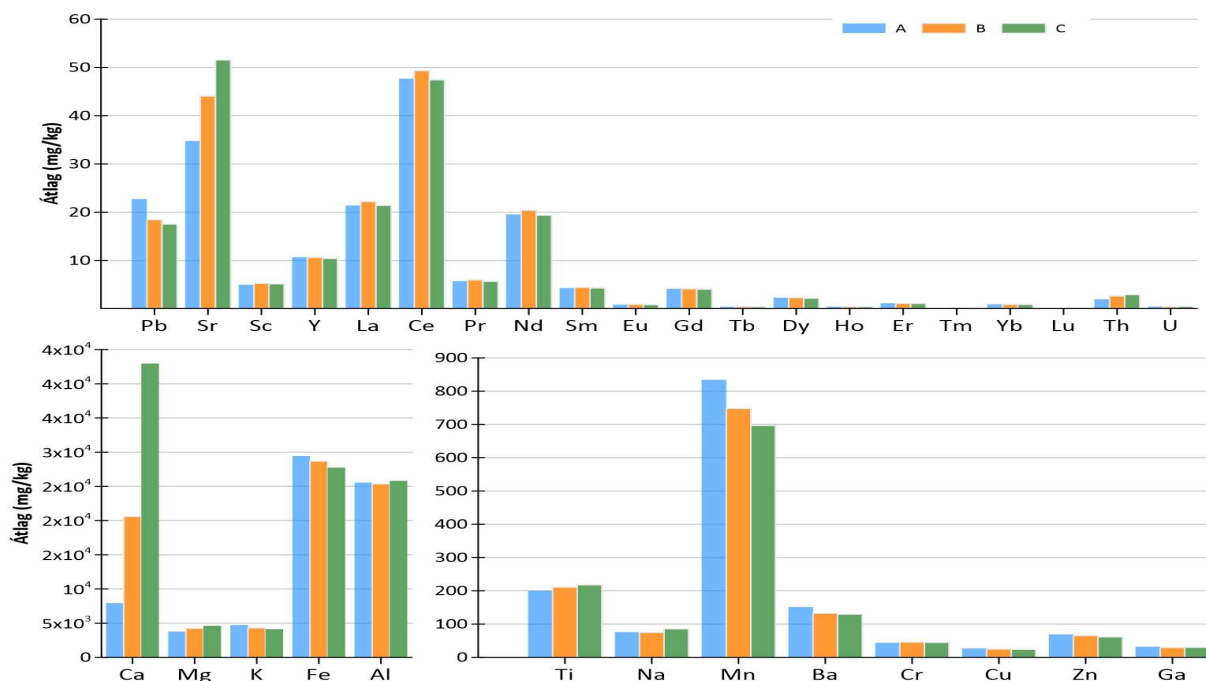
4.2.2.1. Leíró statisztika

A 4.8. ábra összefoglalja a BGE központi szelvényből vett minták átlagos elemkoncentrációit. Az ábra oszlopai a kurgán és az eltemetett talaj rétegeit reprezentálják. A koncentrációk mg/kg-ban vannak feltüntetve a grafikonon. A hibásávok az 1σ hibát jelzik. A K5 réteg vékonysága miatt csak egy minta állt rendelkezésre a méréshez, ezért a hibája nem becsülhető. A makro elemek közül (bal alsó sarok) a Mg és a K koncentrációja minden rétegben és szintben hasonló. A Ca koncentrációja függőlegesen csökken a felső rétegektől lefelé, majd ismét emelkedik, és a BC_p- és C_p-szintekben éri el a maximumát (16559,3 mg/kg). Általánosságban megállapítható, hogy a mobilabb elemek (pl. Ca, Sr és Na) szórása a legnagyobb a rétegek és horizontok között. A vastartalom (Fe) a halmon belül a K4 rétegben mutatja a minimumot (30148,55 mg/kg), és a felszín közelében a K1 rétegben éri el a maximumot (31077,91 mg/kg). Az alumínium (Al) hasonló képet mutat. A stroncium (Sr) eloszlása hasonló a Ca és Mg eloszlásához. A ritkaföldfém-tartalom a kurgán felépítésének közepe felé csökken, és a K3-as rétegben éri el a minimumot. A mélyebb rétegek felé haladva az eltemetett talajban növekszik, majd a BC_p- és C_p- szintben ismét csökkenő tendenciát mutat. A nátrium (Na) koncentrációja a K4 rétegben hirtelen növekedést mutat, azonban az átlag növekedésével a heterogenitás is növekszik, amit a megnövekedett szórás mutat. A Na-koncentráció függőlegesen csökken (4.8. ábra).



4.8. ábra: A Boldești-Grădișteea-kurgán rétegsorában azonosított talaj- és üledékhorizontok átlagos elemkoncentrációja (a hibasávok 1σ távolságot jelölnek, és a szórást jelentik).

A háttér talajszelvény esetében nem tudunk hibasávokat feltüntetni, mivel csak két minta állt rendelkezésre az A és C horizontból, és csak egy minta a B horizontból. Ennek ellenére az elem összetételre vonatkozó tendenciák megjeleníthetők. A Ca, Mg, Sr és Ti koncentrációja a C szint felé haladva emelkedik, míg a P, Fe és Mn koncentrációja csökken. A ritkaföldfémek enyhe dúsulást mutatnak a B-szintben. A háttér minta eredményei a 4.9. ábrán kerültek feltüntetésre. A BGH háttérszelvény geokémiai eredményeit a 11.7. melléklet, a BGE központi szelvény eredményeit pedig a 11.8. melléklet tartalmazza.



4.9. ábra: A Boldești-Grădiștea-i háttér szelvény átlagos elemkoncentrációi.

4.2.2.2. A főkomponens analízis eredményei

Az előzetes szűrést követően a Cp réteghez tartozó mintákat (320-325 cm) ki kellett hagyni a statisztikai feldolgozásból, mert torzította a statisztikai értékelés eredményeit. Az ismételt főkomponens analízis KMO értéke 0,820 (>0,5), Bartlett teszt eredménye pedig $p < 0.05$ (4.16. táblázat). A két próba eredménye azt mutatja, hogy érdemes a főkomponens analízist elvégezni.

4.16. táblázat: KMO és Bartlett tesztje a PCA hasznosságának vizsgálatához

KMO Mérték		0,820
Bartlett teszt	App. Chi-négyzet	3538,025
	szf	528
	Szig. (p)	0,000

A főkomponensek kiválasztása a Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 halomnál alkalmazott Kaiser kritérium alapján történt. Ennek eredményeként 5 főkomponens került megtartásra, melyek a jelenlevő variancia 82,9%-át magyarázzák (4.17. táblázat).

4.17. táblázat: Főkomponensek által magyarázott variancia

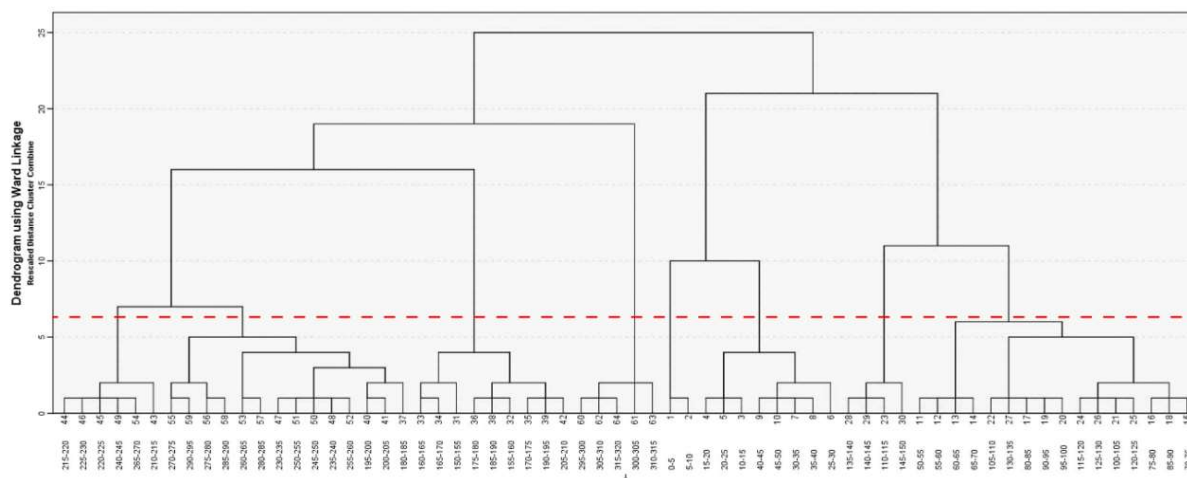
Komponens	Sajátérték	Variancia%	Kummulatív %
1	10,9	32,9	32,9
2	7,0	21,0	53,9
3	4,7	14,1	68,0
4	2,8	8,4	76,4
5	2,1	6,5	82,9

A vizsgált változók korrelációja a főkomponensekkel a 4.18. táblázatban kerültek feltüntetésre. A komponens mátrixot megvizsgálva az tapasztalható, hogy az első két főkomponenssel dominánsan a ritkaföldfémek korrelálnak. Az első főkomponenssel korrelál nagy mértékben továbbá az alumínium, króm titán vas tórium és kalcium is.

4.18. táblázat: Az egyes elemek főkomponens-súlyai

Elem	PCA1	PCA2	PCA3	PCA4	PCA5	Elem	PCA1	PCA2	PCA3	PCA4	PCA5
Pr	0,973	0,122	0,049	0,066	0,097	Na	-0,183	-0,201	0,869	-0,318	-0,031
La	0,965	0,168	-0,002	0,061	0,068	K	0,339	0,495	0,694	-0,071	0,043
Ce	0,943	0,178	-0,066	0,086	0,165	U	-0,255	0,635	-0,688	-0,032	-0,125
Sm	0,931	0,237	-0,001	0,130	0,054	Sc	0,586	0,072	0,672	-0,083	0,202
Gd	0,914	0,105	0,282	0,045	0,067	Yb	0,565	0,189	0,634	0,232	0,108
Eu	0,872	0,314	0,195	0,114	0,016	Mg	-0,083	0,001	-0,633	0,169	-0,520
Nd	0,865	0,430	-0,155	0,062	0,055	Zn	0,117	0,532	0,581	0,337	0,126
Al	0,831	0,183	0,261	0,276	-0,055	Pb	0,258	0,102	-0,016	0,847	0,083
Cr	0,745	0,198	0,338	0,364	0,172	Sr	0,237	0,022	-0,366	0,774	0,335
Ti	0,713	0,177	0,105	-0,042	0,187	Cu	-0,021	0,612	0,025	0,619	0,047
Fe	0,631	0,419	0,074	0,227	0,113	Ba	0,257	-0,037	0,287	0,248	0,737
Th	0,626	0,186	0,360	0,019	0,315	Ga	0,011	0,567	-0,260	0,217	0,668
Ca	-0,501	0,172	-0,352	0,395	-0,388	Mn	0,282	0,224	0,337	0,269	0,474
Dy	0,266	0,930	-0,160	0,056	-0,004						
Tb	0,232	0,867	-0,368	-0,031	-0,040						
Er	0,309	0,854	0,201	-0,057	0,061						
Y	0,472	0,752	0,225	0,191	-0,050						
Lu	0,167	0,747	0,069	0,209	0,168						
Ho	0,497	0,732	0,214	0,058	0,116						
Tm	0,441	0,639	0,253	0,144	0,134						

4.2.2.3. Klaszter és diszkriminancia analízis eredményei



4.10. ábra: A hierarchikus klaszterelemzés dendrogramja, A piros szaggatott vonal jelzi a csoportbasorolási döntés vonalát.

A PCA térben Ward módszerét alkalmazva négyzetes euklideszi távolságokat használva a 4.10. ábrán bemutatott dendrogrammal szemléltetett csoportosulásokat azonosítottuk. A minták elhelyezkedése a szelvényfal mentén, klaszterbe sorolásuknak megfelelően színezve, a 4.11. ábrán látható. A klasztereket a profil mentén ábrázolva a következők figyelhetők meg. Az 1. klaszter a felső talajszintnek (A szint) felel meg. A 2. klaszter a K2 felső felét és a teljes K1-et foglalja magában. A 3. klaszter a K2 réteg alsó felét jelenti, amelynek alsó része a K3 réteggel keveredik. A K4 réteg az 5. 6. és 7. klaszter keveréke. Az 5. klaszter a K4 réteg felső részét, míg a 7. klaszter annak alsó részét jelenti. A 6. klaszter a K4 rétegen belül vegyesen található. Az A_p - és B_p -szinteket nem lehetett megkülönböztetni a kémiai összetétel alapján. a 6. klaszter mindkettőt képviseli. Végül a 8. klaszter a BC_p -szinthez rendelhető.

A diszkriminancia analízis sajátérték táblázata (4.19. táblázat) alapján a számított diszkriminancia függvények közül az első a variancia 57,6%-át magyarázza a második pedig 25,6%-át, majd az ezt követők esetében gyorsan csökken a magyarázott variancia százalékos értéke. Ez azt jelzi, hogy az első két diszkriminancia függvény leírja a mintákban jelenlévő információ jelentős (83,2%).

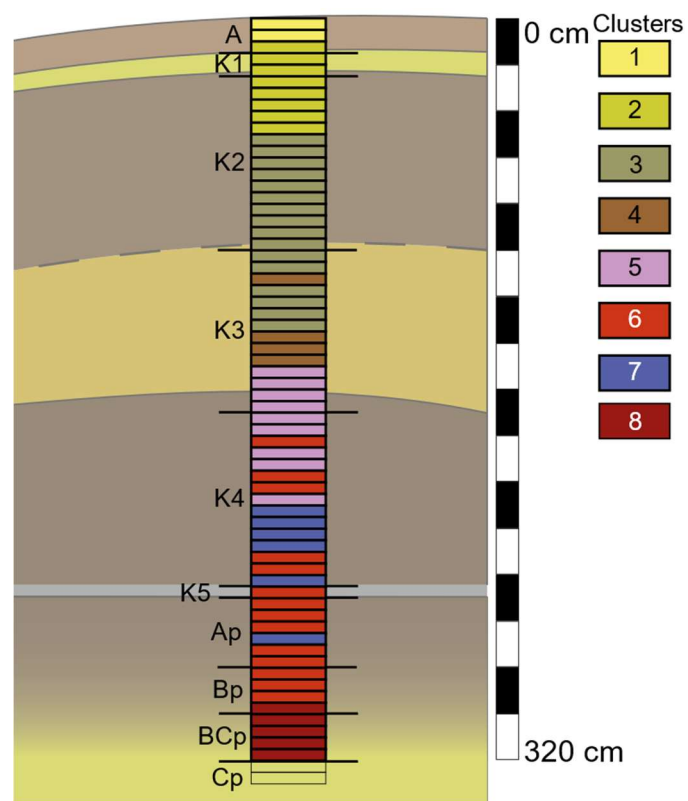
4.19. táblázat: Diszkriminancia függvények által magyarázott információ.

Diszkr. függvény	Sajátérték	Magyarázott variancia %	Kanonikus korreláció
1	89,182	57,6	0,994
2	39,639	25,6	0,988
3	10,511	6,8	0,956
4	6,048	3,9	0,926
5	4,611	3,0	0,907
6	3,411	2,2	0,879
7	1,383	0,9	0,762

A diszkriminancia analízis eredményei alapján minden minta a klaszter analízissel jóslott csoportba került (4.20. táblázat).

4.20. táblázat: Diszkriminancia analízis besorolásának eredménye.

		LDA besorolás								Összes	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Klaszter analízis besorolás	Darab	1	2	0	0	0	0	0	0	0	2
		2	0	8	0	0	0	0	0	0	8
		3	0	0	16	0	0	0	0	0	16
		4	0	0	0	4	0	0	0	0	4
		5	0	0	0	0	9	0	0	0	9
		6	0	0	0	0	0	14	0	0	14
		7	0	0	0	0	0	0	6	0	6
		8	0	0	0	0	0	0	0	5	5
%		1	100	0	0	0	0	0	0	0	100
		2	0	100	0	0	0	0	0	0	100
		3	0	0	100	0	0	0	0	0	100
		4	0	0	0	100	0	0	0	0	100
		5	0	0	0	0	100	0	0	0	100
		6	0	0	0	0	0	100	0	0	100
		7	0	0	0	0	0	0	100	0	100
		8	0	0	0	0	0	0	0	100	100



4.11. ábra: Kialakult klaszterek profilmenti elhelyezkedése.

4.3. Eredmények megvitatása

4.3.1. Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán értékelése

A Hajdúnánás térségében elhelyezkedő Zagolya-dűlő területének elsődleges hasznosítása az írott és térképi források alapján legelőként, illetve gyepként értelmezhető (Draviczky 1990; Bakodi 2022). A területet a Varjas-ér, a Malom/Szöke-ér és a Süldős-ér határolja, amelyek mentén mocsaras, nádas, időszakosan vízzel borított környezet alakult ki. Az ETA-01 jelű halmot a Süldős-eret kísérő folyóhátra építették, amely árvízmentes, temetkezési célokra alkalmas térszínt biztosított (Dani et al. 2017).

A 2012-ben végzett feltárások igazolták, hogy a halom primer funkciója a rézkor végére-kora bronzkorra keltezhető Jamnaja kultúra temetkezéséhez kapcsolódik. A halomtest többszöri kulturális újrahasznosításának nyomai is kimutathatók, beleértve a római császárkori bolygatásokat és az Árpád-kori használatot (Dani et al. 2017). E többszörös bolygatás jelentős rétegtani és talajtani következményekkel járt, ezért a mintavétel során olyan központi metszettel kialakítására volt szükség, amely a lehető legjobban reprezentálja az eredeti kurgánt és annak struktúráját.

A halomtest rétegződésének elkülönítése a morfológiai megfigyelések és a talajtani vizsgálatok eredményei alapján lehetővé tette a természetes eredetű talajképződmények (eltemetett paleotalaj, recens talaj) és az antropogén hatásra létrejött rétegek azonosítását. A geokémiai elemzések elsődleges célja az volt, hogy a morfológiai bélyegek és a klasszikus talajtani paraméterek alapján meghatározott szint- és réteghatárokat megerősítse, pontosítsa, illetve szükség esetén módosítsa.

A nagy elemszámú és többváltozós adathalmaz értelmezése érdekében a teljes mintasorozat többváltozós statisztikai módszerekkel került elemzésre. Az vizsgálat során arra kerestem a választ, hogy mely minták mutatnak hasonlóságot az elemkoncentrációk tekintetében, illetve melyek térnek el egymástól szignifikánsan.

A klaszteranalízis eredményeit a talajmorfológiai bélyegek alapján meghatározott szint- és réteghatárokkal összevetve megállapítható, hogy az 1. és 2. klaszter a recens talajtakaró A-szintjéhez tartozó mintákat foglalja magában. Az 1. klaszter a felső, mintegy 25 cm vastagságú réteget reprezentálja, míg a 2. klaszterbe ugyanennek az A-szintnek az alsó, 25–40 cm közötti relatív mélységben elhelyezkedő mintái sorolhatók. A 3. klaszter a recens talaj B- és BC-szintjének feleltethető meg, amely 40 és 75 cm közötti mélységtartományt ölel fel. E réteg alatt,

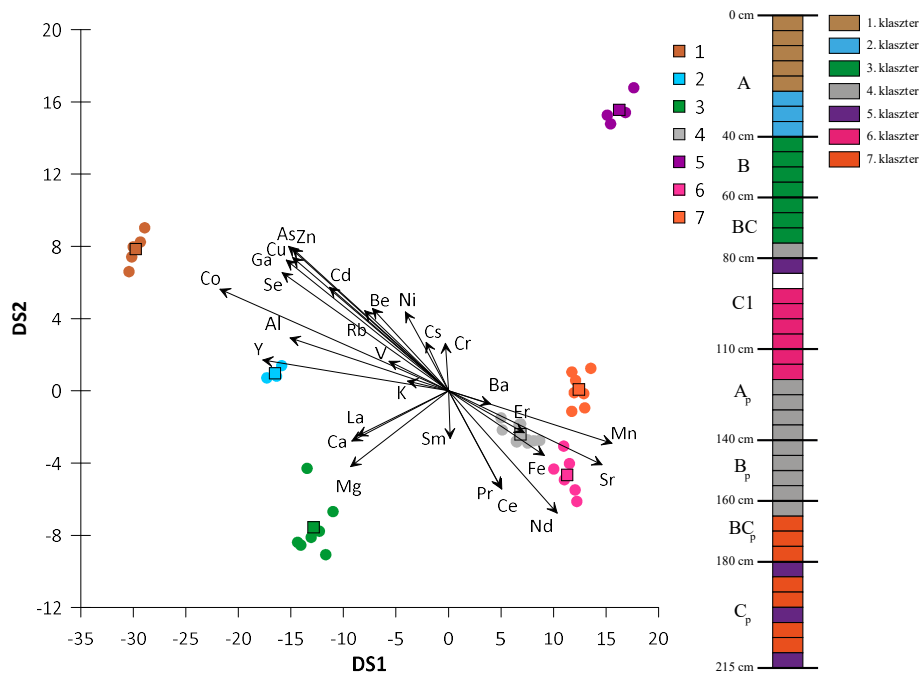
75 és 90 cm között olyan minták fordulnak elő, amelyek eltérő klaszterekhez kapcsolódnak, és nem alkotnak egységes csoportot (4.6. ábra).

A korábban 80–110 cm közötti mélységben lehatárolt C1 réteg (Pető et al. 2022) a jelenlegi statisztikai értékelés alapján vertikálisan eltolódva jelenik meg. A 90–120 cm közötti tartomány egy jól elkülöníthető, homogén egységet alkot, amely egyben a 6. klaszternek felel meg. Az eltemetett paleotalaj Ap- és Bp-szintjei együtt a 4. klaszterbe rendeződtek, közöttük a geokémiai adatok alapján nem mutatkozott markáns különbség. A következő váltás 165 cm körüli relatív mélységben figyelhető meg, ahol a BCp-szint mintái már a 7. klasztert alkotják. A halom alatti talajképző alapkőzetként azonosított Cp-szint vegyes képet mutat, mivel az 5. és a 7. klaszterhez tartozó minták egyaránt előfordulnak benne. Összességében megállapítható, hogy az elemösszetétel alapján végzett csoportosítás alapvetően összhangban van a morfológiai bélyegek alapján felállított rétegfelosztással, ugyanakkor kisebb eltérések is azonosíthatók. A klaszterek szelvény menti elhelyezkedése akkor értelmezhető teljeskörűen, ha az egyes csoportokhoz tartozó üledék- és talajkémiai sajátosságokat is figyelembe vesszük.

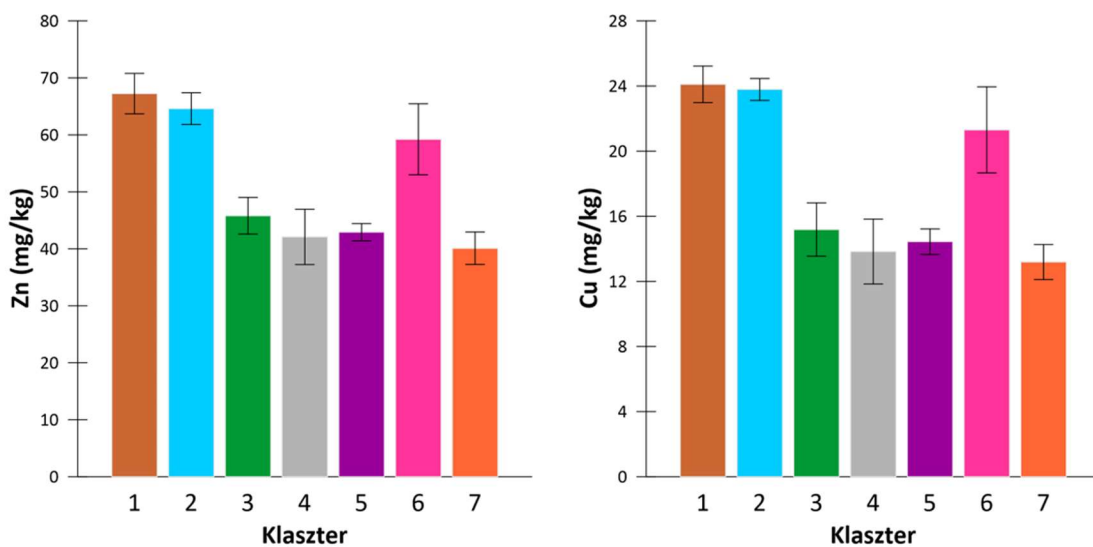
A klaszteranalízis során elkülönített mintacsoportok közötti különbségek részletesebb feltárása érdekében diszkriminancia-analízist alkalmaztam a mért változók felhasználásával.

Ez az eljárás lehetővé teszi a csoportok közötti eltérések azonosítását, valamint annak meghatározását, hogy mely változók járulnak hozzá legnagyobb mértékben a klaszterek elkülönüléséhez. Az analízis eredményei megerősítették a hierarchikus klaszteranalízis során kapott besorolást, mivel valamennyi minta ugyanabba a klaszterbe került, mint korábban.

A klaszterek közötti kapcsolatokat és eltéréseket az 4.12. ábrán bemutatott biplot segítségével értelmeztük. Az ábrán a klaszterek jól elkülönülnek egymástól. A nyilakkal jelölt változók a diszkriminancia-függvényekkel mutatott összevont korrelációkat szemléltetik, és azt jelzik, hogy az egyes elemek milyen irányban és mértékben járulnak hozzá a minták térbeli elkülönüléséhez.



4.12. ábra: Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 halom diszkriminancia analízisének eredménye. Négyszögek: csoport középpontok, Körök: minták. Nyilak csoporton belül összevont korrelációs viszonyok.



4.13. ábra: Átlagos cink és réz koncentrációk a kialakult klasztereken belül, hibásávok 1σ sávot jelölnek (Braun et al. 2022).

Az 1. és 2. klaszter a halomtest felszínén kialakult recens talaj A-szintjéhez köthető, és ezekre a mintacsoportokra a réz (Cu) és a cink (Zn) magas koncentrációja jellemző (4.13. ábra). E nehézfémek feldúsulása a talajban egyértelműen összefüggésbe hozható modern antropogén hatásokkal (Horák et al. 2018), amelyek közé sorolható például a mezőgazdasági tevékenység (Klimek 2002) vagy a felszíni vegetáció égetése (Wilson et al. 2009). Ugyanakkor régészeti környezetben is dokumentáltak megnövekedett Cu- és Zn-koncentrációkat (Linderholm és Lundberg 1994; Šmejda et al. 2017). Az ETA-01 jelű halom esetében különösen jelentős, hogy a recens A-szint relatív mélységében egy Árpád-kori kemence és tűzhely maradványai is előkerültek (Dani et al. 2017), ami a halomtest kulturális újrahasznosítására utal.

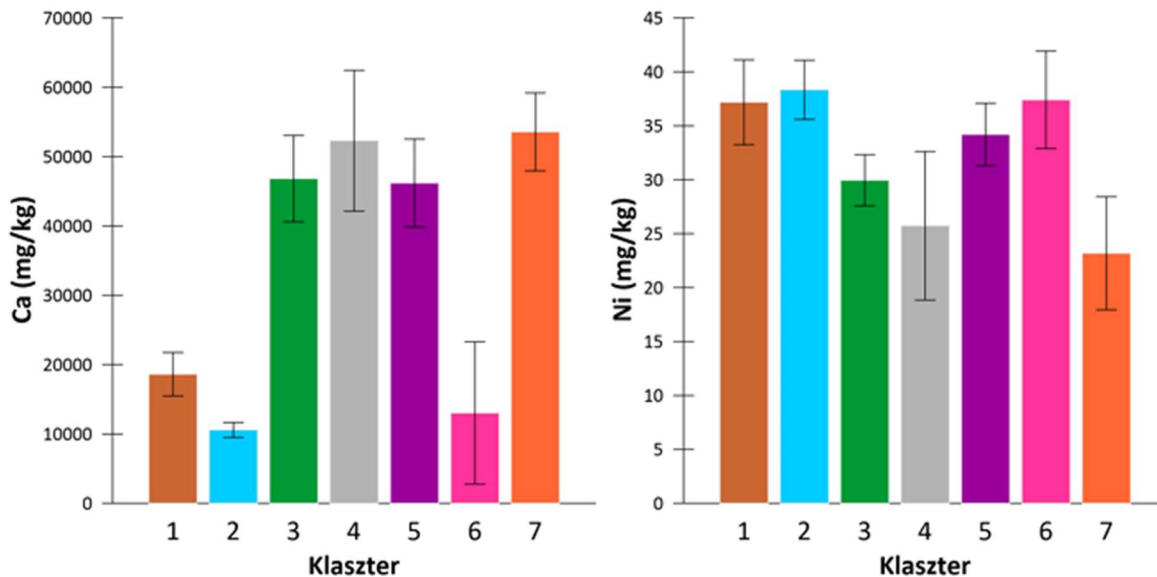
A 3. klaszter a recens talaj B- és BC-szintjeivel hozható összefüggésbe, és kémiai összetétele átmenetet képez az A-szinthez tartozó 1–2. klaszterek és a mélyebb rétegeket reprezentáló 6. klaszter között. A nehézfémek koncentrációja ebben a tartományban csökken, miközben a löszös alapkőzethez köthető elemek – például a stroncium (Sr), a kalcium (Ca) és a magnézium (Mg) – koncentrációja növekszik.

A 4. klaszter az eltemetett paleotalaj Ap- és Bp-szintjeinek mintáit foglalja magában, amelyeket elsősorban a vas (Fe), a stroncium (Sr) és a mangán (Mn) koncentrációja alapján lehetett elkülöníteni. Az eltemetett talaj csernozjom jellegét a humusztartalom vertikális csökkenése és a szénsavas mésztartalom növekedése egyértelműen alátámasztja. Az elemösszetételben megjelenő mintázatok részben korabeli emberi tevékenységekhez köthetők (Nielsen és Kristiansen 2014), például szerves anyag vagy trágya felhasználásához (da Costa és Kern 1999; Wilson et al. 2008), illetve égetési folyamatokhoz (Aston et al. 1998). A mangántartalom ugyanakkor nem mutatott kiugró értékeket, ami arra utal, hogy jelenléte inkább természetes talajfejlődési folyamatokkal, például redoxi viszonyokkal magyarázható.

Az 5. klaszter a második diszkriminancia-függvény mentén jelentősen elkülönül a többi csoporttól. Ide tartoznak a C1 felhordási réteg és a recens talajtakaró határán elhelyezkedő minták, valamint a paleotalaj Cp-szintjének egyes elemei. Elkülönülésük elsősorban a kalcium- és nikkell koncentrációkban mutatkozó eltérésekkel magyarázható (4.14. ábra). A magas kalcium- és viszonylag magas nehézfém-tartalom arra utal, hogy ezek a rétegek átkevert anyagot képviselnek, amelynek kialakulásában emberi tevékenység és bioturbáció (élőlények által okozott keveredés) egyaránt szerepet játszhatott.

A 6. klaszter a C1 réteg mintáit foglalja magában. Ezek nehézfém-tartalma magasabb, mint az alapkőzeté, de elmarad az A-szintben mért értékektől. A Ca-, Sr- és Mg-koncentráció

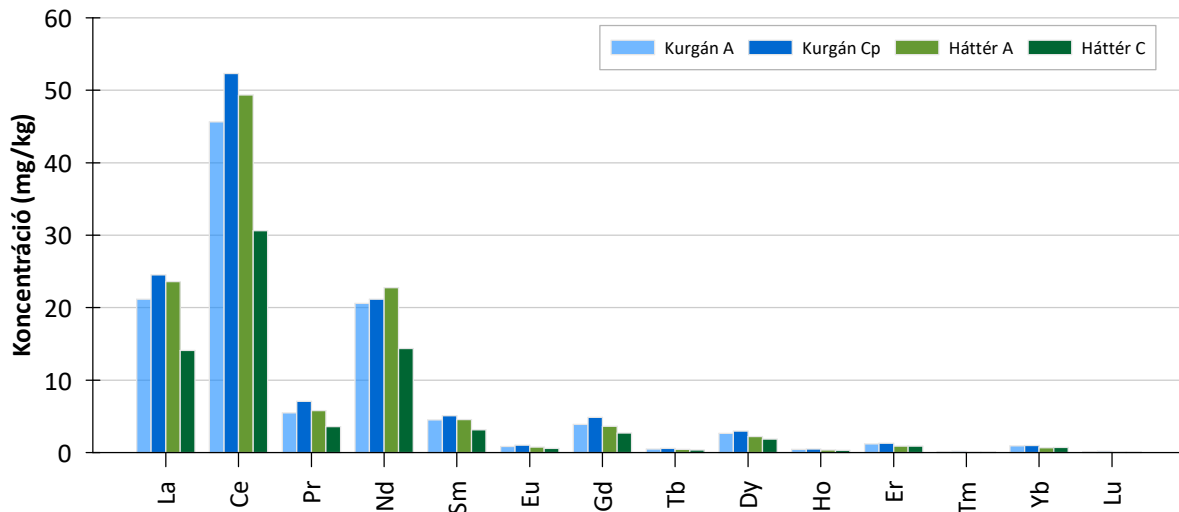
alacsonyabb, míg a báriumtartalom magasabb a C_p-szinthez képest. A ritkaföldfémek koncentrációja ebben a klaszterben a legmagasabb, ami részben kilúgzási folyamatokkal, részben állatjáratok mentén végbemenő keveredéssel magyarázható. A 7. klaszter a halom alatti C_p-szinthez köthető, és magasabb Ca- és Mg-tartalom, valamint alacsonyabb nehézfém-koncentráció jellemzi, mint az 5. klaszter esetében.



4.14. ábra: Átlagos kalcium és nikkeltartalmak a kialakult klasztereken belül, hibásávok 1 σ sávot jelölnek (Braun et al. 2022).

A halom komplex természettudományos feldolgozásához kapcsolódóan az archeobotanikai, talajtani és földtani módszereket kiegészítve (Pető et al. 2022) a geokémiai eredmények hozzájárulnak a halomról alkotott teljesebb kép leírásához.

Az eltemetett talajtakaró csernozjom jellegét a geokémiai adatok is alátámasztották, amit az A_p- és B_p-szintek homogén klaszterbe rendeződése jelez. A paleokrotoninák nagy száma az eltemetett talaj egykori biológiai aktivitására utal. A C1 réteg elemösszetétele és a C_p-szinttel mutatott hasonlóság arra enged következtetni, hogy a halom első felhordása nem a környező humuszos termőrétegből, hanem a tágabb környezetben előforduló alapkőzetből történt.



4.15. ábra: A ZHI-es háttérszelvény és az ETA-01 kurgán A és C (Cp) szintj ritkaföldfém koncentrációjának összehasonlítása.

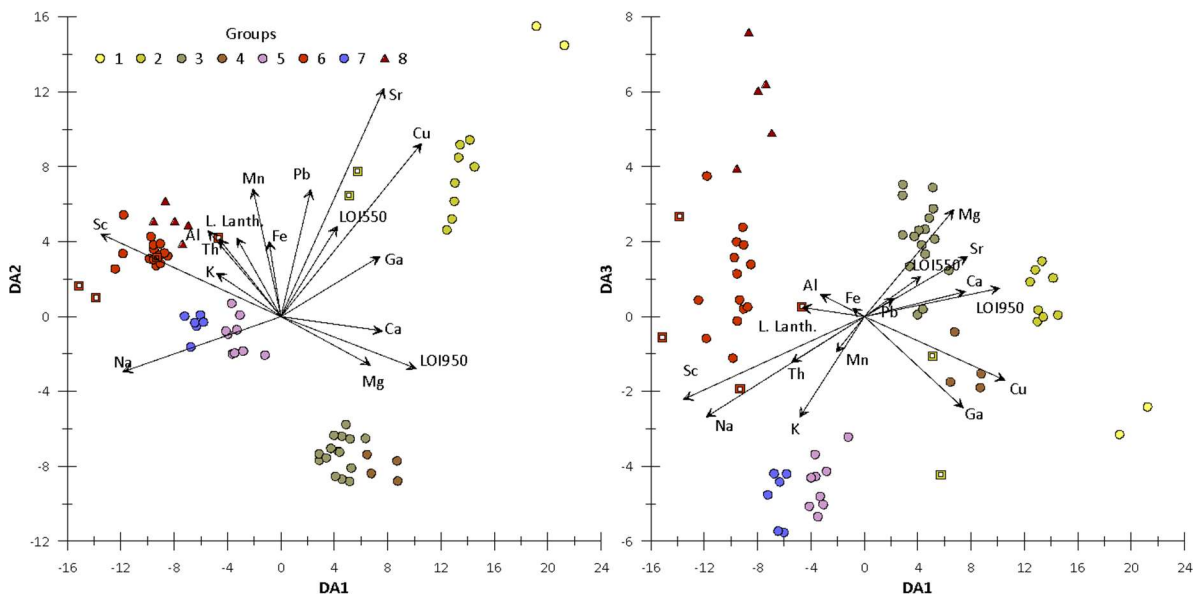
A háttérszelvény A-szintjében mért ritkaföldfém koncentráció közelebb van az ETA-01 halom alatt található Cp réteg koncentráció értékeihez (4.15. ábra). Erre magyarázat lehet, hogy a terület a Hajdúság és a Hortobágy határán helyezkedik el, így egymáshoz közel eltérő sajátosságú talajok találhatók. A közelben lévő más ritkaföldfém koncentrációval rendelkező alapkőzetten fejlődött talajt a szél szállíthatja és a területen deponálhatja.

A recens talajtakaró geokémiai mintázata jól elkülöníthető az eltemetett rétegektől. A felső, morfológiailag egységes A-szint erős antropogén hatások nyomait viseli, míg a mélyebb B- és BC-szintek homogénebb kémiai jelleget mutatnak. Az elemösszetételi adatok alapján valószínűsíthető, hogy a halom palástjának kialakításához további humuszos anyagot is felhasználtak, amely később konszolidálódott és talajosodott. A vizsgálatok összességében igazolják, hogy a halomtest rétegződésének és geokémiai sajátosságainak értelmezése csak a morfológiai, talajtani és statisztikai módszerek integrált alkalmazásával lehetséges.

4.3.2. Movila Crăciuneasca kurgán értékelése

A Jamnaja kultúrához köthető, a Kr. e. 4–3. évezred fordulóján emelt kurgánok, így a 2019-ben feltárt Movila halom is, egyszerre hordozzák az építő közösségek kulturális identitásának lenyomatát, valamint a keletkezésük idején fennálló környezeti viszonyok információit. Az elsődleges, másodlagos, valamint jelen esetben a harmadlagos és negyedleges temetkezések elsősorban kulturális és társadalomtörténeti adatokat közvetítenek. A halom alatt eltemetett talajrétegek a talajképződési folyamatokon keresztül közvetett öskörnyezeti információkat őriznek meg. A Movila kurgán feltárása során végzett helyszíni megfigyelések, valamint a részletes talajtani és geokémiai vizsgálatok lehetőséget teremtettek a halomépítés egyes fázisainak és a kortárs környezeti viszonyok bizonyos aspektusainak rekonstrukciójára.

A megjelenő klaszterek közötti különbség lineáris diszkriminancia módszerrel került vizsgálatra. Az egyes klaszterek közötti különbségek feltárásához a diszkriminancia-pontszámok és a mért paraméterekkel való korrelációjuk biplotjait készítettük el (4.16. ábra). (Az értelmezés megkönnyítése érdekében csak a releváns irányba mutató nyilakat ábrázoltuk).



4.16. ábra: A klaszterek szétválása diszkriminancia értékeik alapján.

Az 1. klaszter a halom felső 10 cm-es rétegét (A-horizont) jellemzi, melyet a modern antropogén hatások értek. Ezt jelzi a magas nehézfém-tartalom. Nehézfémek, mint a réz vagy az ólom növekedése a talajanyagban kétségtelenül a modern antropogén hatásokhoz köthető (Horák et al. 2018), például az égetéshez (Wilson et al. 2008) vagy az ipari mezőgazdasághoz (Klimek 2002).

A 2. klaszter a sekély K1 réteget és a K2 réteg felső részét fedi le. A nehézfémek hatása még mindig észlelhető, de a csoporton belül a DA2 értéke a mélység növekedésével csökken, és a következő klaszterben jelentősen visszaesik. Ez azt jelzi, hogy a halomnak csak a felső 50 cm-ét érintették a modern környezeti hatások, ami egybeesik a bioturbációval és a talajképződési folyamatokkal, amelyek a halom felszínétől megközelítőleg 50 cm-re lefelé nyúlnak.

A 3. és 4. klaszter (CL3 és CL4) közötti távolság kicsi, de kémiai elválaszthatók. A CL3 felső részei a K2 rétegnek, alsó részei pedig a K3 rétegnek felelnek meg. Ezzel szemben a CL4 csak a K3-ban jelenik meg, Mindkét klaszter magas Mg- és Ca-tartalmat mutat. A CL3 magnéziumban gazdagabb, míg a CL4 több Ca-t tartalmaz. Figyelemre méltó, hogy a CL4 kisebb mennyiségben tartalmaz ritkaföldfémeket (REE), mint a többi klaszter. A CL3 és CL4 eltérő Ca és Mg tartalma a Ca és Mg eltérő mobilitásával magyarázható (Gransee és Führs 2013). Az Mg ionrádiusza kisebb, mint a Ca-é, de a hidrátja nagyobb, ezért a talajkolloidokhoz való kötődése gyengébb (Maguire és Cowan 2002). Ez arra utal, hogy a K3 és a K2 között jelentős vízmozgás volt, amely lehetővé tette a Mg mobilizálását a K2 löszmátrixából, majd lerakódott a K3-ban. A CL4 a halom felső és alsó része közötti határvonal.

Az 5. klaszter (CL5) és a 7. klaszter (CL7) a K4 rétegnek felel meg, amelyet a halomszerkezet első ember által készített részeként azonosítottak. A két klaszter közötti távolság a diszkriminancia-térben kicsi, de még így is két különálló csoportot alkotnak. A CL5 a K3 és a K4 kölcsönhatásából alakult ki, és a talajvízszint mozgása is befolyásolta, ami a K4 kémiai elkülönülő klaszterekre való differenciálódását eredményezte. A CL5-be tartozó minták magas K- és Na-koncentrációval rendelkeznek. A CL5 Na-koncentrációja (1610 mg/kg) a legmagasabb a halomban, míg Fe-tartalma alacsony (29250 mg/kg). A CL5 nem egybefüggő, e klaszter alsó része keveredik a CL6-tal.

A 6. klaszter (CL6) magas ritkaföldfémek (REE) és Y koncentrációval rendelkezik. A huminanyagok jelentős szerepet játszanak a REE-k mobilizációjában (Kabata-Pendias 2010). Az oldott szerves anyagok kémiai komplexeket képezhetnek a nehéz REE-kkel (Sonke és

Salters 2006). A CL6 megfelel az A_p- és B_p-szinteknek, amelyek jelentős mennyiségű szerves anyagot tartalmaznak, ami megmagyarázza a REE-k emelkedett koncentrációját ebben a klaszterben. A CL6 jelentős mennyiségű Fe-t és Mn-t is tartalmaz, amelyek oxidjai szintén jelentős szerepet játszanak a REE-mobilitás dinamikájában (Mihajlovic és Rinklebe 2018). A vízmozgás fontos szerepet játszik az agyagképződésben, ezért a Fe és Mn mozgása a talajprofil mentén befolyásolja a REE-k eloszlását (Mihajlovic et al. 2015).

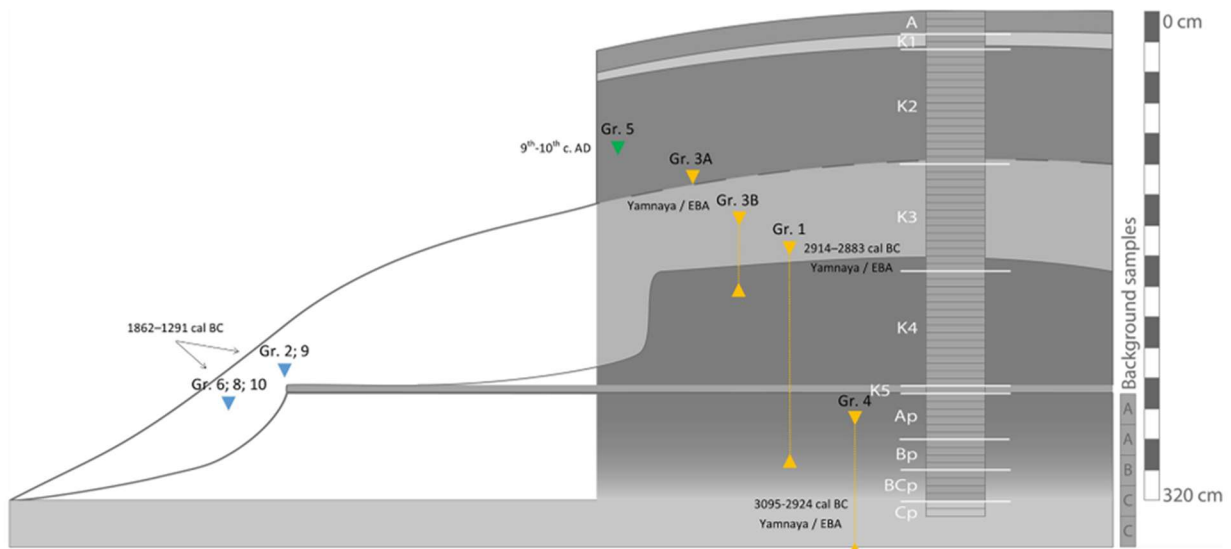
A 8. klaszter (CL8) a BC_p-szinthez tartozó mintákból áll, amelyek a B_p és az alapanyag közötti átmenetet jelentik. Ez a klaszter a CL6-tól a diszkriminancia-tér DA1-DA3 síkján válik el. A CL6-hoz képest REE-tartalma alacsonyabb, míg Mg- és Ca-tartalma jelentősen magasabb.

A makromorfológiai és laboratóriumi adatok alapján a Jamnaja kultúrához tartozó személy központi (elsődleges) sírját egy kilúgzott csernozjom talajba ásták. E talajok egyik fő jellemzője a karbonát hiánya (vagy alacsony tartalma) az A-szintben, ami arra utal, hogy ezek a talajok olyan löszterületeken alakulnak ki, ahol az éves csapadékmennyiség meghaladja az 500–550 mm-t, és potenciális növényzetük mérsékelt övi füves puszták és erdőssztyepp mozaikjaként jellemezhető. A temetkezési hely egy alacsony területen (kb. 79 m tszf.) helyezkedett el, a Kárpátok keleti lejtői és a Fekete-tenger nyugati partvidéke között. Bár a Kárpátok éghajlati hatása részben kimutatható a csapadékmennyiség növekedésében, a lelőhely a Kr.e. 4. évezred végén mégis egyértelműen sztyeppe jellegű környezetet tükrözött.

A temetkezési helyet, majd később a kurgán első építési fázisának területét a temetés előtt előkészítették. A felszint valószínűleg lekaparták és enyhén kifelé lejtővé tették, így alakítva ki azt a platformot, amelyre a halmot emelték. A halom fedőrétege az elsődleges sír fölé került, de nem terjedt túl a platform körvonalán.

A korabeli felszín előkészítése a kurgán rétegtanában is megfigyelhető. A K5 kóddal szereplő réteg (4.11. ábra) ennek a tevékenységnek a bizonyítéka. A paleofelszín tetején élesen elkülönülő határként jelentkeznek, ami tudatos építési tevékenységre utal. A rétegben talált faszénmaradványok emberi környezetátalakító hatásról tanúskodnak, amelyet vagy a platform szándékos felégetése, vagy annak területén elhelyezkedő tűzhely jelenléte magyarázhat. Ez a vékony réteg a temetkezési terület lezárását szolgálhatta, és a pangó víz nyomai, valamint a vas (Fe) és mangán (Mn) feldúsulása arra utalnak, hogy a felszín taposott, enyhén tömörödött talajréteggé vált. Geokémiai összetétele és talajtani tulajdonságai azonban nem térnek el jelentősen a paleo A-szinttől, ami azt jelzi, hogy a platform vagy a temetkezési térség lezárása helyben kitermelt anyagból történt. Mivel a K5 réteg nem volt folyamatos, és hiányzott a halom

központi részéről, ahol az elsődleges temetkezés található, feltételezhetjük, hogy a platform kialakítása még a temetés előtt, a rituális tér előkészítéseként történt.



4.17. ábra: A sírok vertikális elhelyezkedésének szemléltető értelmezése a boldești–grădiștea-i kurgán azonosított talajtani rétegzettségének tükrében.

Jelkulcs: a sárga háromszögek a Jamnaja (kora bronzkori) temetkezések nyitási szintjét és síralját jelölik; a kék háromszögek a középső/késő bronzkori sírok pozícióját mutatják; a zöld háromszög a kora középkori temetkezés helyzetét jelöli. A függőleges tengely mentén az ábra léptékhelyes, míg a sírok központi halomrészhez viszonyított vízszintes távolsága sematikus, relatív léptékben kerül ábrázolásra. (Braun et al. 2024)

A kurgán első építési fázisát a K4 réteg képviseli, amely makromorfológiai és laboratóriumi adatok alapján részben az A_p-szinthez hasonlítható. Ez alátámasztja azt a feltevést, hogy az első halom a környék felső, humuszos talajsintjének lekaparásával épült. A kilúgzottság, a tömörödés és a morfológiailag homogén réteg belső rétegződése olyan talajképződési folyamatokat tükröznek, amelyekhez hosszabb idő szükséges. Ennek időtartama részben nyomon követhető a Jamnaja temetkezések vertikális eloszlásában. Míg az elsődleges sír a paleotalaj mélyére került, és a Kr. e. 4–3. évezred fordulóját képviseli, addig a kurgán délnyugati negyedében található bronzkori temetkezések a Kr.e. 2. évezred első és második harmadába keltezhetők. Mindez arra utal, hogy az első halom építmény felszíne évszázadokig nyitva állt. Hasonló jelenséget azonosítottak a Hajdúnánás–Lyukas-halom lelőhelyen is, ahol fitolitvizsgálatokkal sikerült igazolni, hogy az első halom felszíne elegendő ideig maradt nyitva ahhoz, hogy sűrű vegetáció alakuljon ki rajta (Pető és Cummings 2011). A Movila kurgán esetében a helyzetet tovább bonyolítja, hogy az egyik sírt (Gr. 1, 4.17. ábra) 2914–2883 cal BC-re keltezték. Ugyanakkor a K4-be ásták, közvetlenül a központi sír fölé. Ez arra utalhat, hogy

ezt a sírt közel az eredeti halomstruktúra építése után ásták, és csak ezután hagyták el az építők a területet. A rendelkezésre álló adatok alapján nem valószínű, hogy a halmot ekkor jelentősen megemelték. Inkább arról lehet szó, hogy az eredetileg a primer temetkezéshez kialakított struktúrát használták újra.

Következő lépésként a kurgán szerkezete további temetkezésekkel módosult. A halom kiterjedése túlnyúlt az eredeti platform szélén. A perem rétegtana eltérő, de a halom megújítása a központi metszetben is nyomon követhető. A halom második építési fázisát a K3 réteg tetejéhez köthető két sír jelzi (Gr. 3A, Gr. 3B, 4.17. ábra). Radiokarbon keltezés azonban nem áll rendelkezésre e két sírhoz, így időbeli elhelyezésük bizonytalan. Talajtani szempontból azonban a halom megemelésére használt anyag eltérő jellegű, ami kérdéseket vet fel származását illetően. A Hajdúnánás-Zagolya ETA-01-es objektum esetében megfigyelt löszös anyagú felhordás a rendelkezésre álló adatok szerint nem készült ezen halom esetén. Valószínűbb, hogy az eredeti paleofelszín (Ap-szint) alatti talajanyagot kaparták le, részben összekeverték, és a halom megemelésére használták. E rétegben a sótartalom, valamint a nátrium és a kálium mennyisége volt a legmagasabb. Ennek fényében a K3-at olyan kevert réteggként értelmezzük, amelyben a szikes tényezők feldúsultak. Jelenleg nincs bizonyíték arra, hogy ez a réteg eredetileg szikes talajból épült volna fel, mivel ezt a vonatkozó sóadatok nem támasztják alá. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a Kárpát-medence szikes területein több kurgán esetében évszázadokig, sőt évezredekig tartó vízszintemelkedést és az ennek következtében kialakuló „só-dóm” jelenséget figyeltek meg (Barczy et al. 2006; Csanádi és M. Tóth 2011), és nem teljesen kizárható, hogy a Movila kurgán esetében is hasonló folyamat játszódott le. A kurgán történetét tovább árnyalja a peremterületen, az északnyugati szektorban elhelyezkedő, harmadlagos temetkezések csoportja. Radiokarbonos keltezésük alapján ezek a középső és késő bronzkor határára (Kr. e. 1862–1291) tehetőek. E területen a halom magassága a perem felé csökken, ami lehetővé tette, hogy a sírokat akár a paleofelszínig is lemélyítsék, hasonló mélységben, mint a központi temetkezést. A rendelkezésre álló adatok alapján e sírokat a K3 réteg sekélyebb anyagába mélyítették, amely a kurgán másodlagos megemelésének terméke.

A kurgán átalakításának utolsó fázisát a K2–K1 rétegek és a fölöttük kialakult A-szint képviseli. Ebben a zónában egy középkori temetkezés (Gr. 5, 4.17. ábra) jelenléte is igazolható, amelyet a Kr. u. 9–10. század fordulójára kelteztek, és amely egyértelműen eltérő kulturális kontextusú beavatkozásra utal.

5. Következtetések és javaslatok

A Jamnaja kultúrához köthető kurgánok különleges helyet foglalnak el a környezettörténeti kutatásokban. A temetkezési rítus során emelt halmokkal a korabeli közösségek elfedtek egy talajfelszínt, amivel részben izoláltak egy talajfoltot. A megépített halmot jellemzően a környező területek talajanyagából emelték, így a kurgán és annak környezete legalább három olyan geoarchívumot rejt, amelyek vizsgálata közelebb vihet minket a az építéskori környezeti viszonyokhoz, az azóta eltelt időben lezajló talajképződés irányához, illetve a kurgán megépítésének módjához és esetleges lépéseihez.

A Zagolya és Movila kurgánok ugyanazon kultúra egymástól többszáz kilométerre emelt sírhalmai, amelyek nagyon hasonló természetföldrajzi környezetben és azonos tradíciók alapján készültek. A Zagolya-pusztai halomépítők tradíciója és kulturális háttere megegyezett a Román-alföldön halmot építő közösségével. Ebből adódik, hogy a Jamnajak által belakott hatalmas terület egy pontjáról ugyanazon módszertani (sztratigráfiai, geokémiai és talajtani) eszközökkel nyerhetünk ismereteket. A két halom vizsgálata önmagában is fontos adatokat biztosít, de kapcsolható a korábban lezajlott Jamnaja kurgánok hasonló, illetve az általam alkalmazott módszerekhez közelítő módszerekkel elvégzett kutatásainak eredményeihez.

Hazánkban a Jamnaja kurgánok őskörnyezettani vizsgálatával Barczy Attila és kutatócsoportja (Gödöllő), Sümei Pál és kutatócsoportja (Szeged), valamint Tóth Csaba és munkatársai (Debrecen) foglalkoztak behatóan az elmúlt évtizedekben.

A hazai kurgánok közül kiemelkedik a Csípő- és Lyukas-halom, amelynek vizsgálata során a paleotalajtani és negyedidőszaki geológiai módszerek széles tárháza került alkalmazásra (Barczy 2016). A Hortobágyon található Csípő-halom komplex őskörnyezeti rekonstrukcióját végezték el Barczy Attila és munkatársai (2006). Vizsgálataik nem régészeti feltárás során kialakított metszetfalból vett mintákon alapultak, hanem fúrással történt mintavételezésen. A Csípő-halom sztratigráfiája nagyban hasonlított a Zagolya kurgánál leírtakhoz. A Csípő-halom tetején 20-30 cm vastag morzsás szerkezetű A-szintet írtak le, ez hasonló a Zagolyán találhatóhoz. Mindkét esetben meghatározásra került egy B-szint, azonban a Csípő-halom esetében nem alakult ki átmeneti zóna a halom tetején fejlődött talaj és a kultúrréteg között, illetve ezt a szerzők nem tudták detektálni. A Csípő-halom esetében is megfigyelték a csernozjomokra jellemző B-szintben bekövetkező humusztartalom csökkenést és karbonáttartalom növekedést. A Csípő-halom esetében megfigyelték a kultúrrétegben történő karbonát tartalom csökkenést, viszont emelkedett humusz tartalmat nem tapasztaltak. Az

eltemetett talajt illetően A_p-B_p-C szintbeosztást írtak le. Sokváltozós statisztikai elemzéseik alapján nagy szerepe volt a szerves paramétereknek a halomban azonosított határfelületek (halom-eltemetett talaj, antropogén réteg-recens talaj, antropogén réteg-eltemetett talaj, eltemetett talaj-alapkőzet) elkülönítésében. Azonban a halomtesten belüli különbségek leírásánál a szervetlen paraméterek is szerepet kaptak. A disszertációban bemutatott halmok esetében több elem került vizsgálatra, mint a Csípő-halom esetében, illetve a ritka földfémeket is megmértem, amelyeknek nagy szerepe van a sokaság varianciájának kialakításában, így a szerves paraméterek nélkül is sikeresen feltárhatóvá váltak a különbségek. Fontos kiemelni, hogy az ún. sómag jelenségét, azaz azt a megfigyelést, hogy a kurgánok felépítményében kialakul egy magasabb összes sótartalommal jellemezhető réteg a Csípő-halom esetében írták le először. Barczy (2016) értelmezése szerint a sómag kialakulása több tényezőre vezethető vissza. Egyfelől összefüggés mutatkozhat a halom környezetében található szikes talajok jelenlétével, ami a Csípő-halom esetében földrajzi adottság volt, hiszen a Hortobágyon található a lelőhely. Önmagában ez nem magyarázat, értelmezése szerint a felhordott talajanyagban elsődleges (agyag)ásványok felgyorsult mállása szolgáltatja a szükséges Na⁺-t. Annak magyarázata, hogy a szikesedést okozó só nem mosódik ki teljesen a halomtestből, azzal lehet összefüggésben, hogy a felépítményben és/vagy a paleotalaj felszínén kialakul egy olyan barrier, amely duzzadó agyagásványai egy függő talajvíz zónát képeznek. Efölött időszakosan bepárlódó vagy redox körülmények jönnek létre létrehozva a másodlagos szikesedés jelenségét.

A csípő-halom 'sómag-elmélete' azért érdekes, mert Zagolya és Movila esetében is tapasztaltuk ezt a jelenséget, ahogy egyébként a Pincés-halom vizsgálata kapcsán is utalt rá Barczy Attila korábban (Barczy 2016). Zagolya a Csípő-halomhoz nagyon hasonló környezetben egy szikesekkel tarkított területen épült, ráadásul az eredeti felhordás, nem a feltalajból, hanem a mélyebben fekvő – és vélhetően magasabb sótartalmú – alapkőzetből készült. A 4.2. ábrán jól látszik, hogy Zagolya esetében a legmagasabb sótartalom az A_p-szint és a C1 rétegben mutatkozik, míg a C1 rétegen fejlődött recens talaj esetében alacsonyok az értékek. Ez a vertikális mintázat nem egyezik meg teljesen a Csípő-halomnál leírtakkal, de az ott leírt kialakulási folyamatokkal magyarázható. Vélhetően a C1 rétegben húzódik az telítődési zóna, amely képes visszaduzzasztani a felülről érkező csapadékvizet és párologtató fázisban pedig a másodlagos szikesedés folyamatát beindítani.

Nagyon hasonló megfigyelést tettem Movila esetében is, ahol a feltételezett barrier a K3-as rétegben lehet (vö. 4.3. ábra). Amíg Zagolya esetében egy alacsonyabb építményről van szó, ahol a sómag-elmélet feltételezett eseményei nehezebb szárazhatóak szét, addig a Movila

magasabb, ráadásul csapadékosabb területén ez talán jobban nyomon követhető. Movila esetében mind a paleotalaj, mind a recens talaj (BGH), mind a kurgán palástján fejlődött talaj alapvetően kilúgzott állapotú. Ez, illetve a földrajzi háttér is arra enged következtetni, hogy Zagolyához képest egy magasabb csapadékelátottságú területen épült a kurgán. Ha elfogadjuk, hogy a sómag kialakulásához a felhordott talaj ásványainak mállásán keresztül vezet az út (pl. földpátok (albit) mállása a löszök esetében, Barczy 2016), akkor a magasabb csapadékatlaggal rendelkező területen ez a folyamat intenzívebben mehetett végbe. Ehhez hozzá kell venni azt a megfigyelést, hogy Movila esetében a K4 réteg a legkötöttebb (4.7. ábra), így könnyen elképzelhető, hogy itt ez adja az ún. barrier zónát és biztosítja a függő talajvíz és redox zóna kialakulását, valamint a bepárlódás és egyben szikesedés alappontját.

A Movila kurgán esetében markáns határvonalak kerültek azonosításra, amelyek a halom különböző építési fázisaihoz köthetőek. Ez nagyban hozzájárult a halom történetének rekonstruálásához. A Csípő-halomról szóló tanulmányban is bemutatásra került, hogy a halmok dinamikusan változó rendszerek, amelyekben az évezredek során szignifikáns elemmozgások történnek. Ezt a jelenséget mindkét disszertációban bemutatott halom esetében tapasztaltam és leírtam.

Barczy és munkatársai vizsgálták a Lyukas-halom kurgánt is (Barczy et. al, 2012), amely a Zagolya kurgánhoz viszonylag közel helyezkedik el, a Hajdúhát kistáj Hortobággal érintkező peremterületén. A Lyukas-halom egy szikesedés által nem érintett, kiterjedt mészlepedékes csernozjom talajfoltban épült. Nem csak ebből adódóan, hanem szerkezetét tekintve is a romániai Movila kurgánnal mutat hasonlóságot, mert itt is három felhordást azonosítottak (Barczy et al. 2012). A Lyukas-halom esetében azonosított harmadik felhordás teteje erős karbonátkiválásokat mutatott, és a felhordás tömődött, állatjáratokkal tarkított, ami hasonló a Movila K2 felhordásánál tapasztaltakhoz. Szintén hasonlóság a két halom történetében, hogy a Lyukas-halom esetében a harmadik felhordás alatt egy paleotalajt azonosítottak. A Movila esetében az 1. felhordásból származó réteg (K4) felső részeiben hosszabb időt igénylő talajfejlődési jelek vannak. Ez arra utal, hogy mindkét halom esetében lehetett egy-egy hosszabb időszak két kulturális újrahasznosítás között, azaz a halmok felszíne hosszabb időn keresztül nyitva volt és érintetlenül hagyták az emberi tevékenységek. Ez a jelenség köszön vissza a Császárné-halom esetében is. Cseh és munkatársai (2022) a Császárné-halom vizsgálata során a Movila halomhoz hasonlóan három építési fázist találtak. A Császárné-halom esetében a második építési fázist követően hosszabb idő telhetett el, így a halom felszínén talajosodási folyamatoknak volt idejük elindulnia. Barczy és kollégái (2012) elemzése alapján

a Lyukas-halom első két felhordása a környező talajból készült, hasonlóan mint Movila esetében. Vizsgálataim alapján Movila esetében is kizárólag a környező talajtakaró felszínének anyag szolgált anyagforrásként. Eltérésként annyi tudtam azonosítani, hogy Movila esetében a feltételezett második felhordásnál eltérhettek ettől és mélyebb talajrétegek is szerepet kaphattak a halom megépítésében. Movila és a Lyukas-halom rekonstruált építése, sztratigráfiája élesen eltér a Zagolyán tapasztaltaktól, ahol a mélyebben fekvő alapkőzetet használták az első sírhalom kialakításához.

Bede és munkatársai (2015) a Hortobágyon található Ecse-halmot vizsgálták, többek között szervesanyag tartalom, karbonáttartalom, mágneses szuszceptibilitás és mikro-morfológiai vizsgálatokkal. Az általuk vizsgált halom esetében szintén megjelenik a kulturális újrahasznosítás, mert Ők is két építkezési fázist tudtak azonosítani. Kutatásuk szerint a felhordás a környező területek anyagból készült, de nem a halom közvetlen közelében és nemcsak a felszínen gyűjtötték a palást anyagát. Ez a stratégia köszön vissza Zagolya esetében is.

A Jamnaja kurgánok kutatásának egyik fontos kérdése, hogy mennyiben mutat eltérő talajfejlődési irányokat a halom alatt található talaj, a halom palástján kialakult és a környezetében található talajokhoz képest. Ennek leírására a halom alatti és halmom lévő talajok osztályozása jó összehasonlítás adhat. Amíg Movila esetében egy ún. csernozjom csernozjom indikáció van, addig Zagolya esetében ettől minimálisan eltérő módon a paleotalaj mutat szikesedési nyomokat, ugyanakkor mindkét esetben kijelenthető, hogy jelentős, a környezeti viszonyok érdemi megváltozásával járó változást nem mutatnak ezek a kurgánok. Ezt a megfigyelést támasztja alá a Kárpát-medence-i Jamnaja szállásterületen végzett kurgánok szinte minden vizsgálata; így például a csernozjom-csernozjom indikáció visszaköszön a Lyukas-, a Pincés-, a Kántor, a Fekete-, a Hegyes- és a Bán-halom esetében is, ahogy a Csípő-halom esetében is ez tetten érhető (Barczi 2016).

A Kárpát-medencén kívül található halomszerű formakincsek – a jelen disszertációban alkalmazott kutatásokhoz nagyban hasonlító – módszertani elgondolások mentén vizsgált halmok esetében ettől eltérő eredményre jutottak cseh, lengyel és orosz kutatók. A hajdúnánási és román-alföldi környezettől markánsan eltérő erdős vidéken épült halom kutatása során is rendszeresen alkalmaztak geokémiai és talajtani módszereket Hejzman és munkatársai (2013). A 2013-ban megjelent tanulmányban egy harangedényes kultúrához köthető csehországi sírhalom vizsgálatánál mutatták be, hogy milyen kérdésekre adhat választ a kémiai elemzés

eredménye. A disszertációban bemutatott módszertől eltérően, Hejcman és munkatársai a Mehlich 3 (M3) extrakciós stratégiát választották. Azért döntöttek emellett a stratégia mellett, mert nagyszámú háttéradat állt rendelkezésre ezzel a módszerrel történt vizsgálatokból. Az M3 a növények által hozzáférhető elemek vizsgálatára fejlesztették ki, „gyenge” extrakciós módszernek minősül. Hejcman és munkatársai szerint rendkívül alkalmas a múltbéli emberi hatások vizsgálatára, mivel nem a teljes elem mennyiséget oldja. A disszertációban nem csak az emberek által keltett változások voltak fókuszban, hanem a halomtestekben végbemenő másodlagos változások is a vizsgálat tárgyát képezték, ezért esett a választás a királyvizes roncsolásra, amivel ez a kötöttebb formában lévő elemeket is ki tudja nyerni. További különbség továbbá, hogy a Zagolya és a Movila halmokkal ellentétben a Hejcman és munkatársai a tanulmányában bemutatott halom erdőben található. A síksági halmokkal ellentétben nem csernozjom talaj volt a halom felszínén, hanem erdőtalaj. Az egyik fő kérdés amire a választ keresték, hogy a halomban azonosított rétegek, több építkezési fázisnak köszönhetőek, vagy a talajfejlődés során alakultak-e ki. Esetükben a konklúzió az volt, hogy a talajfejlődésnek köszönhető a kialakult rétegtrend. A halmon lezajlott talajfejlődés nagyban hasonlított a halom környezetében tetten érhető talajképződéshez (albeluvisol talajt azonosítottak a halmon). Zagolya esetében hasonló jelenséget azonosítottunk. A halomtesten egy a környezetére jellemző csernozjom talaj fejlődött. A Movila esetében azonban árnyaltabb volt a kép, számos építkezési fázis történt, és ennek során összetettebb folyamatok zajlottak le. Hejcman és kollégái is sikeresen azonosították az eltemetett talaj szintjeit is. Az eltemetett talajt csernozjom jellegűnek azonosították, amelynek fejlődéséhez eltérő lokális klímaviszonyok szükségesek a halom tetején fejlődött modern agyagbemosódásos barna erdőtalaj létrejöttéhez képest. Látható, hogy az eltérő elemanalitikai eljárások alkalmazhatósága között van átfedés, ezt a sokváltozós elemzés, valamint a talajtani módszerek alkalmazása együtt teszi lehetővé.

Krištuf és munkatársai (2023) szintén csehországi temetkezési halmok esetében alkalmaztak geokémiai módszereket annak a kérdésnek a megválaszolására, hogy a neolitikumban épített halmok lakóterületek közelében épültek-e. Tanulmányuk további eredménye volt, hogy megtudták állapítani, hogy a halmokat a környező talajból építették. Ezt az anyagválasztási módszert a Movila első építkezési fázisánál azonosítottuk. Eltérően, Zagolya halom esetében, ahol a tágabb környezetből, és kutatásaim alapján mélyebbről, nem a felszínről gyűjtöttek anyagot a halomtesthez.

Összességében elmondható, hogy a disszertációban alkalmazott módszerek eredményei jól illeszkednek az eddig ismertekhez, mind egyszerű sztratigráfiájú és mind bonyolultabb

szerkezetű halmok esetén. A hazai és nemzetközi irodalomban számos kutatási és fejlesztési irányt feszegetnek a kutatók, eltérő környezetben keletkezett emlékeket vizsgálnak, és egyéb tudományterületeken jól bevett módszereket próbálnak ki a régészeti kérdések megválaszolásához. Jól látható, hogy az interdiszciplináris kutatási módszerek sok esetben robusztusok és alkalmazhatók eredeti vizsgálati tárgyaikon túl. Illetve mindig számos irány áll azok tovább fejlesztésében, finomításában.

A disszertációban alkalmazott sokváltozós geokémiai módszer jelentős idő és forrás igényvel rendelkezik. Az elemzési idő nagy része mintaelőkészítésből fakad, a forrásigényét pedig legfőképp az ICP-MS mérések adják. Az elemzési idő csökkenthető lehet a folyamat automatizálásával (automata mozsarak és roncsoló berendezések használata). A szakirodalomban elterjedt talajminták vizsgálatára a röntgen fluoreszcenciás (XRF) spektrométerek használata. Az XRF költségsökkentő alternatívája lehet az atom- és tömegspektroszkópiás méréseknek, azonban az XRF mátrixérzékenysége miatt az eredmények referencia mérésekkel történő ellenőrzése feltétlen javasolt (Guagliardi 2025). A ritka fémek vizsgálata pedig kifejezett körültekintést igényel.

A módszer továbbfejlesztésének is számos irányvonala nyitva áll. A disszertációban mindkét esetben régészeti feltárás során szelvényből történt az elemzés, azonban a módszer fúrással történő mintavételezés esetén is alkalmazható lehet, amennyiben megfelelő bolygatatlan fúrasmagokat sikerül gyűjteni. Izgalmas irány lehet a különböző extrakciós stratégiák vagy a teljes feltárásból nyerhető információk közötti különbségek vizsgálata, illetve az átfogó szerves kémiai vizsgálatok integrálása.

A doktori disszertációban bemutatott módszert így főleg olyan esetben javaslom alkalmazásra, ahol bonyolult rétegrendekkel, vagy komplikált geológiai, talajtani környezettel bíró objektum a vizsgálat tárgya. Az elemzési metodika nem csak kunhalmok elemzésére lehet alkalmas, hanem a sokkal bonyolultabb sztratigráfiájú telkek és földvárak vizsgálatánál is hasznos eszköz lehet.

6. Összefoglalás

A doktori értekezésem célja a Jamnaja kultúra egyes kurgánjainak komplex régészeti talajtani és geokémiai vizsgálata volt, különös tekintettel a halomtest alatt konzerválódott paleotalajok és a felhordott építőanyag kapcsolatára. A kurgánok nem csupán régészeti objektumokként értelmezhetők, hanem olyan összetett geoarchívumokként is, amelyek alkalmasak a környezeti viszonyok, a talajképződési folyamatnak, valamint az emberi beavatkozás mértékének és jellegének rekonstruálására. Az értekezés e szemlélet mentén, interdiszciplináris kontextusban, de fókuszálva a talajtan és analitikai kémia eszközeire vizsgálta egy hajdúsági (Magyarország) és egy havasalföldi (Románia) kurgán sztratigráfiai viszonyait, eltemetett paleotalaját és az építésükhöz használt üledék, illetve talajanyag elemösszetételét és talajtani tulajdonságait.

A kutatás két, nagyban hasonlító természetföldrajzi adottságú és azonos kulturális háttérrel rendelkező esettanulmányra épült: a Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgánra, valamint a Movila Crăciuneasca lelőhely Jamnaja kultúrához köthető halmára. A vizsgálatok során alkalmazott módszertani keret a klasszikus talajmorfológiai megfigyeléseket korszerű laboratóriumi analitikai eljárásokkal egészítette ki. A fő- és nyomelemek meghatározása induktív csatolású plazma tömegspektrometriával (ICP-MS) és mikrohullámú plazma atomemissziós spektrometriával (MP-AES) történt, amely lehetővé tette az egyes rétegek geokémiai sajátosságainak nagy pontosságú vizsgálatát. Az adatok értelmezését többváltozós statisztikai módszerek: főkomponens analízis, hierarchikus klaszteranalízis és diszkriminancia-analízis segítették. A geokémiai paraméterek együttes, sokváltozós statisztikai vizsgálata jó alapot biztosított a rétegek és szintek elkülönülésére és segítettek a kialakult rétegek képződésének értelmezésében.

A Hajdúnánás–Zagolya kurgán vizsgálata igazolta, hogy a halomtest rétegzettsége és geokémiai mintázata szoros összhangban áll a morfológiai bélyegek alapján elkülönített talaj- és üledékszintekkel. Az eltemetett paleotalaj csernozjom jellegét mind a talajtani paraméterek, mind az elemösszetétel egyértelműen alátámasztották. A halom első felhordási fázisához köthető rétegek geokémiai jellemzői arra utalnak, hogy az építés során elsősorban a környező térszinek alapkőzet-közeli anyagát használták fel, míg a későbbi átalakítások során magasabb humusz tartalmú, részben átkevert talajanyag is bekerült a halomtestbe. A recens talajtakaróban kimutatható nehézfém-feldúsulás egyértelműen modern és történeti antropogén hatásokra vezethető vissza, ami jól elkülöníthető az eltemetett rétegek természetes eredetű geokémiai mintázataitól.

A Movila Crăciuneasca kurgán esetében a talajtani és geokémiai vizsgálatok lehetővé tették a halomépités több fázisának elkülönítését, valamint a temetkezések vertikális és kronológiai értelmezését. A központi, primer temetkezés egy jól fejlett, kilúgozott csernozjom talajba mélyült, amely a halomépités idején fennálló sztyeppi - erdős sztyeppi környezetre utal. A felszín tudatos előkészítését vékony, antropogén eredetű réteg jelzi. Az eredeti és elsőként meghordott halomtest anyaga a talaj makromorfológiai és geokémiai jellemzői alapján az eredeti és a temetkezés környezetében lévő feltalajból készült. A későbbi temetkezések során a felhasznált anyag geokémiai összetétele eltér az eredeti feltöltéstől. A vizsgálatok nem támasztották alá egyértelműen a löszös alapkőzet felhasználását, sokkal inkább egy kevert, az egykori járósínt talajtakarójának humuszos termőrége és az alatta települő átmeneti B-sínt keverékeként írható le. A kurgán hosszú ideig tartó, többszöri kulturális újrahasznosítását a rétegtani viszonyok és a temetkezések időbeli eloszlása egyaránt igazolták.

7. Summary

The primary objective of this doctoral dissertation was to carry out a comprehensive pedological and geochemical investigation of kurgans, artificial burial mounds widely distributed across the Carpathian Basin. Particular emphasis was placed on the relationship between the mound bodies and the palaeosols preserved beneath them. Kurgans were approached not solely as archaeological features, but as complex geoarchives in which past environmental conditions, soil-forming processes and the extent and character of human intervention are recorded. Within this framework, the stratigraphy, material composition and developmental history of kurgans were examined in an interdisciplinary context, with a specific focus on soil science and analytical chemical methods.

The research was based on two case studies representing contrasting environmental settings and cultural contexts: the Hajdúnánás–Zagolya ETA-01 kurgan and the Yamnaya-period mound at the Movila Crăciuneasca site. The applied methodological framework combined classical soil morphological observations with advanced laboratory-based analytical techniques. Major and trace element concentrations were determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and microwave plasma atomic emission spectrometry (MP-AES), allowing the geochemical characteristics of individual stratigraphic units to be assessed with high analytical precision. Data interpretation was supported by multivariate statistical approaches, including principal component analysis, hierarchical cluster analysis and discriminant analysis. The combined multivariate evaluation of geochemical parameters provided a robust basis for the differentiation of stratigraphic units and facilitated the interpretation of their formation processes.

In case of the Hajdúnánás–Zagolya kurgan, a strong correspondence was identified between the internal stratification of the mound body and the soil and sedimentary units distinguished on the basis of morphological characteristics. The chernozem nature of the buried palaeosol was unequivocally supported by both pedological properties and elemental composition. Geochemical signatures associated with the initial construction phase indicate that mound building was primarily carried out using material derived from parent material close to the original ground surface of the surrounding landscape. In contrast, later modification phases were characterised by the incorporation of more humus-rich, partially reworked soil material into the mound body. The enrichment of heavy metals detected in the present-day soil cover was attributed to modern and historical anthropogenic impacts and could be clearly distinguished from the geochemical signatures of the buried, naturally developed layers.

In case of the Movila Crăciuneasca kurgan, pedological and geochemical analyses allowed multiple construction phases to be identified and supported the vertical and chronological interpretation of the associated burials. The central primary burial was excavated into a well-developed, leached chernozem soil, indicating steppe to forest-steppe environmental conditions at the time of mound construction. Deliberate preparation of the palaeosurface was evidenced by the presence of a thin anthropogenic layer. Based on macromorphological and geochemical characteristics, the material of the original mound body was derived from the local soil. In contrast, materials associated with subsequent burial phases displayed a geochemical composition distinct from that of the initial infill. The results did not unequivocally support the use of loess as construction material; instead, the application of mixed soil material originating from horizons underlying the Ap layer was inferred. The prolonged and repeated cultural reuse of the kurgan was clearly reflected in both stratigraphic relationships and the temporal distribution of the burials.

8. Új tudományos eredmények

A doktori dolgozatomban két kurgánt vizsgáltam. A geokémiai és régészeti talajtani módszerekre alapozott környezet- és építéstörténeti vizsgálat során kapott új tudományos eredmények az alábbiakat tartom:

- 1) **Kidolgoztam** és két esettanulmányon teszteltem egy olyan **komplex földtudományi módszert**, amely **geokémiai és régészeti talajtani vizsgálatokat, helyszíni talajvizsgálati megfigyeléseket**, valamint **többváltozós statisztikai módszereket ötvöz** annak érdekében, hogy talajanyagból, üledékből és antropogén üledékből létrehozott **emberi építmények rétegtana és fejlődéstörténete minél pontosabban megismerhető legyen**.
- 2) Két Jamnaja kurgán komplex földtudományi vizsgálatával igazoltam, hogy **a temetkezési céllal létrejött sírhalmok nem statikus objektumok, hanem hosszú időn keresztül változó, dinamikus rendszerek**, amelyek fejlődését a környezeti feltételek és az emberi tevékenység egyaránt alakították.
- 3) Vizsgálataimmal **igazoltam**, hogy az **egymástól térben távoleső, de régészetileg azonos kultúrkörhöz tartozó emberi struktúrák hasonló környezeti feltételek mellett és elgondolások alapján épültek**. Mind Hajdúnánás-Zagolya-ETA-01, mind a Movila Crăciuneasca kurgánt egy sztyeppei környezetben fejlődött csernozjom talajfoltban emelték.
- 4) Vizsgálataimmal igazoltam, hogy a két **Jamnaja kurgán kulturális újrahaznosítása során az eredeti, primer kurgán megépítése után további ráhordások keletkeztek** a halmok struktúrájában.
- 5) Vizsgálataim igazolták, hogy mindkét kurgán esetében az eltemetett talajhoz hasonló tulajdonságú recens talaj fejlődött a meghordott kurgántesten. Az **ún. csernozjom-csernozjom indikáció** alapján valószínűsítettem, hogy a két vizsgálati helyszín környezettörténetében nem állt be olyan fokú talajfejlődési irányváltozás, amely alapján az építéskori talajtakarótól jelentősen eltérő talaj fejlődött volna ki a halmokon.

Összességében az értekezés eredményei hozzájárulnak a kurgánok, mint komplex őskörnyezeti archívumok értelmezéséhez, és új szempontokat nyújtanak a geokémiai és talajtani módszerek régészeti alkalmazásához. A bemutatott módszertani megközelítés más, hasonló jellegű régészeti objektumok vizsgálatára is adaptálható és alkalmas arra, hogy a

jövőbeni kutatások során a múltbeli környezeti viszonyok és az emberi tájhasználat közötti kapcsolatok pontosabb feltárását segítse elő.

9. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni a támogatást témavezetőmnek Dr. Pető Ákosnak, aki segített egy számomra új tudományterületet megismerni és elmélyedni benne.

Köszönöm a „The Yamnaya Impact on Prehistoric Europe” (YMPACT) projekt és az összes résztvevő kutatóknak a támogatását és szakmai segítségét, különös tekintettel Dr. Volker Heyd támogatását köszönöm. Külön szeretném kiemelni Dr. Dani Jánost a Déri Múzeum munkatársát és Dr. Preda-Bălănică Biancát a Helsinkii Egyetem munkatársát, akik segítettek a régészeti szempontok és kontextus megértésében.

Szeretném megköszönni az Isotopech Zrt. munkatársainak, hogy helyet szorítottak nekem és a kísérleteimnek laboratóriumukban.

Továbbá szeretném megköszönni édesapámnak, aki egészen kis korom óta folyamatosan tanít az analitikai kémia titkaira és a kutatás szeretetére.

Végezetül szeretném megköszönni feleségemnek, Annának, aki megteremtette azt az otthont, amiben a gondtalanul írhattam a doktori disszertációt.

10. Hivatkozott irodalmak

- Agilent Technologies. (2023): *ICP-MS Frequently Asked Questions*. <https://www.agilent.com/en/product/atomic-spectroscopy/inductively-coupled-plasma-mass-spectrometry-icp-ms/what-is-icp-ms-icp-ms-faqs>
- Alexandrovskiy, A. L. (1996): Natural Environment as Seen in Soil. *Eurasian Soil Science*, 29(3): 245-254.
- Alexandrovskiy, A. L. (1997): Soils and paleosols of burial mound near the Novo Svobodnaya settlement (North Caucasus): trends and rates of pedogenesis. *Proceedings of Paleopedology Working Meeting*, pp. 9.
- Alexandrovskiy, A. L. (2000): Holocen development of soils in response to environmental changes: the Novosvobodnaya archeological site, North Caucasus. *Catena*, 41: 237–248.
- Alexandrovskiy, A. L., Chichagova, O.A. (1998): Radiocarbon age of Holocene paleosols of the East European forest – steppe zone. *Catena*, 34: 197–207.
- Arrhenius, O. (1931): Die Bodenanalyse im Dienst der Archäologie *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 10: 427-439.
- Aseyeva, E., Makeev, A., Kurbanova, F., Kust, P., Rusakov, A., Khokhlova, O., Mihailov, E., Puzanova, T., Golyeva, A. (2019): Paleolandscape reconstruction based on the study of a buried soil of the Bronze Age in the broadleaf forest area of the Russian Plain. *Geosciences*, 9: 1–27.
- Aston, M.A., Martin, M.H., Jackson, A.W. (1998): The use of heavy metal soil analysis for archaeological surveying. *Chemosphere*, 37(3): 465–477.
- Aner, E., Kersten, K. (1973): Die Funde der älteren Bronzezeit des nordischen Kreises in Dänemark. Schleswig-Holstein und Niedersachsen, 1-10. Karl Wachholtz Verlag, Neumünster.
- Balázs, A., Magyar, I., Matenco, L., Sztanó, O., Tőkés, L., Horváth F. (2018): Morphology of a large paleo-lake: Analysis of compaction in the Miocene-Quaternary Pannonian Basin. *Global and Planetary Change*, 171: 134–147.
- Bakodi, A. (2022): A Hajdúnánás-Zagolya dűlőben található kunhalmok és környezetük tájhasználat-történeti vizsgálata. Szakdolgozat, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Tanszék, pp. 65.
- Barczy, A. (2004): The importance of pedological investigations in Holocene palaeoecological reconstructions. *Antaeus*, 27: 129–134.
- Barczy, A., Golyeva, A.A. (2004): Phytolith analysis of buried soils in kurgans of Hungary: First results and perspectives. *The Phytolitharien. Bulletin of the Society for Phytolith research*, 16(3): 3–4.

- Barczy, A., Sümegi, P., Joó, K. (2004): Adatok a Hortobágy paleoökológiai rekonstrukciójához a Csípő-halom talajtani és malakológiai vizsgálata alapján. In: Tóth A. (szerk): A kunhalmokról más szemmel. Alföldkutatásért Alapítvány, Kisújszállás-Debrecen, pp. 13-25.
- Barczy, A., Khokhlova, O.S., Pető, Á. (2005): The importance of pedological investigations in Holocene paleoecological reconstructions. A case study (Hortobágy, Hungary). *Ecology and Soils. Lectures and reports of the XIIIth Russian scientific school, October 2005. Volume V.* Publisher: Puschino, ONTI-PNC-RAS, 2006.
- Barczy, A., Tóth, T. M., Csanádi, A., Sümegi, P., & Czinkota, I. (2006): Reconstruction of the paleo-environment and soil evolution of the Csípő-halom kurgan, Hungary. *Quaternary International*, 156–157: 49–59.
- Barczy, A., Joó K. (2009): The role of Kurgans in the palaeopedological and palaeoecological reconstruction of the Hungarian Great Plain. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 53(1): 131–137.
- Barczy, A., Horváth T., Pető Á., Dani J. (2012): Hajdúnánás-Tedej-Lyukas-halom: egy alföldi kurgán régészeti értékelése és természettudományos vizsgálata. In: Kreiter A., Pető Á., Tugya B. (szerk.): *Környezet-Ember-Kultúra*, Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, pp. 26-45.
- Barczy, A. (2016): *Kunhalmok eltemetett talajainak vizsgálata*. Szent István Egyetemi Kiadó Non-Profit Kft., Gödöllő, pp. 198.
- Bálint, M. (2011): Kunhalmok az Alföldön, *Természet világa: természettudományi közlöny*, 142(10): 451–454.
- Bede, Á., Salsbury, R. B., Csathó, A.I., Czukor, P., Páll, D.G., Szilágyi, G., Sümegi, P. (2015): Report of the complex geoarcheological survey at the Ecse-halom kurgan in Hortobágy, Hungary. *Central European Geology*, 58(3): 268-289.
- Borisov, A.V., Krivosheev, M.V., Mimokhod, R.A., El'tsov, M.V. (2019): "Sod blocks" in kurgan mounds: Historical and soil features of the technique of tumuli erection. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 24: 122–131.
- Borsy, Z. (1968): Geomorfológiai megfigyelések a Nagykunságban. *Földrajzi Közlemények*, 2: 129–151.
- Bóna, I. (1975): *Die Mittlere Bronzezeit Ungarns und ihre südöstlichen Beziehungen*. Archeologia Hungaria, Budapest.
- Bökönyi, S. (1979): Copper Age vertebrate fauna from Kétegyháza. (In: Ecsedy, I. (1979): *The people of the pit-grave kurgans in Eastern Hungary*. *Fontes Archaeologici Hungariae*, Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 148.
- Braun, Á., Dani, J., Kulcsár G., Milinkó I., Kovács G., Volker H., Pető Á. (2022): Stratigraphic Analysis of Hajdúnánás–Zagolya Eta-01 Kurgan (Hajdú-Bihar County, Hungary) Based on Archaeological Pedological and Geochemical Data. *Archeometriai Műhely*, 19(3): 289–302.

- Braun, Á., Heyd, V., Frînculeasa, A., Kovács, G., Pető, Á. (2024): Layer by layer – Dismantling a Yamnaya kurgan by geochemical, pedological and statistical approaches (Wallachian Plain, Romania). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 60: 104804
- Burcea, M., Musat, M., Cretu, D., Iova, A. (2015): Soil resources study in Dumbrăvești Area – Prahova County, to seize their best for agricultural use. *Bulletin UASVM Agriculture*, 72(1): 26–29.
- Cassidi, L.M, Martiniano, R., Murphy, E. M., Teasdale, M. D., Mallory, J., Hartwell, B., Danielle B. G. (2016): Neolithic and Bronze Age migration to Ireland and establishment of the insular Atlantic genome. *PNAS* 113(2): 368–373.
- Coroban, C. (2013): The geography of Romania. Manual for the Secondary Education. Cambridge School Constanța, Constanța, pp. 95.
- Cook, S.F., Heizer, R.F. (1965): *Studies on the Chemical Analysis of Archaeological Sites*. University of California, Berkeley, pp. 102.
- Csanádi, A., M Tóth, T., (2011): Mineralogical and geochemical evolution of two kurgans from the Great Hungarian Plain. In: Pető Á., Barczy A (szerk.) *Kurgan Studies: an environmental and archaeological multiproxy study of burial mounds in the Eurasian steppe zone*. BAR International Series 2238, Archaeopress, Oxford, UK, pp. 183–191.
- Csányi, M., Tárnoki, J. (1995): Halom-feltárás Kunhegyes határában. (Kunhegyes -Nagyállás halom). Ujváry, Z. (Szerk.) *Tanulmányok és Közlemények*. Debrecen -Szolnok, pp. 2748.
- Cseh, P., Molnár, D., Makó, L., Sümegi, P. (2022): Geoarchaeological Analyses of a Late-Copper-Age Kurgan on the Great Hungarian Plain. *Quaternary*, 5(2): 20
- da Costa, M.L., Kern, D.C. (1999): Geochemical signatures of tropical soils with archaeological black earth in the Amazon, Brazil. *Journal of Geochemical Exploration*, 66(1-2): 369–385.
- Davis, J. C. (1986): *Statistics and Data Analysis in Geology* (3rd ed.). John Wiley, pp. 656.
- Dani, J. (2005): A Felső-Tisza-vidék kora bronzkora a tell-kultúrákat megelőző időszakban. Doktori (PhD) disszertáció. ELTE Bölcsészettudományi Kar, Történelemtudományi Doktori Iskola Régészeti Program, Budapest-Debrecen.
- Dani, J., Márkus, G., Kulcsár, G., Heyd, V., Wlodarczak, P., Zitnan, A., Peska, J. (2017): A „Yamnaya Impact Project” régészeti topográfiai tanulságai. In: Benkő E., Bondár M. & Kolláth, Á. (szerk.): *Magyarország régészeti topográfiája: Múlt, jelen, jövő*. MTA Bölcsészettudományi Kutatóközpont Régészeti Intézet, Archaeolingua, Budapest, pp. 137–150.
- Dean, W. E. (1974): Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition; comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Research*, 44(1): 242–248.
- Dövényi, Z. (szerk.) (2010): *Magyarország kistájainak katasztere*. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, pp. 876.
- Draviczky, I. (1990): Hajdúnánás földrajzi nevei. I. rész: Határ. Hajdúnánás, pp. 125.

- Ecsedy, I. (1979): The people of the pit-grave kurgans in Eastern Hungary. *Fontes Archaeologici Hungariae*, Akadémiai Kiadó, Bp., pp. 148.
- Ecsedy, I. (1982): Some steppic and Aegean components of the Early Bronze Age in South-East Europe. (In: H. Todorova (Red.) (1982): *Thracia Praehistorica. Semaines philippopolitaines de l'histoire et de la culture thrace*. Plovdiv, 4-19 octobre 1978, pp. 119-131.
- Entwistle, J.A., Abrahams, P.W., Dodgshon, R.A. (1998): Multi-Element Analysis of Soils from Scottish Historical Sites. Interpreting Land-Use History through the Physical and Geochemical Analysis of Soil. *Journal of Archaeological Science* 25: 53–68.
- Entwistle, J.A., Abrahams, P.W., Dodgshon, R.A. (2000a): The geoarchaeological significance and spatial variability of a range of physical and chemical soil properties from a former habitation site, Isle of Skye. *Journal of Archaeological Science* 27: 287–303.
- Entwistle, J.A., Dodgshon, R.A., Abrahams, P. (2000b): An investigation of former land-use activity through the physical and chemical analysis of soils from the isle of Lewis, Outer Hebrides. *Archaeological Prospection* 7: 171–188.
- Ferenczi, I. (1997): Észrevételek az erdélyi rézkor keleti népi és műveltségi elemeivel kapcsolatban. (Erwägungen zu den Elementen östlicher Herkunft in Transsilvanien während des Übergangs vom Neolithikum zur Bronzezeit). *Szolnok Megyei Múzeumi Adattár*, pp. 33.
- Frînculeasa, A., Garvăn, D., Mărgărit, M., Bălăşescu, A., Lazăr, I., Frînculeasa, M.N., Soficaru, D.A., Molnár, M., Georgescu, M. (2020): Between worlds and elites at the beginning of Early Bronze Age at the Lower Danube: a pluridisciplinary approach to personal ornaments. *Archaeological and Anthropological Sciences* 12(9): 213202.
- Füleky, Gy. (2001): Soils of the Bronze Age tell at Százhalombatta. *Proceedings of the 1st International Conference on Soils and Archaeology. Környezetkímélő Agrokémiáért Alapítvány. Százhalombatta*, pp. 149–152.
- Füleky, Gy., Kovács, G., Vicze, M., (2015): Investigation of a Bronze Age tell using soil analysis data. *Agrokémia és Talajtan*, 64 (2): 421–435.
- Gallé, E., Bede, Á. (2019): Az alföldi halmok értékeinek pusztítása. In: Molnár Gy. és Andrési P. (szerk.): *A civilizáció káros hatásai az élővilágra Magyarországon*, pp. 107–112.
- Gábris, Gy., Nádor, A. (2007): Long-term fluvial archives in Hungary: response of the Danube and Tisza rivers to tectonic movements and climatic changes during the Quaternary: a review. *Quaternary Science Reviews* 26(22-24): 2758–2782.
- Goldberg, P., Macphail R.I. (2006): *Practical and theoretical geoarchaeology*. Blackwell, Oxford.
- Golyeva, A.A, Alexandrovskiy A.L, Tselischeva L.K. (1995): Phytolith analysis of Holocene Paleosoils. *Eurasian Soil Science* 27: 46–56.
- Golyeva A. A., Khokhlova O.S. (2003): Biomorph indicators of human-induced transformation of soils under early nomad burial mounds in southern Russia. *Revistas Mexicana de Ciencias Geológicas* 20: 283–288.

- Gransee, A., Führs, H. (2013): Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant and Soil* 368 (1–2): 5–21.
- Greenacre, M. (2010): Biplots in Practice. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society* 175(4). Dundación BBVA.
- Guagliardi, I.; Ricca, N.; Cicchella, D. (2025): Comparative Evaluation of Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) and X-Ray Fluorescence (XRF) Analysis Techniques for Screening Potentially Toxic Elements in Soil, *Toxics* 13(4): 314;
- Gyalog, L. (szerk.) (2005): Magyarázó Magyarország fedett földtani térképéhez. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 189.
- Heiri, O., Lotter A. F., Lemcke, G. (2001): Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25(1): 101–110.
- Hejzman, M.; Součková, K.; Křišťuf, P.; Peška, J. (2013): What questions can be answered by chemical analysis of recent and paleosols from the Bell Beaker barrow (2500–2200 BC), Central Moravia, Czech Republic?, *Quaternary International* (316): 179-189
- Heyd, V., Kulcsár, G., Preda-Bălănică, B. (eds) (2021): Yamnaya Interactions. Proceedings of the International Workshop held in Helsinki, 25-26 April 2019. *Archaeolingua*, Budapest, pp. 553
- Holliday, V.T., Lawrence-Zuniga, D., Buchli, V. (2010): Prologue to uses of chemical residues to make statements about human activity. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 17: 175-182
- Horák, J., Janovsky, M., Smejda, L., Klíra, T. (2018): Soil geochemistry of medieval arable fields in Lovětín near Třešť, Czech Republic. *Catena*, 162: 14–22.
- Joó, K. (2004): Kunhalmok és környezetük talajtani vizsgálata, különös tekintettel a talajképződési folyamatok rekonstruálására. Doktori disszertáció, Gödöllő, pp. 123
- Joó, K., Barczy A., Szántó Zs., Molnár M. (2004): A hortobágyi Csípő-halom talajtani vizsgálata. In: TÓTH, A. (szerk.): A kunhalmokról más szemmel. Alföldkutatásért Alapítvány, Kisújszállás-Debrecen, pp. 27–43.
- Juhász, I. (1999). Kurgánokról. In: Szelekovszky L. (szerk.) Békés Megye kunhalmai. - Békéscsaba, pp. 12–14.
- Kabata-Pendias, A. (2010): Trace elements in soils and plants. *Trace Elements in Soils and Plants*, Fourth Edition, CRC Press, Boca Raton, pp. 548.
- Kalicz, N. (1970): Agyagistenek. A neolitikum és a rézkor emlékei Magyarországon. Corvina Kiadó, Budapest, pp. 48–58.
- Kiss, Cs. (1999): A kunhalmok védelme és megmentésük lehetőségei. *A pusztá*, 16: 240–287.
- Klimek, K. (2002): Human-induced overbank sedimentation in the foreland of the Eastern Sudety Mountains. *Earth Surface Processes and Landforms* 27: 391–402.

- Koinig, K., Shotyk, W., Lotter, A., Ohlendorf, C. (2003): 9000 Years of Geochemical Evolution of Lithogenic Major and Trace Elements in the Sediment. *Journal of Paleolimnology*, 4: 307–320.
- Kovács, G. (2011): Régészeti talaj-mikromorfológia. Antropogén rétegek talaj-mikromorfológiai vizsgálata. *Matrica Füzetek III.*, Százhalombatta.
- Kozma, B. (1910): A kunhalmok elhelyezkedése az Alföldön. *Földrajzi közlemények XXXVIII.*, pp. 437-443.
- Křišťuf, P.; Janovský, M.P., Turek, J.; Horák, J.; Ferenczi, L.; Hejzman, M. (2023): Neolithic long barrows were built on the margins of settlement zones as revealed by elemental soil analysis at four sites in the Czech Republic, *Journal of Archeological Science*, 160: 105881
- Lehmkuhl, F., Böskén, J., Hosek, J., Sprafke, T., Markovic, S.B., Obrhet, I., Hambach, U., Sümegi, P., Thiemann, A., Steffens, S., Lindner, H., Veres, D., Zeeden, C. (2018): Loess distribution and related Quaternary sediments in the Carpathian Basin. *Journal of Maps* 14(2): 661–670.
- Lindner, H., Lehmkuhl, F., Zeeden, C. (2017): Spatial loess distribution in the eastern Carpathian Basin: a novel approach based on geoscientific maps and data. *Journal of Maps* 13(2): 173–181.
- Linderholm J., Lundberg E. (1994): Chemical Characterization of Various Archaeological Soil Samples using Main and Trace Elements determined by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry. *Journal of Archaeological Science*, 21: 303–314.
- Liversage, D.; Munro, M.A.R.; Courty, M.A.; Nornberg, P. (1985): Studies of a buried early iron age field. *Acta Archaeologica* 56: 55–84.
- Maguire, M.E., Cowan, J.A. (2002): Magnesium chemistry and biochemistry. *Biometals* 15 (3), 203–210.
- Magyar, I., Radivojevic, D., Sztanó, O., Synak, R., Ujzászi, K., Pócsik, M. (2013): Progradation of the paleo-Danube shelf margin across the Pannonian Basin during the Late Miocene and Early Pliocene. *Global and Planetary Change* 103: 168–173.
- Marosi, S., Somogyi, S. 1990: Magyarország kistájainak katasztere I. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, pp. 479.
- May, T. W., Wiedmeyer, R. H., Chaudhary-webb, M., Paschal, D. C., Elliott, W. C., Hopkins, H. P., Ghazi, a M., Ting, B. C., Romieu, I., Vicente, O., Pelfort, E., Martinez, L., Olsina, R., Marchevsky, E., Chen, H. P., Miller, D. T., & Morrow, J. C. (1998). A table of polyatomic interferences in ICP-MS. *Atomic Spectroscopy*, 19(5): 150–155.
- Marsik, A. (1979): The anthropological material of the pit-grave kurgans in Hungary. (In: Ecsedy, I. (1979): The people of the pit-grave kurgans in Eastern Hungary. *Fontes Archaeologici Hungariae*, Akadémiai Kiadó, Bp., pp. 148.
- Mihajlovic, J., Stärk H.-J., Wennrich R., Gijs D.L., Rinklebe J. (2015): Rare earth elements in two luvisols developed from loess under arable and forest land use in Bavaria, Germany: concentrations, stocks, and potential mobilities. *Soil Sci.* 180 (3): 107–123.

- Mihajlovic J., Rinklebe J. (2018): Rare earth elements in German soils – a review. *Chemosphere* 205: 514–523.
- MSZ-08-0206/2:1978: A talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata
- MSZ-21470-51:1983: Arany-féle kötöttségi szám plaszticitás vizsgálat.
- Muşat, M, Radu, A (2007): *Geologie și geomorfologie*. Ed. Printech, Bucureşti.
- Niebeszczański, J., Jaeger M., Pető Á., Hildebrandt-Radke I., Kulcsár G., Staniuk R., Taylor N., Czebreszuk J. (2019): Revealing the internal organization of a Middle Bronze Age fortified settlement in Kakucs-Turján through geoarchaeological means: Magnetometric survey and sedimentological verification of a housing structure. *Journal of Archaeological Science: Reports* 25: 409–419.
- Nielsen, N.H., Kristiansen, S.M. (2014): Identifying ancient manuring: tradition phosphate vs. multi-element analysis of archaeological soil. *Journal of Archaeological Science*, 42: 390–398.
- Ng, S. L., King, R. H. (2004): Geochemistry of lake sediments as a record of environmental change in a high arctic watershed. *Chemie Der Erde*, 64(3): 257–275.
- Oonk, S.; Slomp, C.P.; Huisman, D.J. (2009): Geochemistry as an aid in archaeological prospection and site interpretation: Current issues and research directions. *Archaeological Prospection*., 16: 35–51.
- Ovreui, A.B., Bărsoianu, I.A., Nistor, C., Nedelea, A., Comănescu, L. (2021): Long-Term Dynamics of Land Use in the Romanian Plain—The Central Baragan, Romania. *Agriculture* 11: 423
- Patay, P. (1987): Topographische Verbreitung der Grabhügel in der Tiefebene des Karpatenbeckens. (In: D. Srejić – N. Tasić (eds.) (1987): *Hügelbestattung in der Karpaten Donau-Zone während der Äneolithischen Periode*. Internationales Symposium Donji Milanovac. Beograd, pp. 87–90.
- Pető, Á, Bucsi T (2008): Kiegészítő adatok a Csípő-halom paleoökológiai elemzéséhez. *Tájökológiai Lapok* 6(1-2): 197–208
- Pető Á., Cummings, S.L. (2011): Palaeovegetational reconstruction of the Hajdúnánás–Tedej–Lyukas-halom based on combined micropalaeobotanical analysis. In: Pető Á., Barczy A. (szerk.) *Kurgan studies: an environmental and archaeological multiproxy study of burial mounds in the Eurasian steppe zone*. Archaeopress Publishing, Oxford, UK, pp. 350
- Pető, Á., Kenéz, Á., Baklanov, Sz., Ilon, G., Füleky Gy. (2012): Talajtani paraméterek alkalmazása régészeti térhasználat elemzésben. Módszertani esettanulmány Győr–Ménfőcsanak-Szélesföldek lelőhelyről. *Agrokémia és Talajtan* 61(1): 57–76.
- Pető, Á., Kenéz, Á., Reményi, L., (2013): Régészeti talajtani kutatások Perkáta, Forrás-dűlő bronzkori földváron. *Agrokémia és Talajtan*, 62. (1) 61–80.
- Pető, Á., Serlegi G., Krausz, E., Jaeger, M., Kulcsár, G. (2015): Régészeti talajtani megfigyelések "Kakucs–Turján mögött" bronzkori lelőhelyen I. *Agrokémia és Talajtan*, 64(1): 219–237.

- Pető, Á., Niebieszczański, J., Serlegi, G., Jaeger, M., Kulcsár, G. (2019): The site mapping of Kakucs-Turján by the means of horizontal and vertical proxies: Combining field and basic laboratory methods of geoarchaeology and archaeological prospection. *Journal of Archaeological Science: Reports* 27: 101999
- Pető, Á., Kenéz, Á., Braun, Á., Kovács, G., Skutai, J., Dani, J., Kulcsár, G., & Heyd, V. (2022): Soil Scientific Evaluation of Hajdúnánás-Zagoly Eta-01 Kurgan. *Journal of Landscape Ecology*, 20: 117–146.
- Pécsi, M. (1993): *Negyedkor és löszkutatás*. Akadémiai Kiadó, Bp., pp. 375
- Retallack, G.J. (2001): *Soils of the past. An introduction to paleopedology*. Blackwell Science. Oxford, UK.
- Rimington, J.N. (1998): The element composition of soils from archaeological landscapes in Boeotia, Greece: a critical evaluation of element soil analysis in the investigation of landscapes co-ordinated with the archaeological survey of Boeotia. *Durham Doctoral Theses*, Durham University, Greece.
- Russel, E.J. (1975): *The world of the soil*. Collins St, James's Place, London, pp. 237.
- Sadeghi, M., Morris, G. A., Carranza, E. J. M., Ladenberger, A., & Andersson, M. (2013): Rare earth element distribution and mineralization in Sweden: An application of principal component analysis to FOREGS soil geochemistry. *Journal of Geochemical Exploration*, 133: 160–175.
- Shishlina, N. I. (2004): North-West Caspian Sea steppe: environment and migration crossroads of pastoral culture population during the third Millenium BC. In: E. M. Scott et al. (eds.): *Impact of the Environment on Human Migration in Eurasia*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands), pp. 91-106.
- Simniškytė-Strimaitienė, A., Selskiene, A., Vaičiūnienė, J., Pakštas, V., Šmigelskas, R. (2017): Tracing Archaeology through Geochemistry: an Example of a Disturbed Prehistoric Hilltop Settlement Site in South-Eastern Lithuania. *Interdisciplinaria Archaeologica* VIII. 1/2017: 17-33.
- Šmejda, L., Hejcman, M., Horák, J., Shai, I. (2017): Ancient settlement activities as important sources of nutrients (P, K, S, Zn and Cu) in Eastern Mediterranean ecosystems – The case of biblical Tel Burna, Israel. *Catena*, 156: 62–73.
- Smith, B.D.; Zeder, M.A. (2013): The onset of the Anthropocene. *Anthropocene* 4: 8–13.
- Sokoloff, V.P., Carter, G.F. (1952): Time and trace metals in archaeological sites. *Science* 116: 1–5.
- Sonke, J.E., Salters, V.J.M. (2006): Lanthanide-humic substances complexation. I. Experimental evidence for a lanthanide contraction effect. *Geochim. Cosmochim. Acta* 70 (6): 1495–1506.
- Stanley, C. R. (2006): Numerical transformation of geochemical data: 1. Maximizing geochemical contrast to facilitate information extraction and improve data presentation. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 6(1): 69–78.

- Stănilă, A-L., Dumitru M. (2016): Soil zones in Romania and pedogenetic processes. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 10: 135–139.
- Stefanovits, P. (1963): Magyarország talajai 2. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Stefanovits, P., Filep, Gy., Füleký, Gy. (2010): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 470
- Sümegei, P., Kozák J., Magyarai, E., Tóth, Cs. (1998): A Szakáld-Testhalmi bronzkori tell geoarcheológiai vizsgálata. *Acta Geographica, Geologica et Meteorologica Debrecina*, 34: 165–180.
- Sümegei, P. (2003): A régészeti geológia és a történeti ökológia alapjai. JATE Press, Szeged, pp. 223
- Tasić, N. (1995): Eneolithic cultures of Central and West Balkans. Publishing House Draganić – The Heritage Series, Belgrade, pp. 205
- Thomas, R. (2013). *Practical Guide to ICP-MS (Third)*. CRC Press.
- Thurston, T.L. (2010): Tracing the political geography of early Denmark through integrated archaeological and geochemical survey. *Festschrift für Johan Callmer zum 65. Geburtstag*. C. Theune, F. Biermann, R. Struwe and G. H. Jeute. Verlag Marie Leidorf GmbH., Rahden/Westf, pp. 135-146.
- TIM 1995: Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer 1. kötet: Módszertan. Földművelésügyi Minisztérium, Növényvédelmi és Agrár--környezetgazdálkodási Főosztály. Budapest.
- Tóth, A. (1999): Kunhalmok. *Alföldkutatásért Alapítvány Kiadványa*. Kisújszállás, pp. 13–45.
- Tóth, A. (2002): Az Alföld piramisai. *Alföldkutatásért Alapítvány*. Kisújszállás, pp. 96.
- Tóth, A., Tóth Cs. (2003): Kunhalmok állapotfelmérése a Hortobágy Déli pusztáin és a szomszédos hajdúsági területeken, In: Tóth A. (szerk.) *Tisza-völgyi tájváltozások*, Kisújszállás. 95–111.
- Tóth, Cs. (1998): Kunhalmok állapotfelmérése a Büte-halom példáján. In: *A táj változásai a Kárpát-medencében*. 1998. nov. 4-6. Nyíregyháza. Konferencia Kiadvány, pp. 37–40
- Tóth, Cs. (1999): Kunhalmok morfológiai vizsgálata a HNP déli pusztáin. *Geográfus Doktoranduszok IV. Országos Konferenciája*. Szeged, Kézirat, pp. 6.
- Tóth Cs. (2004): A Hortobágy negyedidőszak végi felszínfejlődésének főbb természeti és antropogén vonásai. *Doktori (PhD) értekezés*. Debrecen, pp. 244.
- Tóth Cs. (2006): Az országos kunhalom-felmérés eredményei a földtani érdekvédelem szempontjából, *Acta geographica ac geologica et meteorologica Debrecina*. Geológia, geomorfológia, természetföldrajz sorozat, 1: 129–135.
- Tóth, Cs., Tóth, A. (2011): The complex condition assessment survey of kurgans in Hungary. In: Pető, Á., Barcsi, A. (Eds.): *Kurgan Studies: An environmental and archaeological multiproxy study of burial mounds in the Eurasian steppe zone*. BAR International Series 2238, Archaeopress, Oxford, UK, pp. 9–17.

- Vanhaecke, F. (2012): Isotopic Analysis. In: Vanhaecke, F., P. Degryse, (eds.).
- Vandkilde, H., Rahbek, U., Rasmussen, K.L. (1996): Radiocarbon dating and the chronology of Bronze Age Southern Scandinavia. *Acta Archaeologica*, 67: 183-198.
- Várallyay Gy. (2002): A talaj multifunkcionalitásának szerepe a jövő fenntartható mezőgazdaságában. „A növénytermelés szerepe a jövő multifunkcionális mezőgazdaságában. Ötven éves az *Acta Agronomica Hungarica*. Jubileumi tudományos ülés, 2002. XI. 19. Martonvásár, pp. 13–25.
- Vyncke, K., Degryse, P., Vassilieva, E. & Waelkens, M. (2011): Identifying domestic functional areas. Chemical analysis of floor sediments at the Classical-Hellenistic settlement at Düzen Tepe (SW Turkey). *Journal of Archaeological Science* 38: 2274–2292.
- Ward, J. H. (1963): Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association*, 58(301): 236–244.
- Wilson, C.A., Davidson, D.A. & Cresser M.S. (2008): Multi-element soil analysis: an assessment of its potential as an aid to archaeological interpretation. *Journal of Archaeological Science* 35(2): 412–424.
- Wilson C.A., Davidson D.A. Cresser M.S. (2009): An evaluation of the site specificity of soil elemental signatures for identifying and interpreting former functional areas. *Journal of Archaeological Science* 36(10): 2327–2334.
- Zoltai L. (1938): *Debreceni halmok, hegyek*. Városi Nyomda, Debrecen, pp. 57.

11. Mellékletek

11.1. Hajdúnánás-Zagolya ZH1 háttérszelvény terepi talajtani jegyzőkönyve

Helyszíni talajvizsgálati/fúrési jegyzőkönyv

Talajszelvény azonosító	ZH1
Kitettség	-
Lejtőkategória	1
A fúrás/szelvény mélysége (cm)	72
Talajvízszint mélysége (cm)	-
Talajtípus	241

Vegetáció	gyep
Lejtő alakja/fekvés	-
Erózió, defláció	-
EOV	824262; 274534
Btszf (m)	n.a.
Humuszos réteg (cm)	8
Alapkőzet	aleurit - rQp3 ^{al}

Szint/réteg jele	Mélység cm	Mintavétel (cm) -tól -ig	Szín	Fizikai féleség	Szerkezet	Régészeti jelenség	Egyéb antropogén jelenség (talajidegen anyag)
A	0-8	0-8	10YR 4/1	5	GYSZ-SZ	O	O
E	8-10	-	10YR 6/1	4	O	O	O
B1	10-25	10-25	10YR 4/2	4	H	O	O
B2	25-50	25-50	10YR 4/4	5	POL	O	O
C	50-72	50-72	2.5Y 5/4	4	O	O	O

Szint/réteg jele	Nedvesség	Pezsgés	Durva vázrészek	Talajhibák	Kiválások, konkréciók	Gyökér	Tömődöttség
A	SZ	E	-	1	GY-LEP	N	L
E	SZ	K	-	1	GY-LEP	O	L
B1	SZ	E	-	1	GY-LEP	O	L
B2	F	NY	-	1	KR	O	ET
C	F	E	-	1	R/SS	O	ET
Egyéb észrevételek	n.a. - nincsen adat TIM kód 241: (kérges) réti szolonyec 2021.06.16.						

Felvételező/leíró: BÁ, PÁ

11.2. Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán terepi talajtani jegyzőkönyve

Helyszíni talajvizsgálati/fúrési jegyzőkönyv

Talajszelvény azonosító	ETA-01
Kitettség	-
Lejtőkategória	-
A fúrás/szelvény mélysége (cm)	210 cm
Talajvízszint mélysége (cm)	-
Talajtípus	n.é.

Vegetáció	lágyszárú, legeltetett gyepl
Lejtő alakja/fekvés	n.é.
Erózió, defláció	n.é.
EOV	824267; 274667
Btszf (m)	n.a.
Humuszos réteg (cm)	n.é.
Alapkőzet	aleurit - rQp3 ^{al}

Szint/réteg jele	Mélység cm	Mintavétel (cm) -tól -ig	Szín	Fizikai féleség	Szerkezet	Régészeti jelenség	Egyéb antropogén jelenség (talajidegen anyag)
A	0-40	0-40	10YR 3/2	4	M	PAT, KER	O
B	40-60	40-60	10YR 4/4	3	GYSZ	PAT, KER	O
BC	60-80	60-80	10YR 5/3	3	GYSZ	O	O
C1	80-110	80-110	2.5Y 6/2 mátrix, kevert	3	O	FAS	O
A _p	110-140	110-140	10YR 3/3	3/4	GYSZ-M	O	O
B _p	140-160	140-160	10YR 4/6	4	GYSZ	O	O
BC _p	160-180	160-180	10YR 5/4	4	O	O	O
C _p	180-210	180-210	2.5Y 6/4	5	O	O	O

Szint/réteg jele	Nedvesség	Pezsgés	Durva vázrészek	Talajhibák	Kiválások, konkréciók	Gyökér	Tömődöttség
A	F	K	-	1	GY-LEP	KÖZ	L

B	F	E	-	1	GY-LEP	O	L
BC	F	E	-	1	GY-LEP	O	L
C1	F	GY/K	-	1	ÉR, KR	O	ET
A _p	F	E	-	1	LEP/ÉR	O	ET
B _p	F	IE	-	1	LEP/ÉR, KR	O	ET
BC _p	F	IE	-	1	LEP/ÉR, KR	O	L
C _p	F	IE	-	1	LEP/ÉR, KR	O	L

Egyéb észrevételek	n.a. - nincsen adat n.é. - nem értelmezhető
---------------------------	--

Felvételező/leíró: BÁ, PÁ

11.3 Hajdúnánás-Zagolya ZH1 háttérszelvény geokémiai értékei

Sorszám	Mélység cm	LOI ₅₅₀ %	LOI ₉₅₀ %	Zn mg/kg	Sr mg/kg	Ni mg/kg	Ba mg/kg	Al mg/kg	Ca mg/kg	Fe mg/kg	K mg/kg
1	8-10	6,21	0,46	41,35	20,92	6,31	12,35	6354	2660	9293	2152
2	10-15	3,66	0,61	37,52	20,21	8,87	14,55	7082	2532	10254	2564
3	15-20	4,38	1,35	80,22	42,52	16,31	33,28	19601	8520	24994	8813
4	20-25	6,23	3,22	75,51	122,51	25,01	38,70	20515	40619	25741	8638
5	25-30	6,61	3,08	70,63	152,83	29,95	42,41	20564	45385	25220	7853
6	30-35	6,06	2,33	67,21	116,74	28,22	36,00	17762	33434	24810	6897
7	35-40	5,80	3,13	65,96	119,46	24,05	34,30	20410	42189	25816	7027
8	40-45	5,47	5,06	63,48	130,37	23,23	35,62	19200	13755	25313	6162
9	45-50	6,87	5,33	58,32	135,10	20,68	36,83	18167	68666	23808	5298
10	50-55	7,83	6,40	52,77	149,42	15,04	35,04	17416	87583	22827	4724
11	55-60	5,27	9,86	49,63	156,05	14,09	30,87	15291	89803	22033	3677
12	60-65	3,87	12,09	50,97	174,15	12,79	31,23	15088	100294	21734	3383
13	65-70	6,91	9,08	47,00	179,04	14,34	30,05	15087	100908	21115	3062
14	70-75	6,51	9,11	50,01	176,28	13,12	30,62	15394	95804	21517	3034

Sorszám	Mélység cm	Mg mg/kg	Mn mg/kg	Be mg/kg	V mg/kg	Cr mg/kg	Co mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Ga mg/kg
1	8-10	2614	461	0,30	13,98	5,22	4,26	2614	461	0,30	13,98
2	10-15	2776	588	0,23	14,70	5,96	4,29	2776	588	0,23	14,70
3	15-20	6349	695	0,84	33,66	10,56	7,36	6349	695	0,84	33,66
4	20-25	8457	696	0,89	36,85	11,30	7,42	8457	696	0,89	36,85
5	25-30	9700	677	0,80	39,05	12,20	7,67	9700	677	0,80	39,05
6	30-35	9108	593	0,81	32,64	10,87	6,53	9108	593	0,81	32,64
7	35-40	9453	624	1,00	37,78	11,11	7,42	9453	624	1,00	37,78
8	40-45	9430	631	1,24	37,50	11,03	6,84	9430	631	1,24	37,50
9	45-50	9375	615	0,57	37,96	10,91	6,64	9375	615	0,57	37,96
10	50-55	9563	612	0,65	36,17	10,53	6,18	9563	612	0,65	36,17
11	55-60	9517	544	0,51	31,29	9,26	5,12	9517	544	0,51	31,29
12	60-65	10229	582	0,89	32,78	9,68	5,50	10229	582	0,89	32,78
13	65-70	10844	508	0,40	32,30	9,22	5,02	10844	508	0,40	32,30
14	70-75	10722	545	0,60	32,56	9,34	5,49	10722	545	0,60	32,56

Sorszám	Mélység	As	Se	Rb	Sr	Y	Cd	Cs	Ba	La	Ce
	cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	8-10	3,11	2,97	12,62	8,94	0,21	1,51	23,62	49,36	3,11	2,97
2	10-15	3,18	3,16	12,88	9,56	0,17	0,73	23,94	50,62	3,18	3,16
3	15-20	4,02	2,77	35,77	11,11	0,01	1,92	20,03	43,45	4,02	2,77
4	20-25	3,66	2,86	33,48	9,95	0,05	1,76	17,17	37,20	3,66	2,86
5	25-30	3,84	3,17	32,89	10,66	0,02	1,83	19,22	41,58	3,84	3,17
6	30-35	4,31	2,09	25,10	9,81	0,03	1,39	15,96	34,93	4,31	2,09
7	35-40	5,42	3,43	28,58	10,14	0,04	1,80	19,52	41,79	5,42	3,43
8	40-45	7,07	2,59	25,20	10,04	0,06	1,56	17,61	37,71	7,07	2,59
9	45-50	8,26	2,43	22,95	9,56	0,03	6,06	16,68	35,84	8,26	2,43
10	50-55	8,61	2,37	21,28	9,16	0,03	1,32	15,35	33,49	8,61	2,37
11	55-60	7,79	1,25	17,28	8,34	0,04	1,08	13,59	29,94	7,79	1,25
12	60-65	8,75	2,02	17,95	8,69	0,05	1,16	14,03	30,43	8,75	2,02
13	65-70	8,82	2,41	17,10	8,35	0,03	1,11	14,02	30,34	8,82	2,41
14	70-75	8,49	2,41	17,01	8,51	0,01	1,14	14,81	31,74	8,49	2,41

Sorszám	Mélység	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy
	cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	8-10	5,81	22,75	4,56	0,74	3,63	0,46	2,20
2	10-15	5,96	23,44	4,71	0,80	3,89	0,49	2,33
3	15-20	5,07	20,35	4,26	0,80	3,58	0,49	2,45
4	20-25	4,41	17,40	3,74	0,71	3,27	0,43	2,23
5	25-30	4,82	19,23	4,05	0,77	3,49	0,46	2,34
6	30-35	4,14	16,76	3,61	0,71	3,16	0,43	2,18
7	35-40	4,96	19,75	4,04	0,78	3,53	0,46	2,30
8	40-45	4,49	17,64	3,81	0,72	3,24	0,43	2,21
9	45-50	4,28	16,79	3,63	0,66	3,15	0,42	2,18
10	50-55	3,94	15,42	3,35	0,63	2,83	0,38	1,97
11	55-60	3,48	13,84	2,95	0,58	2,65	0,37	1,86
12	60-65	3,58	14,41	3,20	0,60	2,74	0,38	1,90
13	65-70	3,59	14,22	3,15	0,58	2,68	0,36	1,84
14	70-75	3,74	14,93	3,28	0,60	2,78	0,37	1,93

Sorszám	Mélység	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Pb	Th	U
	cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	8-10	0,36	0,88	0,12	0,69	0,09	22,66	3,11	0,93
2	10-15	0,40	0,97	0,13	0,75	0,11	20,29	2,96	0,80
3	15-20	0,44	1,21	0,16	0,84	0,11	20,14	1,61	0,61
4	20-25	0,41	1,02	0,13	0,80	0,11	15,97	1,96	0,77
5	25-30	0,41	1,08	0,14	0,81	0,11	14,16	2,68	0,90
6	30-35	0,39	0,97	0,13	0,75	0,11	12,48	2,56	0,63
7	35-40	0,42	1,01	0,13	0,85	0,11	12,19	3,01	0,68
8	40-45	0,38	1,04	0,13	0,81	0,11	12,32	2,69	0,65
9	45-50	0,38	1,00	0,13	0,78	0,10	11,93	2,48	0,63
10	50-55	0,36	0,97	0,12	0,75	0,10	11,28	2,34	0,67
11	55-60	0,32	0,85	0,12	0,68	0,10	10,42	2,17	0,67
12	60-65	0,35	0,92	0,12	0,73	0,10	10,82	2,33	0,75
13	65-70	0,33	0,87	0,12	0,70	0,09	9,96	2,37	0,80
14	70-75	0,35	0,86	0,11	0,67	0,09	10,20	2,50	0,81

11.4. Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kurgán geokémiai értékei

Sorszám	Mélység	LOI ₅₅₀	LOI ₉₅₀	Zn	Sr	Ni	Ba	Al	Ca	Fe	K
	cm	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	0-5	7,56	2,64	66,0	60,0	4,00	102,0	14853	19028	23340	5395
2	5-10	6,78	3,09	63,2	62,2	4,01	97,3	13919	20223	22027	5143
3	10-15	6,28	3,69	60,4	67,4	2,97	95,1	15044	21981	23425	5657
4	15-20	6,27	2,68	69,5	71,5	4,03	107,8	15820	17617	24723	6666
5	20-25	6,34	2,58	119,0	124,0	8,38	184,4	24249	23319	37868	11012
6	25-30	5,58	2,67	68,3	68,3	4,02	99,4	17458	10746	25683	7348
7	30-35	5,56	2,76	66,0	64,0	5,00	89,0	15036	9341	24671	7052
8	35-40	5,56	2,35	63,8	64,8	3,99	83,7	14419	11486	23709	6830
9	40-45	5,94	4,40	51,5	91,1	2,97	81,2	14353	39774	22576	5858
10	45-50	4,94	5,78	45,9	96,7	3,99	79,7	13224	48046	21940	5199
11	50-55	4,33	9,02	41,5	107,2	4,05	86,0	13352	58556	20799	5366
12	55-60	4,81	5,35	48,3	96,6	3,02	76,5	14464	43769	22927	6233
13	60-65	4,51	5,78	48,5	100,1	3,03	78,9	13027	41630	20800	5771
14	65-70	4,82	7,76	43,0	124,0	3,00	79,0	13768	51614	21852	6088
15	70-75	4,54	5,90	48,6	95,2	3,04	77,0	15099	45223	23372	6869
16	75-80	5,32	4,74	51,8	90,7	2,99	82,7	13476	36785	22431	7007
17	80-85	3,98	5,34	48,0	88,1	5,00	72,1	11544	37608	22441	5905
18	85-90	5,43	3,22	63,4	81,5	3,02	104,6	16646	18629	24929	9121
19	90-95	5,25	2,38	73,6	76,7	4,03	119,0	17080	4903	26110	9978
20	95-100	5,06	2,33	71,9	74,9	4,05	109,4	16370	4370	26024	9581
21	100-105	4,75	2,60	68,5	71,5	5,96	107,3	17037	4944	26049	9503
22	105-110	4,71	3,41	63,1	78,2	5,01	92,2	17051	14210	25670	9020
23	110-115	6,43	0,80	58,3	82,4	4,02	87,5	16379	20528	25575	8136
24	115-120	6,21	2,07	55,3	92,4	4,02	86,4	16429	29398	25314	7828
25	120-125	6,55	2,45	51,7	98,5	3,98	84,6	14984	34799	24262	7236
26	125-130	6,96	2,91	49,9	108,9	4,07	82,4	15535	45064	24585	6963
27	130-135	7,13	3,51	47,5	109,1	4,04	82,8	15452	49874	23868	6653
28	135-140	7,34	4,00	23,2	57,6	0,00	35,4	5260	24022	9225	2224
29	140-145	7,70	4,78	41,6	128,7	3,04	74,0	14268	58823	22629	5589
30	145-150	7,05	5,84	39,3	137,0	2,01	74,5	12782	60717	21671	4823
31	150-155	6,96	6,67	37,8	140,3	1,99	68,6	12826	62167	20693	4582
32	155-160	7,22	6,19	38,4	150,6	2,02	71,8	12768	61679	21132	4314
33	160-165	7,32	5,09	40,2	154,8	3,02	88,4	13701	55558	21960	4472
34	165-170	5,70	6,46	41,7	163,0	1,99	81,5	13627	54884	21910	4225
35	170-175	5,16	7,49	41,2	175,7	2,01	92,4	13797	56901	21993	3983
36	175-180	5,75	5,57	44,1	160,3	2,00	82,1	13737	47806	21750	3924
37	180-185	5,09	5,27	45,9	142,6	3,99	68,8	11992	44908	22386	3371
38	185-190	3,47	9,03	40,3	176,4	3,02	64,5	12875	55257	21618	3244
39	190-195	4,13	7,50	41,5	167,8	2,02	71,8	12766	50612	21940	3106
40	195-200	3,92	6,68	43,8	150,2	3,98	99,4	12027	52643	22054	2860
41	200-205	3,08	10,68	35,0	179,9	1,00	54,0	11974	62805	20646	2787
42	205-210	5,29	4,68	47,5	126,2	4,04	49,5	14559	47569	23705	3300
43	210-215	5,12	3,69	42,8	154,4	3,99	79,7	11578	48685	21874	2561

Sorszám	Mélység cm	Mg mg/kg	Mn mg/kg	Be mg/kg	V mg/kg	Cr mg/kg	Co mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Ga mg/kg
1	0-5	6094	638	0,51	35,3	30,9	11,55	35,6	24,4	71,2	28,0
2	5-10	6044	618	0,38	34,0	29,3	11,10	34,8	22,3	65,4	25,4
3	10-15	6692	594	0,51	32,1	27,8	10,09	31,9	20,9	63,2	23,8
4	15-20	7087	743	0,60	33,8	30,0	11,78	34,4	23,5	70,3	26,2
5	20-25	10969	1059	1,08	56,4	48,0	18,09	57,1	39,1	118,1	42,4
6	25-30	8073	705	1,00	36,0	31,9	11,02	33,7	22,0	65,9	22,4
7	30-35	7971	704	0,56	30,7	29,2	10,43	32,3	22,0	62,0	19,5
8	35-40	7702	674	0,75	30,5	27,6	10,72	32,6	20,9	59,4	18,3
9	40-45	9020	544	0,48	28,0	23,9	9,40	28,6	16,0	49,8	17,8
10	45-50	9316	516	0,38	26,8	21,9	8,96	27,1	13,0	44,7	16,6
11	50-55	9662	538	0,30	25,5	21,2	8,61	26,4	12,0	42,7	18,2
12	55-60	9390	519	0,24	28,0	23,4	8,96	27,0	14,2	45,7	15,7
13	60-65	8567	467	0,90	27,6	23,3	8,66	26,7	13,2	45,0	15,9
14	65-70	10010	492	0,51	26,2	22,1	8,42	26,2	11,7	42,0	15,9
15	70-75	9113	541	0,44	28,1	23,8	8,87	27,1	13,3	45,2	14,8
16	75-80	8213	554	0,24	25,1	22,4	8,96	26,4	15,1	45,6	15,3
17	80-85	8993	550	0,24	23,0	19,4	8,75	26,7	12,6	41,4	12,6
18	85-90	8303	672	0,51	35,4	32,4	11,33	33,8	22,2	65,4	21,3
19	90-95	8190	773	0,43	29,2	30,5	10,04	29,4	20,5	60,1	19,0
20	95-100	8140	719	0,14	29,5	29,0	10,13	30,3	20,0	57,8	17,8
21	100-105	8047	741	0,21	30,4	28,3	10,19	31,1	19,0	56,0	17,0
22	105-110	8101	684	0,19	31,2	26,4	10,17	30,1	17,9	51,9	15,9
23	110-115	8218	667	0,41	29,4	25,3	9,68	29,5	16,5	49,0	15,3
24	115-120	8528	629	0,27	28,5	24,7	9,19	28,5	14,7	47,0	15,2
25	120-125	8481	607	0,13	25,4	22,1	8,82	26,9	13,7	43,2	14,2
26	125-130	9056	588	0,30	25,6	22,8	8,58	26,4	12,7	42,9	14,1
27	130-135	9113	588	0,43	25,0	21,9	8,38	25,3	11,9	39,8	13,4
28	135-140	3642	204	0,05	9,5	8,5	3,21	9,9	4,6	14,4	4,8
29	140-145	9752	499	0,38	23,0	20,7	7,52	23,7	10,5	36,0	12,6
30	145-150	9819	469	0,54	21,5	19,1	7,38	23,0	10,3	36,4	13,2
31	150-155	9836	464	0,32	21,7	19,2	7,33	22,3	10,2	35,2	12,5
32	155-160	10527	465	0,27	20,8	19,1	7,14	22,0	10,3	35,9	12,8
33	160-165	10698	509	0,59	22,2	19,9	7,65	23,6	11,3	37,6	15,5
34	165-170	11322	493	0,43	22,3	20,3	7,50	23,4	11,4	37,2	14,0
35	170-175	11986	488	0,49	22,4	20,4	7,33	22,4	10,9	38,9	16,4
36	175-180	11100	501	0,30	24,5	22,0	8,19	24,3	12,2	40,3	14,8
37	180-185	10972	547	0,27	21,3	18,8	8,19	25,1	12,4	40,2	12,1
38	185-190	13908	514	0,35	21,8	19,3	7,66	23,0	10,7	38,3	11,9
39	190-195	13530	491	0,44	22,7	20,1	7,75	24,0	11,3	38,8	13,6
40	195-200	12291	525	0,37	21,776	19,091	8,102	25,43	11,96	39,75	17,28
41	200-205	15759	464	0,19	20,721	18,333	7,047	21,57	10,16	35,37	11,16
42	205-210	11745	553	0,30	24,583	22,256	8,394	26,21	12,92	42,53	10,53
43	210-215	13402	538	0,21	21,515	19,102	8,448	25,43	12,08	39,77	15,02

Sorszám	Mélység cm	As mg/kg	Se mg/kg	Rb mg/kg	Sr mg/kg	Y mg/kg	Cd mg/kg	Cs mg/kg	Ba mg/kg	La mg/kg	Ce mg/kg
1	0-5	8,48	2,95	24,1	67,9	10,84	0,18	1,07	127	19,3	41,3
2	5-10	8,79	3,13	22,1	69,3	10,34	0,19	0,90	115	17,7	38,4
3	10-15	8,18	2,58	20,9	74,5	10,12	0,17	0,84	114	17,7	38,1
4	15-20	7,96	3,17	23,7	77,0	10,83	0,19	0,90	131	19,4	42,3
5	20-25	12,62	4,18	38,1	129,6	17,22	0,35	1,51	234	34,4	73,9
6	25-30	7,71	2,99	26,3	69,7	11,27	0,21	1,49	132	25,9	55,3
7	30-35	6,95	3,00	21,9	66,2	10,28	0,16	1,11	130	23,2	50,4
8	35-40	7,50	1,92	21,0	66,3	10,73	0,09	1,21	142	25,2	53,9
9	40-45	7,03	2,10	16,3	102,5	9,08	0,18	0,85	123	20,8	44,2
10	45-50	6,75	1,86	13,4	107,1	8,70	0,09	0,74	115	19,1	41,2
11	50-55	6,40	1,86	13,3	129,8	8,31	0,12	0,83	137	19,8	42,2
12	55-60	7,09	2,02	15,3	106,7	9,21	0,16	0,77	118	22,2	47,9
13	60-65	6,64	2,18	14,7	108,9	9,09	0,12	1,14	122	23,4	50,0
14	65-70	6,39	1,56	13,8	146,5	8,84	0,17	0,86	147	23,0	49,2
15	70-75	6,74	2,21	16,3	106,2	9,36	0,16	1,07	147	26,7	57,1
16	75-80	6,48	2,26	15,0	99,2	9,12	0,08	0,80	175	23,4	50,4
17	80-85	6,03	1,99	10,7	97,0	8,89	0,14	0,54	154	21,5	46,1
18	85-90	7,88	3,16	26,5	102,6	13,02	0,13	1,94	261	37,6	80,2
19	90-95	6,29	2,49	23,4	72,8	10,74	0,14	1,69	227	32,7	69,2
20	95-100	6,53	2,50	22,9	69,9	10,53	0,21	1,51	204	30,3	63,5
21	100-105	6,84	2,25	23,5	67,6	10,58	0,15	1,68	215	31,8	67,3
22	105-110	7,34	2,16	23,0	78,9	10,64	0,17	1,52	189	31,3	66,0
23	110-115	7,05	1,88	20,9	84,2	9,91	0,14	1,34	183	28,6	60,6
24	115-120	6,93	2,25	20,2	100,8	10,16	0,19	1,33	188	30,7	64,9
25	120-125	6,56	2,12	17,5	108,5	9,52	0,14	0,94	186	26,2	56,1
26	125-130	6,40	1,87	16,8	122,6	9,47	0,21	0,95	190	26,4	56,3
27	130-135	5,90	1,12	16,0	120,9	9,08	0,18	0,97	186	26,0	55,3
28	135-140	2,34	0,43	5,5	54,3	3,55	0,01	0,26	70	10,1	21,4
29	140-145	5,64	1,35	13,2	153,1	8,50	0,10	0,69	174	22,9	48,6
30	145-150	5,55	1,20	10,7	166,1	8,22	0,15	0,52	177	21,1	45,2
31	150-155	5,13	1,38	11,1	173,0	7,93	0,16	0,66	166	21,1	45,2
32	155-160	5,31	1,66	10,3	183,7	8,00	0,14	0,64	171	21,5	46,9
33	160-165	5,70	1,54	12,5	184,5	8,21	0,08	0,74	211	23,6	50,3
34	165-170	5,73	1,97	12,2	192,0	8,40	0,15	0,78	193	24,6	52,7
35	170-175	5,58	1,99	11,9	209,1	8,43	0,14	0,84	220	24,5	52,7
36	175-180	5,83	2,38	13,8	192,0	9,01	0,12	1,00	191	27,7	59,1
37	180-185	5,77	1,61	9,3	160,8	8,70	0,15	0,52	157	22,2	47,5
38	185-190	5,73	1,46	11,1	210,0	8,35	0,10	0,77	150	23,9	51,0
39	190-195	5,93	1,95	11,9	202,8	8,96	0,13	0,84	169	26,0	55,7
40	195-200	5,900	1,325	10,4	175,4	8,84	0,157	0,569	231	23,1	49,4
41	200-205	5,265	2,437	10,9	227,8	8,34	0,154	0,909	133	23,5	50,2
42	205-210	6,325	1,917	14,0	144,4	9,51	0,149	1,275	116	30,3	63,9
43	210-215	5,737	2,203	10,0	182,6	8,82	0,157	0,650	190	23,3	49,9

Sorszám	Mélység cm	Pr mg/kg	Nd mg/kg	Sm mg/kg	Eu mg/kg	Gd mg/kg	Tb mg/kg	Dy mg/kg
1	0-5	4,95	18,9	4,10	0,79	3,58	0,48	2,47
2	5-10	4,54	18,5	3,80	0,78	3,37	0,47	2,43
3	10-15	4,51	17,7	3,88	0,69	3,34	0,45	2,28
4	15-20	4,90	19,5	4,55	0,82	3,72	0,49	2,49
5	20-25	8,85	34,6	7,14	1,36	6,00	0,82	4,31
6	25-30	6,65	24,5	5,40	1,00	4,51	0,58	2,89
7	30-35	6,06	21,7	4,83	0,96	4,26	0,55	2,86
8	35-40	6,78	22,8	5,27	0,99	4,70	0,60	3,10
9	40-45	5,34	19,3	4,24	0,80	3,90	0,50	2,43
10	45-50	4,99	18,3	3,95	0,73	3,60	0,45	2,35
11	50-55	5,15	18,7	3,92	0,74	3,41	0,46	2,27
12	55-60	5,79	20,9	4,53	0,86	3,97	0,49	2,72
13	60-65	6,07	21,3	4,78	0,85	4,15	0,52	2,69
14	65-70	6,09	20,5	4,75	0,90	4,12	0,52	2,63
15	70-75	7,20	23,4	5,36	1,04	4,65	0,57	2,95
16	75-80	6,73	20,3	4,83	0,97	4,78	0,56	2,89
17	80-85	6,38	19,2	4,55	0,99	4,47	0,56	2,92
18	85-90	10,77	31,5	6,99	1,51	7,04	0,82	4,32
19	90-95	9,07	27,3	6,42	1,27	6,11	0,70	3,51
20	95-100	8,50	25,0	5,88	1,17	5,62	0,63	3,43
21	100-105	9,08	26,4	6,01	1,28	5,98	0,66	3,44
22	105-110	8,83	25,6	5,85	1,27	5,87	0,69	3,44
23	110-115	8,18	24,0	5,67	1,20	5,38	0,64	3,33
24	115-120	8,74	25,7	5,75	1,26	5,79	0,67	3,38
25	120-125	7,61	22,4	5,34	1,13	5,13	0,60	3,14
26	125-130	7,57	22,0	5,10	1,10	5,09	0,60	3,11
27	130-135	7,52	22,4	5,08	1,08	5,05	0,57	2,90
28	135-140	2,89	8,3	1,96	0,40	2,00	0,22	1,19
29	140-145	6,64	19,8	4,50	0,92	4,66	0,54	2,83
30	145-150	6,11	18,2	4,40	0,93	4,48	0,52	2,80
31	150-155	6,20	18,3	4,44	0,97	4,27	0,51	2,67
32	155-160	6,28	19,0	4,45	0,90	4,42	0,52	2,71
33	160-165	6,79	19,9	4,61	0,98	4,57	0,55	2,80
34	165-170	7,19	20,5	5,00	0,98	4,95	0,55	2,85
35	170-175	7,01	21,0	4,89	0,97	4,74	0,56	2,88
36	175-180	8,05	23,1	5,46	1,10	5,35	0,58	3,02
37	180-185	6,41	19,5	4,81	1,00	4,47	0,56	2,92
38	185-190	6,90	20,3	5,10	0,98	4,72	0,54	2,87
39	190-195	7,57	22,6	5,47	1,03	5,14	0,59	3,02
40	195-200	6,76	20,2	4,86	1,01	4,80	0,57	3,00
41	200-205	6,81	20,2	4,84	0,99	4,65	0,53	2,79
42	205-210	8,64	25,5	5,70	1,22	5,66	0,65	3,23
43	210-215	6,67	20,3	4,96	1,00	4,87	0,56	3,05

Sorszám	Mélység cm	Ho mg/kg	Er mg/kg	Tm mg/kg	Yb mg/kg	Lu mg/kg	Pb mg/kg	Th mg/kg	U mg/kg
1	0-5	0,45	1,11	0,15	0,81	0,12	14,6	3,34	0,20
2	5-10	0,43	1,05	0,14	0,78	0,12	13,2	3,26	0,20
3	10-15	0,39	1,06	0,15	0,77	0,12	12,5	3,40	0,21
4	15-20	0,43	1,15	0,15	0,89	0,13	14,4	3,42	0,24
5	20-25	0,75	1,90	0,26	1,45	0,23	23,9	5,77	0,41
6	25-30	0,50	1,29	0,18	1,05	0,15	16,7	4,71	0,29
7	30-35	0,49	1,26	0,17	1,03	0,14	13,8	3,81	0,26
8	35-40	0,54	1,37	0,18	1,13	0,17	14,7	3,74	0,27
9	40-45	0,43	1,15	0,16	0,89	0,20	12,4	3,92	0,39
10	45-50	0,42	1,06	0,13	0,85	0,12	12,1	4,62	0,40
11	50-55	0,41	1,04	0,14	0,81	0,10	11,6	4,85	0,59
12	55-60	0,44	1,19	0,15	0,96	0,14	12,4	4,97	0,44
13	60-65	0,45	1,19	0,16	0,99	0,14	12,6	5,13	0,47
14	65-70	0,45	1,16	0,16	0,99	0,15	12,4	4,80	0,50
15	70-75	0,48	1,28	0,17	1,02	0,16	13,5	4,83	0,48
16	75-80	0,50	1,29	0,19	1,03	0,16	13,9	3,55	0,44
17	80-85	0,51	1,31	0,18	1,02	0,15	14,0	4,00	0,38
18	85-90	0,70	1,90	0,26	1,50	0,24	19,9	5,19	0,55
19	90-95	0,59	1,55	0,21	1,18	0,19	16,0	4,27	0,40
20	95-100	0,56	1,47	0,20	1,21	0,18	15,7	3,82	0,37
21	100-105	0,59	1,51	0,21	1,21	0,20	15,6	3,78	0,35
22	105-110	0,56	1,49	0,20	1,22	0,20	15,6	3,57	0,37
23	110-115	0,56	1,41	0,18	1,13	0,19	15,0	3,69	0,38
24	115-120	0,57	1,47	0,20	1,15	0,19	14,5	3,89	0,42
25	120-125	0,53	1,34	0,19	1,09	0,18	14,0	3,20	0,38
26	125-130	0,51	1,37	0,18	1,12	0,19	13,9	3,39	0,43
27	130-135	0,52	1,28	0,18	1,05	0,16	13,6	3,29	0,42
28	135-140	0,20	0,53	0,07	0,42	0,07	5,4	1,56	0,17
29	140-145	0,47	1,19	0,16	0,92	0,16	12,6	3,16	0,43
30	145-150	0,47	1,25	0,17	0,92	0,16	12,6	3,19	0,43
31	150-155	0,46	1,13	0,16	0,94	0,15	12,2	3,30	0,42
32	155-160	0,46	1,23	0,16	0,89	0,15	12,2	3,58	0,42
33	160-165	0,48	1,20	0,16	0,93	0,17	12,5	3,75	0,41
34	165-170	0,48	1,29	0,17	1,00	0,16	12,9	4,09	0,43
35	170-175	0,48	1,27	0,16	1,01	0,16	12,7	4,38	0,44
36	175-180	0,53	1,38	0,18	1,04	0,20	13,7	4,93	0,42
37	180-185	0,49	1,29	0,18	0,99	0,21	13,4	4,09	0,36
38	185-190	0,49	1,23	0,18	0,98	0,16	12,7	4,76	0,43
39	190-195	0,50	1,31	0,20	1,01	0,18	13,4	5,21	0,44
40	195-200	0,49	1,25	0,17	1,01	0,17	13,6	4,60	0,39
41	200-205	0,46	1,18	0,17	0,96	0,17	12,2	4,91	0,43
42	205-210	0,54	1,43	0,18	1,11	0,18	14,1	5,78	0,40
43	210-215	0,51	1,29	0,17	0,96	0,17	13,9	4,78	0,39

11.5. A Movila Crăciuneasca kurgán melletti BGH jelű háttér fúrás talajtani jegyzőkönyve

Helyszíni talajvizsgálati/fúrási jegyzőkönyv

Talajszelvény azonosító	BGH
Kitettség	-
Lejtőkategória	1
A fúrás/szelvény mélysége (cm)	100
Talajvízszint mélysége (cm)	-
Talajtípus	180

Vegetáció	szántó
Lejtő alakja/fekvés	-
Erózió, defláció	-
EOV	n.é.
Btszf (m)	n.a.
Humuszos réteg (cm)	40
Alapkőzet	lössz

Szint/réteg jele	Mélység cm	Mintavétel (cm) -től -ig	Szín	Fizikai féleség	Szerkezet	Régészeti jelenség	Egyéb antropogén jelenség (talajidegen anyag)
A	0-40	0-20; 20-40	10YR 3/3	4	SZ	O	O
B	40-60	40-60	10YR 5/3	5	GYSZ-SZ	O	O
C	60-100	60-80; 80-100	2.5Y 5/4	5	O	O	O
Szint/réteg jele	Nedvesség	Pezsgés	Durva vázrészek	Talajhibák	Kiválások, konkréciók	Gyökér	Tömődöttség
A	F	NY	-	1	-	K	L
B	F	K	-	1	-	O	L
C	F	K	-	1	LEP	O	L
Egyéb észrevételek	n.a. - nincsen adat; n.é. - nem értelmezhető TIM kód 180: kilúgzott csernozjom						

Felvételező/leíró: BÁ, PÁ

11.6. A Movila Crăciuneasca kurgán BGE jelű profiljának terepi talajtani jegyzőkönyve

Helyszíni talajvizsgálati/fúrési jegyzőkönyv

Talajszelvény azonosító	BGE
Kitettség	-
Lejtőkategória	-
A fúrás/szelvény mélysége (cm)	210 cm
Talajvízszint mélysége (cm)	-
Talajtípus	n.é.

Vegetáció	lágyszárú,
Lejtő alakja/fekvés	n.é.
Erózió, defláció	n.é.
EOV	n.é.
Btszf (m)	n.a.
Humuszos réteg (cm)	n.é.
Alapkőzet	lössz

Szint/réteg jele	Mélység cm	Mintavétel (cm) -tól -ig	Szín	Fizikai féleség	Szerkezet	Régészeti jelenség	Egyéb antropogén jelenség (talajidegen anyag)
A	0-15	0-15	10YR 3/3	4	M	O	O
K1	15-25	15-25	10YR 4/2	5	GYSZ-M	O	O
K2	25-100	25-100	10YR 5/2	5	GYSZ-M	O	O
K3	100-170	100-170	10YR 4/3	5	O	O	O
K4	170-245	170-245	10YR 4/2	5	O	O	O
K5	245-250	245-250	10YR 4/1	4	O	FAS	O
A _p	250-280	250-280	10YR 3/3	4	M	O	O
B _p	280-300	280-300	10YR 4/3	4	GYSZ-M	O	O
BC _p	300-320	300-320	10YR 4/4	4	O	O	O
C _p	320-350	320-350	2.5Y 5/4	4	O	O	O

Szint/réteg jele	Nedvesség	Pezsgés	Durva vázrészek	Talajhibák	Kiválások, konkréciók	Gyökér	Tömődöttség
------------------	-----------	---------	-----------------	------------	-----------------------	--------	-------------

A	SZ	NY	-	1	LEP/ÉR	K	L
K1	SZ	NY	-	1	-	O	L
K2	SZ	NY	-	1	LEP/ÉR; KR	O	L
K3	SZ	NY	-	1	-	O	L
K4	SZ	-	-	1	-	O	L
K5	F	-	-	1	R/SS	O	L
A _p	F	-	-	1	KR	O	L
B _p	F	-	-	1	LEP, KR	O	L
BC _p	F	GY/K	-	1	LEP	O	L
C _p	F	K	-	1	LEP	O	L
Egyéb észrevételek	n.a. - nincsen adat n.é. - nem értelmezhető						

Felvételező/leíró: BÁ, PÁ

11.7. A Movila Crăciuneasca kurgán melletti háttér fúrás (BGH) geokémiai eredményei

Sorszám	Mélység cm	LOI550 %	LOI950 %	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Ti mg/kg	Na mg/kg	K mg/kg	Fe mg/kg	Al mg/kg	Mn mg/kg
1	0-20	5,58	1,80	9333	3981	204	79	4467	30200	26303	813
2	20-40	6,23	1,69	6607	3548	195	72	5012	28840	25119	851
3	40-60	5,32	2,63	20417	4266	209	74	4266	28840	25119	741
4	60-80	6,04	3,48	38905	4571	209	81	4169	28184	25704	708
5	80-100	5,28	5,14	47863	4677	224	89	4074	27542	25704	676

Sorszám	Mélység cm	Ba mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Pb mg/kg	Sr mg/kg	Zn mg/kg	Sc mg/kg	Ga mg/kg	Y mg/kg	La mg/kg
1	0-20	145	44,7	26,3	18,6	35,5	67,6	5,37	31,6	11,0	21,9
2	20-40	158	43,7	27,5	26,9	33,9	70,8	4,68	32,4	10,5	20,9
3	40-60	132	45,7	24,5	18,6	43,7	64,6	5,25	28,8	10,7	22,4
4	60-80	132	44,7	24,0	17,8	49,0	63,1	4,90	28,2	10,2	20,9
5	80-100	129	44,7	23,4	17,4	53,7	60,3	5,37	30,9	10,5	21,9

Sorszám	Mélység cm	Ce mg/kg	Pr mg/kg	Nd mg/kg	Sm mg/kg	Eu mg/kg	Gd mg/kg	Tb mg/kg	Dy mg/kg
1	0-20	49,0	5,89	20,0	4,47	0,89	4,27	0,44	2,34
2	20-40	46,8	5,50	19,1	4,17	0,87	4,07	0,42	2,24
3	40-60	49,0	5,89	20,4	4,37	0,89	4,17	0,43	2,29
4	60-80	45,7	5,50	19,1	4,17	0,83	3,98	0,41	2,19
5	80-100	49,0	5,75	19,5	4,37	0,83	4,07	0,41	2,19

Sorszám	Mélység cm	Ho mg/kg	Er mg/kg	Tm mg/kg	Yb mg/kg	Lu mg/kg	Th mg/kg	U mg/kg
1	0-20	0,46	1,17	0,15	0,95	0,12	2,34	0,46
2	20-40	0,43	1,15	0,14	0,91	0,10	1,62	0,45
3	40-60	0,44	1,12	0,14	0,91	0,11	2,63	0,45
4	60-80	0,43	1,07	0,14	0,87	0,11	2,45	0,45
5	80-100	0,43	1,07	0,14	0,87	0,11	3,39	0,50

11.8. A Movila Crăciuneasca kurgán (BGE) geokémiai eredményei

Sorszám	Kód	Mélység cm	LOI550 %	LOI950 %	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Ti mg/kg	Na mg/kg	K mg/kg	Fe mg/kg	Al mg/kg	Mn mg/kg
1	Kurgán	0-5	7,04	2,29	9772	4169	229	93	5370	30200	25119	955
2	Kurgán	5-10	6,58	2,36	11749	4169	245	105	4898	30200	25119	871
3	Kurgán	10-15	5,31	2,95	9550	4169	229	95	4571	30200	25119	871
4	Kurgán	15-20	5,46	2,70	9120	4266	257	117	4571	30903	25119	891
5	Kurgán	20-25	5,41	2,65	8710	4365	234	112	4571	31623	25119	933
6	Kurgán	25-30	5,15	2,77	7079	4169	204	107	4266	30200	22909	977
7	Kurgán	30-35	5,62	2,35	6166	4365	269	120	4786	30903	24547	1023
8	Kurgán	35-40	5,58	2,43	6607	4467	257	115	4898	30903	25119	1122
9	Kurgán	40-45	5,47	2,16	6607	4365	263	117	4571	30200	24547	912
10	Kurgán	45-50	4,95	2,71	5888	4365	263	115	4571	29512	24547	955
11	Kurgán	50-55	4,94	2,61	5495	4365	269	120	4365	29512	24547	813
12	Kurgán	55-60	4,91	2,51	5129	4467	240	98	4467	30200	24547	776
13	Kurgán	60-65	4,84	2,66	7244	4365	240	120	4074	28840	22909	794
14	Kurgán	65-70	4,93	2,53	7413	4677	282	132	4571	30200	25119	832
15	Kurgán	70-75	5,11	2,21	4677	4467	182	145	4169	29512	23442	794
16	Kurgán	75-80	5,38	2,13	4898	4571	209	155	4467	30200	25119	794
17	Kurgán	80-85	4,96	2,91	10965	4571	209	166	4365	29512	24547	776
18	Kurgán	85-90	5,10	2,60	9333	4365	178	178	4365	28840	23442	832
19	Kurgán	90-95	5,07	2,53	10471	4571	214	234	4571	29512	24547	776
20	Kurgán	95-100	4,67	2,66	8710	5012	251	380	5370	29512	24547	794
21	Kurgán	100-105	4,87	2,40	6761	4266	200	490	4571	29512	23988	794
22	Kurgán	105-110	4,97	2,42	7413	4365	219	589	4898	30200	25119	759
23	Kurgán	110-115	4,88	2,28	7413	4266	170	708	4467	29512	22909	724
24	Kurgán	115-120	4,34	2,84	5248	4169	182	794	4677	29512	23442	871
25	Kurgán	120-125	4,69	2,53	5623	4074	186	851	4571	28840	22909	832
26	Kurgán	125-130	4,82	2,48	8318	4266	200	891	4677	28840	23442	832
27	Kurgán	130-135	4,83	2,51	8710	4365	204	912	4786	30200	24547	851
28	Kurgán	135-140	4,94	2,40	9120	4266	182	871	4571	28840	22909	851
29	Kurgán	140-145	5,14	2,31	10965	4266	191	933	4365	28840	22387	813
30	Kurgán	145-150	5,17	2,22	10965	4169	162	1047	4266	28184	21380	832
31	Kurgán	150-155	4,65	2,44	8128	4467	234	1288	5129	29512	25119	871
32	Kurgán	155-160	4,34	2,54	5623	4266	257	1585	5370	29512	25704	851
33	Kurgán	160-165	4,75	1,70	6918	4169	229	1738	5012	28840	23988	871
34	Kurgán	165-170	4,31	2,34	5370	4074	51	1905	4571	27542	22387	933
35	Kurgán	170-175	4,30	2,21	5012	3890	245	1820	5129	29512	24547	891
36	Kurgán	175-180	4,42	2,16	6166	4074	263	1820	5248	30200	25119	871
37	Kurgán	180-185	4,86	1,71	6166	4365	275	1862	5623	31623	26915	977
38	Kurgán	185-190	4,50	2,12	5495	3981	316	1622	5370	30200	25119	933
39	Kurgán	190-195	4,52	2,14	5248	3802	263	1514	5012	29512	23988	891
40	Kurgán	195-200	4,83	2,01	5495	3890	245	1445	5012	30200	24547	1047
41	Kurgán	200-205	5,18	1,64	5754	3802	275	1318	5012	30200	24547	977
42	Kurgán	205-210	2,98	1,98	4898	3715	295	1230	5129	28840	24547	832
43	Kurgán	210-215	5,07	1,94	4786	3548	224	1122	4677	28840	22387	891

Sorszám	Kód	Mélység cm	LOI550 %	LOI950 %	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Ti mg/kg	Na mg/kg	K mg/kg	Fe mg/kg	Al mg/kg	Mn mg/kg
44	Kurgán	215-220	4,96	1,97	4571	3715	269	1072	5129	30200	25119	912
45	Kurgán	220-225	5,20	1,70	4467	3715	324	955	5129	30903	26303	851
46	Kurgán	225-230	4,98	2,05	4677	3631	275	851	5129	29512	24547	912
47	Kurgán	230-235	5,11	1,92	4571	3802	331	794	5495	30903	26303	1047
48	Kurgán	235-240	4,68	2,30	4571	3890	347	776	5495	30903	26915	1000
49	Kurgán	240-245	5,20	1,79	4467	3631	295	661	5012	30200	25119	912
50	Kurgán	245-250	5,31	1,92	4786	3715	339	646	5248	29512	24547	977
51	Kurgán	250-255	5,55	1,90	4898	3890	288	631	5129	30903	25704	933
52	Kurgán	255-260	5,22	2,02	4898	3981	331	603	5248	31623	26915	912
53	Kurgán	260-265	5,66	1,62	4898	3802	309	589	4786	30903	24547	933
54	Kurgán	265-270	5,36	1,91	4786	3890	316	550	4786	30903	25704	871
55	Kurgán	270-275	4,81	2,42	4677	4169	240	525	5129	30200	25704	933
56	Kurgán	275-280	5,07	2,01	4571	4169	245	525	5129	30200	26303	871
57	Kurgán	280-285	5,73	1,57	4571	4169	240	513	4898	30200	25704	891
58	Kurgán	285-290	5,16	1,89	4571	4266	263	513	5012	29512	26303	871
59	Kurgán	290-295	5,13	1,85	4677	4266	240	501	4786	30200	26303	851
60	Kurgán	295-300	4,88	2,09	4467	4266	263	501	4677	30200	25704	871
61	Kurgán	300-305	5,20	1,67	4571	4266	214	479	4074	30200	24547	871
62	Kurgán	305-310	4,95	1,84	4571	4266	209	479	4169	28840	24547	832
63	Kurgán	310-315	5,03	2,27	10715	4467	195	457	3981	28840	24547	832
64	Kurgán	315-320	5,38	2,01	12303	4467	204	457	4074	28840	24547	813
65	Cp	320-325	5,43	2,06	15849	4467	204	457	4169	28840	24547	813
66	Cp	325-330	5,65	2,87	28184	4677	39	407	3467	25119	23442	776
67	K5	245-250	4,93	1,89	5370	3890	182	1122	5012	28184	22909	977

Sorszám	Kód	Mélység cm	Ba mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Pb mg/kg	Sr mg/kg	Zn mg/kg	Sc mg/kg	Ga mg/kg	Y mg/kg	La mg/kg
1	Kurgán	0-5	151	46,8	44,7	20,0	43,7	77,6	4,79	43,7	12,6	23,4
2	Kurgán	5-10	151	46,8	45,7	20,0	46,8	75,9	5,01	43,7	12,3	23,4
3	Kurgán	10-15	155	49,0	36,3	20,0	50,1	74,1	4,90	42,7	12,3	23,4
4	Kurgán	15-20	151	45,7	32,4	19,1	49,0	70,8	5,25	44,7	12,0	22,9
5	Kurgán	20-25	155	44,7	30,9	19,1	50,1	70,8	5,13	45,7	11,7	22,9
6	Kurgán	25-30	158	41,7	26,9	18,6	51,3	67,6	4,68	44,7	11,2	20,9
7	Kurgán	30-35	151	45,7	27,5	19,1	52,5	74,1	5,37	44,7	11,5	23,4
8	Kurgán	35-40	162	46,8	31,6	18,6	49,0	72,4	5,50	47,9	12,0	24,5
9	Kurgán	40-45	148	44,7	27,5	18,2	45,7	69,2	5,25	43,7	11,5	24,5
10	Kurgán	45-50	155	44,7	28,8	18,2	42,7	67,6	5,13	44,7	11,7	25,1
11	Kurgán	50-55	145	43,7	25,7	18,2	38,9	67,6	5,13	41,7	11,7	24,5
12	Kurgán	55-60	138	45,7	25,7	17,8	37,2	67,6	5,25	40,7	11,7	25,7
13	Kurgán	60-65	132	40,7	24,5	17,8	35,5	63,1	4,90	38,0	11,5	22,9
14	Kurgán	65-70	135	44,7	25,7	18,6	35,5	66,1	5,25	38,9	11,7	25,1
15	Kurgán	70-75	129	38,9	25,1	17,4	30,9	63,1	4,68	38,0	11,2	21,4
16	Kurgán	75-80	145	43,7	27,5	17,0	33,9	70,8	5,37	38,9	11,5	22,9
17	Kurgán	80-85	135	42,7	26,9	17,8	35,5	69,2	4,90	36,3	11,7	22,9
18	Kurgán	85-90	148	41,7	26,9	16,6	33,9	67,6	4,68	39,8	11,7	22,4
19	Kurgán	90-95	138	41,7	26,9	17,4	33,9	67,6	5,13	37,2	11,7	22,9
20	Kurgán	95-100	129	40,7	26,9	17,4	32,4	69,2	5,01	34,7	11,7	22,4
21	Kurgán	100-105	126	39,8	26,9	16,6	31,6	69,2	4,90	33,1	11,5	21,9
22	Kurgán	105-110	138	44,7	28,8	17,4	33,9	74,1	5,37	36,3	11,7	23,4
23	Kurgán	110-115	123	37,2	26,9	17,4	31,6	67,6	4,57	33,9	11,2	19,5
24	Kurgán	115-120	129	38,9	26,9	16,6	30,9	70,8	4,79	34,7	11,2	20,9
25	Kurgán	120-125	123	38,9	26,3	16,6	30,2	69,2	4,68	33,1	11,0	21,4
26	Kurgán	125-130	141	40,7	26,3	16,6	32,4	69,2	4,90	37,2	11,5	22,9
27	Kurgán	130-135	141	41,7	27,5	18,6	33,9	70,8	5,13	36,3	11,7	22,4
28	Kurgán	135-140	145	39,8	26,3	17,4	33,1	67,6	4,79	37,2	11,2	20,0
29	Kurgán	140-145	135	37,2	26,3	17,4	33,9	67,6	4,68	35,5	11,2	19,5
30	Kurgán	145-150	148	32,4	25,7	17,4	34,7	64,6	4,37	37,2	10,5	17,0
31	Kurgán	150-155	170	47,9	27,5	19,5	37,2	77,6	5,75	42,7	11,7	21,9
32	Kurgán	155-160	145	45,7	26,3	17,4	33,1	72,4	6,03	38,0	11,7	24,0
33	Kurgán	160-165	151	44,7	26,3	17,4	34,7	70,8	5,75	38,9	11,5	20,9
34	Kurgán	165-170	151	43,7	26,9	17,4	33,9	75,9	5,25	38,0	11,5	19,5
35	Kurgán	170-175	162	45,7	26,9	18,2	33,9	72,4	6,31	41,7	11,7	22,9
36	Kurgán	175-180	148	46,8	26,9	17,8	34,7	72,4	6,31	38,9	12,0	22,4
37	Kurgán	180-185	155	47,9	28,2	18,2	35,5	74,1	6,46	40,7	12,9	24,5
38	Kurgán	185-190	151	47,9	28,2	18,2	34,7	72,4	6,17	38,0	12,0	24,5
39	Kurgán	190-195	174	45,7	27,5	17,8	33,9	72,4	5,89	42,7	11,7	22,4
40	Kurgán	195-200	123	45,7	27,5	17,8	33,9	74,1	5,89	32,4	11,7	22,4
41	Kurgán	200-205	145	45,7	27,5	18,2	34,7	72,4	6,17	36,3	11,7	22,9
42	Kurgán	205-210	158	45,7	26,9	18,2	33,9	70,8	5,75	38,0	11,5	22,9
43	Kurgán	210-215	174	41,7	27,5	16,6	34,7	69,2	5,89	41,7	11,7	21,4
44	Kurgán	215-220	166	45,7	27,5	18,2	33,9	74,1	6,03	39,8	11,7	24,0

Sorszám	Kód	Mélység cm	Ba mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Pb mg/kg	Sr mg/kg	Zn mg/kg	Sc mg/kg	Ga mg/kg	Y mg/kg	La mg/kg
45	Kurgán	220-225	182	47,9	27,5	17,8	33,9	72,4	5,89	41,7	11,5	24,5
46	Kurgán	225-230	166	44,7	27,5	17,8	34,7	70,8	5,75	39,8	12,0	24,0
47	Kurgán	230-235	145	47,9	27,5	17,8	33,9	72,4	6,17	36,3	12,0	25,7
48	Kurgán	235-240	158	47,9	28,2	19,1	34,7	72,4	6,03	37,2	12,0	26,3
49	Kurgán	240-245	191	46,8	28,2	17,4	37,2	75,9	5,50	42,7	11,7	25,1
50	Kurgán	245-250	138	45,7	28,2	17,4	36,3	70,8	6,03	33,1	12,0	25,7
51	Kurgán	250-255	155	46,8	27,5	17,8	37,2	72,4	6,17	36,3	12,0	24,5
52	Kurgán	255-260	178	49,0	28,2	17,8	38,9	74,1	5,75	39,8	12,0	25,7
53	Kurgán	260-265	151	43,7	28,2	17,0	37,2	70,8	5,50	33,1	11,5	23,4
54	Kurgán	265-270	186	47,9	27,5	17,4	38,9	72,4	5,62	39,8	11,5	24,5
55	Kurgán	270-275	138	46,8	26,9	18,2	38,0	70,8	5,75	31,6	11,5	24,0
56	Kurgán	275-280	174	47,9	26,3	17,4	38,0	69,2	6,17	39,8	11,7	24,5
57	Kurgán	280-285	151	46,8	26,9	18,2	38,0	70,8	5,50	33,9	11,5	24,5
58	Kurgán	285-290	195	47,9	26,3	18,6	39,8	69,2	5,89	42,7	11,5	25,1
59	Kurgán	290-295	151	47,9	26,9	19,1	39,8	70,8	5,75	34,7	11,7	25,1
60	Kurgán	295-300	155	47,9	26,9	19,5	40,7	69,2	5,37	33,1	11,5	24,0
61	Kurgán	300-305	162	43,7	26,9	19,1	40,7	69,2	4,90	34,7	11,0	22,4
62	Kurgán	305-310	148	45,7	25,1	18,6	39,8	67,6	5,50	32,4	11,2	22,9
63	Kurgán	310-315	158	44,7	25,1	19,1	44,7	66,1	5,37	34,7	11,0	22,4
64	Kurgán	315-320	129	43,7	25,1	18,2	44,7	66,1	5,50	30,2	11,2	23,4
65	Cp	320-325	98	45,7	25,1	18,2	47,9	66,1	5,50	23,4	10,7	22,4
66	Cp	325-330	126	42,7	23,4	14,8	57,5	66,1	3,80	26,3	10,7	21,9
67	K5	245-250	135	45,7	26,9	18,2	42,7	72,4	4,90	29,5	11,0	22,4

Sorszám	Kód	Mélység cm	Ce mg/kg	Pr mg/kg	Nd mg/kg	Sm mg/kg	Eu mg/kg	Gd mg/kg	Tb mg/kg	Dy mg/kg
1	Kurgán	0-5	51,3	6,03	23,4	4,90	0,95	4,27	0,54	2,88
2	Kurgán	5-10	51,3	6,17	23,4	4,90	0,95	4,37	0,55	2,88
3	Kurgán	10-15	52,5	6,17	23,4	4,79	0,91	4,27	0,55	2,82
4	Kurgán	15-20	51,3	6,03	22,9	4,79	0,93	4,17	0,52	2,82
5	Kurgán	20-25	52,5	6,03	22,4	4,79	0,93	4,27	0,54	2,75
6	Kurgán	25-30	49,0	5,62	20,9	4,47	0,87	4,07	0,51	2,63
7	Kurgán	30-35	55,0	6,17	23,4	4,79	0,91	4,27	0,52	2,75
8	Kurgán	35-40	60,3	6,61	24,5	5,01	0,98	4,57	0,56	2,82
9	Kurgán	40-45	56,2	6,46	24,0	5,01	0,93	4,37	0,55	2,82
10	Kurgán	45-50	57,5	6,61	24,5	5,01	0,95	4,47	0,54	2,75
11	Kurgán	50-55	55,0	6,46	24,0	4,90	0,95	4,47	0,54	2,75
12	Kurgán	55-60	57,5	6,61	24,5	5,01	0,95	4,37	0,56	2,82
13	Kurgán	60-65	51,3	6,03	22,4	4,68	0,89	4,17	0,51	2,69
14	Kurgán	65-70	57,5	6,61	24,5	5,01	0,98	4,47	0,56	2,82
15	Kurgán	70-75	49,0	5,62	21,4	4,37	0,87	4,07	0,51	2,63
16	Kurgán	75-80	51,3	6,03	22,9	4,68	0,91	4,27	0,52	2,75
17	Kurgán	80-85	50,1	6,03	22,4	4,68	0,93	4,27	0,54	2,69
18	Kurgán	85-90	47,9	5,75	21,9	4,68	0,89	4,17	0,51	2,69
19	Kurgán	90-95	50,1	6,03	22,4	4,68	0,91	4,27	0,54	2,75
20	Kurgán	95-100	50,1	5,89	22,4	4,68	0,91	4,17	0,51	2,75
21	Kurgán	100-105	49,0	5,75	21,9	4,47	0,87	4,17	0,51	2,63
22	Kurgán	105-110	50,1	6,17	22,9	4,79	0,91	4,37	0,54	2,75
23	Kurgán	110-115	42,7	5,13	19,5	4,17	0,87	3,89	0,50	2,57
24	Kurgán	115-120	46,8	5,50	20,9	4,27	0,87	4,07	0,50	2,63
25	Kurgán	120-125	47,9	5,62	20,9	4,47	0,87	4,07	0,49	2,57
26	Kurgán	125-130	50,1	5,89	21,9	4,68	0,91	4,27	0,51	2,63
27	Kurgán	130-135	49,0	5,89	21,9	4,68	0,93	4,37	0,51	2,69
28	Kurgán	135-140	45,7	5,37	20,0	4,27	0,85	4,07	0,49	2,57
29	Kurgán	140-145	43,7	5,13	19,5	4,17	0,83	3,98	0,48	2,57
30	Kurgán	145-150	38,9	4,68	17,4	3,80	0,79	3,80	0,46	2,45
31	Kurgán	150-155	49,0	5,75	21,4	4,47	0,91	4,17	0,50	2,63
32	Kurgán	155-160	52,5	6,17	22,9	4,90	0,93	4,47	0,51	2,69
33	Kurgán	160-165	46,8	5,62	20,4	4,37	0,87	4,07	0,49	2,63
34	Kurgán	165-170	44,7	5,37	20,0	4,27	0,87	4,07	0,48	2,57
35	Kurgán	170-175	51,3	6,03	21,9	4,68	0,89	4,27	0,50	2,69
36	Kurgán	175-180	49,0	5,89	21,9	4,57	0,93	4,37	0,51	2,75
37	Kurgán	180-185	53,7	6,46	23,4	5,01	1,00	4,68	0,54	2,88
38	Kurgán	185-190	53,7	6,46	23,4	4,90	0,95	4,47	0,52	2,75
39	Kurgán	190-195	50,1	5,89	21,4	4,47	0,93	4,27	0,49	2,63
40	Kurgán	195-200	52,5	6,03	21,9	4,57	0,93	4,37	0,50	2,69
41	Kurgán	200-205	50,1	6,03	21,9	4,68	0,93	4,47	0,51	2,75
42	Kurgán	205-210	50,1	6,03	21,9	4,68	0,91	4,37	0,50	2,63
43	Kurgán	210-215	47,9	5,75	20,9	4,47	0,87	4,17	0,49	2,63
44	Kurgán	215-220	53,7	6,31	22,9	4,90	0,95	4,57	0,52	2,69
45	Kurgán	220-225	55,0	6,46	23,4	4,90	0,95	4,47	0,50	2,69
46	Kurgán	225-230	53,7	6,46	22,9	5,01	0,93	4,57	0,50	2,69
47	Kurgán	230-235	58,9	6,76	24,0	5,13	0,98	4,68	0,51	2,69
48	Kurgán	235-240	58,9	6,76	24,5	5,13	0,98	4,68	0,52	2,69
49	Kurgán	240-245	55,0	6,46	23,4	4,90	0,98	4,57	0,50	2,63
50	Kurgán	245-250	56,2	6,76	24,0	5,25	0,95	4,68	0,50	2,69
51	Kurgán	250-255	55,0	6,61	23,4	5,01	0,98	4,68	0,51	2,69
52	Kurgán	255-260	56,2	6,76	24,0	5,13	0,98	4,68	0,51	2,75
53	Kurgán	260-265	52,5	6,31	22,4	4,79	0,95	4,47	0,48	2,57

Sorszám	Kód	Mélység cm	Ce mg/kg	Pr mg/kg	Nd mg/kg	Sm mg/kg	Eu mg/kg	Gd mg/kg	Tb mg/kg	Dy mg/kg
54	Kurgán	265-270	53,7	6,46	22,9	4,90	0,95	4,57	0,49	2,57
55	Kurgán	270-275	53,7	6,46	22,4	4,90	0,95	4,57	0,49	2,57
56	Kurgán	275-280	53,7	6,46	22,9	4,90	0,98	4,57	0,49	2,63
57	Kurgán	280-285	53,7	6,46	22,4	4,90	0,98	4,57	0,49	2,63
58	Kurgán	285-290	56,2	6,61	23,4	5,01	0,95	4,57	0,49	2,63
59	Kurgán	290-295	55,0	6,61	23,4	5,13	0,98	4,68	0,49	2,63
60	Kurgán	295-300	53,7	6,31	22,4	4,90	0,93	4,57	0,48	2,57
61	Kurgán	300-305	50,1	6,03	20,9	4,57	0,89	4,27	0,46	2,45
62	Kurgán	305-310	51,3	6,17	21,4	4,79	0,91	4,37	0,46	2,45
63	Kurgán	310-315	50,1	6,03	20,9	4,57	0,89	4,17	0,45	2,34
64	Kurgán	315-320	51,3	6,17	21,4	4,79	0,91	4,37	0,46	2,45
65	Cp	320-325	50,1	6,03	20,4	4,57	0,87	4,27	0,44	2,34
66	Cp	325-330	47,9	5,75	20,0	4,47	0,87	4,07	0,42	2,29
67	K5	245-250	50,1	6,03	20,9	4,47	0,87	4,27	0,44	2,34

Sorszám	Kód	Mélység cm	Ho mg/kg	Er mg/kg	Tm mg/kg	Yb mg/kg	Lu mg/kg	Th mg/kg	U mg/kg
1	Kurgán	0-5	0,50	1,32	0,16	0,98	0,14	3,24	0,59
2	Kurgán	5-10	0,50	1,35	0,17	1,02	0,14	3,39	0,62
3	Kurgán	10-15	0,51	1,29	0,16	0,95	0,13	3,55	0,59
4	Kurgán	15-20	0,49	1,32	0,16	1,00	0,13	3,72	0,59
5	Kurgán	20-25	0,49	1,29	0,17	1,00	0,14	3,55	0,56
6	Kurgán	25-30	0,48	1,26	0,16	0,95	0,14	3,24	0,55
7	Kurgán	30-35	0,49	1,26	0,15	0,95	0,12	3,98	0,60
8	Kurgán	35-40	0,50	1,35	0,16	1,00	0,13	3,98	0,62
9	Kurgán	40-45	0,49	1,29	0,16	0,93	0,13	3,98	0,63
10	Kurgán	45-50	0,49	1,29	0,15	0,93	0,13	3,80	0,62
11	Kurgán	50-55	0,49	1,29	0,16	0,95	0,13	3,72	0,62
12	Kurgán	55-60	0,48	1,29	0,16	0,93	0,13	3,16	0,63
13	Kurgán	60-65	0,48	1,29	0,15	0,95	0,12	3,02	0,60
14	Kurgán	65-70	0,49	1,29	0,16	0,98	0,12	3,55	0,65
15	Kurgán	70-75	0,47	1,26	0,15	0,93	0,12	2,95	0,56
16	Kurgán	75-80	0,49	1,26	0,16	0,93	0,13	3,16	0,68
17	Kurgán	80-85	0,48	1,32	0,15	0,95	0,11	2,88	0,74
18	Kurgán	85-90	0,47	1,32	0,16	0,91	0,12	2,63	0,74
19	Kurgán	90-95	0,49	1,29	0,16	0,95	0,13	2,82	0,72
20	Kurgán	95-100	0,49	1,32	0,15	0,95	0,13	3,02	0,69
21	Kurgán	100-105	0,48	1,23	0,15	0,91	0,12	2,75	0,60
22	Kurgán	105-110	0,50	1,29	0,15	0,95	0,13	2,95	0,62
23	Kurgán	110-115	0,48	1,23	0,15	0,91	0,12	2,34	0,51
24	Kurgán	115-120	0,48	1,23	0,15	0,93	0,13	2,63	0,54
25	Kurgán	120-125	0,47	1,23	0,15	0,93	0,12	2,57	0,52
26	Kurgán	125-130	0,49	1,26	0,15	0,95	0,12	2,69	0,58
27	Kurgán	130-135	0,50	1,26	0,16	0,95	0,13	2,51	0,58
28	Kurgán	135-140	0,47	1,23	0,15	0,91	0,12	2,24	0,49
29	Kurgán	140-145	0,48	1,26	0,15	0,93	0,12	2,19	0,43

Sorszám	Kód	Mélység cm	Ho mg/kg	Er mg/kg	Tm mg/kg	Yb mg/kg	Lu mg/kg	Th mg/kg	U mg/kg
30	Kurgán	145-150	0,45	1,20	0,15	0,91	0,12	1,95	0,38
31	Kurgán	150-155	0,48	1,29	0,15	1,00	0,13	4,27	0,50
32	Kurgán	155-160	0,49	1,26	0,15	1,00	0,13	4,90	0,55
33	Kurgán	160-165	0,48	1,26	0,15	0,98	0,12	4,57	0,48
34	Kurgán	165-170	0,47	1,26	0,15	1,00	0,13	1,74	0,45
35	Kurgán	170-175	0,49	1,29	0,16	1,00	0,13	4,79	0,52
36	Kurgán	175-180	0,50	1,32	0,16	1,00	0,13	4,27	0,48
37	Kurgán	180-185	0,51	1,41	0,17	1,07	0,14	4,90	0,54
38	Kurgán	185-190	0,50	1,32	0,16	1,00	0,13	4,47	0,54
39	Kurgán	190-195	0,49	1,29	0,16	0,98	0,12	4,68	0,54
40	Kurgán	195-200	0,49	1,32	0,16	1,00	0,13	4,57	0,55
41	Kurgán	200-205	0,50	1,35	0,16	1,00	0,13	4,57	0,51
42	Kurgán	205-210	0,48	1,29	0,16	1,02	0,13	4,57	0,56
43	Kurgán	210-215	0,49	1,26	0,15	0,98	0,13	4,47	0,49
44	Kurgán	215-220	0,50	1,32	0,16	1,00	0,13	4,79	0,55
45	Kurgán	220-225	0,50	1,29	0,17	1,00	0,13	4,07	0,55
46	Kurgán	225-230	0,50	1,29	0,17	1,00	0,13	4,47	0,52
47	Kurgán	230-235	0,50	1,32	0,16	1,02	0,13	4,47	0,56
48	Kurgán	235-240	0,49	1,32	0,16	1,02	0,13	4,57	0,60
49	Kurgán	240-245	0,50	1,29	0,15	1,00	0,13	3,24	0,58
50	Kurgán	245-250	0,50	1,29	0,16	1,02	0,13	4,57	0,62
51	Kurgán	250-255	0,50	1,32	0,16	1,02	0,13	4,57	0,58
52	Kurgán	255-260	0,50	1,29	0,16	1,02	0,13	3,80	0,62
53	Kurgán	260-265	0,48	1,26	0,15	0,95	0,13	3,47	0,56
54	Kurgán	265-270	0,49	1,26	0,16	1,00	0,12	3,47	0,55
55	Kurgán	270-275	0,48	1,26	0,16	1,00	0,12	3,24	0,56
56	Kurgán	275-280	0,48	1,29	0,16	1,02	0,13	4,07	0,59
57	Kurgán	280-285	0,49	1,26	0,16	1,00	0,13	3,31	0,60
58	Kurgán	285-290	0,50	1,26	0,16	1,02	0,13	3,98	0,60
59	Kurgán	290-295	0,50	1,29	0,16	1,05	0,13	4,27	0,62
60	Kurgán	295-300	0,48	1,23	0,15	1,00	0,11	3,24	0,59
61	Kurgán	300-305	0,47	1,20	0,15	0,98	0,12	2,63	0,51
62	Kurgán	305-310	0,47	1,20	0,15	0,98	0,12	3,80	0,55
63	Kurgán	310-315	0,46	1,15	0,14	0,95	0,11	3,55	0,50
64	Kurgán	315-320	0,46	1,20	0,15	0,95	0,12	3,72	0,52
65	Cp	320-325	0,44	1,15	0,15	0,95	0,11	3,55	0,52
66	Cp	325-330	0,43	1,15	0,14	0,89	0,11	0,59	0,49
67	K5	245-250	0,46	1,17	0,15	0,93	0,11	1,62	0,48

11.9. A Hajdúnánás-Zagolya ETA-01 kunhalom geokémiai eredményeinek normalitás vizsgálata

Változó	Shapiro-Wilk	Szig.	Változó	Shapiro-Wilk	Szig.
Al	0,864	0,000	LOI950	0,949	0,054
As	0,842	0,000	Lu	0,978	0,572
Ba	0,842	0,000	Mg	0,966	0,229
Be	0,902	0,001	Mn	0,886	0,000
Ca	0,918	0,005	Nd	0,889	0,001
Cd	0,886	0,000	Ni	0,893	0,001
Ce	0,966	0,237	Ni	0,807	0,000
Co	0,838	0,000	Pb	0,783	0,000
Cr	0,867	0,000	Pr	0,982	0,718
Cu	0,840	0,000	Rb	0,920	0,005
Cs	0,949	0,056	Se	0,963	0,179
Dy	0,907	0,002	Sm	0,947	0,045
Er	0,884	0,000	Sr	0,928	0,010
Eu	0,968	0,279	Tb	0,908	0,002
Fe	0,716	0,000	Th	0,950	0,058
Ga	0,818	0,000	Tm	0,892	0,001
Gd	0,979	0,614	U	0,901	0,001
Ho	0,888	0,001	V	0,848	0,000
K	0,973	0,390	Y	0,797	0,000
La	0,967	0,251	Yb	0,928	0,010
LOI550	0,977	0,527	Zn	0,846	0,000

11.10. A Boldesti-Gradistea kurgán geokémiai eredményeinek normalitás vizsgálata

Változó	Shapiro-Wilk	Szignifikancia	Változó	Shapiro-Wilk	Szignifikancia
Al	0,948	0,009	Mg	0,959	0,031
Ba	0,962	0,045	Mn	0,966	0,078
Ca	0,846	0,000	Na	0,896	0,000
Ce	0,975	0,226	Nd	0,946	0,008
Cr	0,900	0,000	Pb	0,947	0,008
Cu	0,528	0,000	Pr	0,942	0,005
Dy	0,951	0,013	Sc	0,967	0,088
Er	0,941	0,004	Sm	0,946	0,007
Eu	0,948	0,009	Sr	0,856	0,000
Fe	0,936	0,003	Tb	0,957	0,024
Ga	0,980	0,384	Th	0,965	0,064
Gd	0,957	0,024	Ti	0,959	0,031
Ho	0,916	0,000	Tm	0,799	0,000
K	0,974	0,202	U	0,973	0,166
La	0,946	0,007	Y	0,924	0,001
LOI550	0,877	0,000	Yb	0,928	0,001
LOI950	0,980	0,404	Zn	0,972	0,162
Lu	0,808	0,000			

11.11. Helyszíni megfigyelések jegyzőkönyvének kódrendszere

Régészeti jelenség	kód
paticstörredék v. málladék	PAT
faszén	FAS
hamu	HAM
fém tárgy	FEM
kerámiatörredék	KER
csonttárgy töredéke	CST
kőtárgy töredéke	KO
nem detektálható	O

Kiválások, konkréciók	kód
agyaghártya	AH
vasoxidhártya	VH
mangánbevonat	MH
kovászbehintés	K
gipsz	G

Ca-kiválások	kód
lepedék	LEP
ér	ER
folt	F
göbecs (löszbaba)	GOB
mészköpad	KP
csörgőkő	CS

Fe-Mn kiválások	kód
rozsdá	R
szeplő	SS
borsó	B
vivianit	V
gyepvasérc	GYE
talajvízglej	GT
vízállásglej	GV
pangóvízglej	GP

Egyéb antropogén jelenség (talajidegen anyag)	kód
tégla	TEG
beton	BET
recens fém tárgy	RFE
műanyag v. egyéb hulladék	MUA
nem detektálható	O

Lejtő	kód
0-5%	1
5-12%	2
12-17%	3
17-25%	4
25%	5

Fekvés	kód
lejtő felső harmad	LFH
lejtő középső harmada	LKH
lejtő alsó harmada	LAH
lejtőpihenő	LP
plató	P
völgy	V
hullámtető	HT
hullámoldal	HO
hullámvölgy	HV
mikromagaslat	MG
mikromélyedés	MM
sík	S

Erózió, defláció	kód
nem erodált	1
gyengén erodált	2
közepesen erodált	3
erősen erodált	4
talajképző kőzetig erodált	5
lehordott talaj felhalmozódási terület	6
defláció veszélyeztetés	7
padkásodás	8

Egyéb kiválások	kód
humusz bemosódás	HB
humusznyelv	HNY
gilisztajarat	GJ
krotovina	KR
sok	S
kevés	KEV
gyengén	GY
erősen	E
vékony	VEK
vastag	VAS
apró	A
nagy	N
puha	P
kemény	KEM
foltos	FL
eres	ERS
porszerű	POR
kristályos	KRI

Szerkezet	kód
poliéderes	POL
diós	D
morzsás	M
szemcsés	SZ
rögös	R
hantos	HAN
hasábos	H
prizmás	PR
oszlopos	OS
leveles	LEV
lemezes	LEM
táblás	T
réteges	RET
pikkelyes	PIK
lencsés	L
rostos	ROS
nemezserű	N
porózus	POR
csöves	CS
szerkezet nélküli	O
gyengén szerkezetes	GYSZ
közepesen szerkezetes	KSZ
erősen szerkezetes	ESZ
apró	A
durva	DU

A szelvény morfológiai leírása	kód
fekete	F
szürke	SZ
barna	B
sárga	S
okkersárga	OS
vörös	V
fehér	FEH
kékes	K
zöldes	Z
fakó	FK
világos	VIL
sötét	SOT
tarka	T
gyengén tarka	GYT
közepesen tarka	KT
erősen tarka	ET
foltosan tarka	FT
csíkosan tarka	CST
márványosan	MT
hálósan tarka	HT
mozaikosan tarka	MZT

Talajhibák	kód
nincs talajhiba	1
tömör kőzet	2
gyengén mállot közettörmelék	3
laza kavics, murva, durva homok	4
cementált kavics, murva, homokkő	5
mészköpad, padka	6
vaskőfok, babérc, gyepvasérc	7
glejes réteg (magas átlagos talajvíz)	8
mészfelhalmozódás	9
szikesség	10

Egyéb maradvány (nem meghatározható korú)	kód
halcsont	HAL
kagyló, csiga	MOL
kisállatcsont	KCS
egyéb csont	ECS
rovar maradvány	ROV
tojáshéj	TOJ

kitettség (kód)
D, DNY
NY, ÉNY, K, DK
É, ÉK
D, DNY
NY, ÉNY, K, DK
É, ÉK

Tömődöttség	kód
omlós	O
laza	L
enyhén tömődött	ET
tömődött	T
erősen tömődött	ERT
igen erősen tömődött	IET
tömör (cementálódott)	TR
eketalp	EKT

Nedvesség	kód
száraz	SZ
friss	F
nyirkos	NY
nedvesség	N
sáros (vizes)	S

Pezsgés	kód
nincs	-
nyomokban	NY
gyenge	GY
közepes	K
erős	E
igen erős	IE

Fizikai talajféleség	kód
durva homok	1
homok	2
homokos vályog	3
vályog	4
agyagos vályog	5
agyag	6
nehéz agyag	7
kotu, tőzeg, nagy szerv. tart. képz.	8
durva vázrészek	9

Gyökérzet	kód
nincs gyökér	O
kevés gyökér	K
közepes gyökér	KÖZ
sok gyökér	S
gyökerekkel nemezszerűen átnőtt	N
hajszálgyökerek	H
deformált gyökerek	D

Átmenet	kód
éles	É
határozott	H
fokozatos	F
elmosódott (diffúz)	D
színben	SZI
mechanikai összetételben	M
szerkezetben	SZ
tömődöttségben	T