



**SOPRONI
EGYETEM** |

**ERDŐMÉRNÖKI
KAR**



Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa 2024

Szerkesztette: Czimmer Kornél, Vágvolgyi Andrea, Kovács Gábor

Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa 2024

Szerkesztette:

Czímber Kornél, Vágvölgyi Andrea, Kovács Gábor



SOPRONI EGYETEM KIADÓ

SOPRON, 2025

Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa 2024

Felelős kiadó: **Prof. Dr. Fábián Attila**
a Soproni Egyetem rektora

A kiadványt szerkesztette:
Dr. Czimmer Kornél, Dr. Vágvolgyi Andrea, Dr. Kovács Gábor

A kiadványban megjelent cikkeket lektorálták:

Dr. Ambrus András, Dr. Bazsó Tamás, Dr. Bidló András, Dr. Brolly Gábor, Dr. Csiszár Ágnes, Csépanyi Péter, Dr. Czimmer Kornél, Elekné Dr. Fodor Veronika, Dr. Folcz Ádám, Dr. Frank Norbert, Dr. Führer Ernő, Dr. Gribovszki Zoltán, Dr. Heil Bálint, Dr. Herceg András, Dr. Horváth Tamás, Dr. Illés Gábor, Dr. Jánoska Ferenc, Dr. Kalmár Sándor Flóris, Dr. Király Géza, Dr. Korda Márton, Dr. Kovács Gábor, Dr. Polgár András, Dr. Pájer-Gálos Borbála, Szalai Áron, Szász Botond, Dr. Tari Tamás, Dr. Tuba Katalin, Dr. Vityi Andrea, Dr. Zagyvai Gergely, Zagyvainé Dr. Kiss Katalin Anita

A kiadvány a 2024-es Erdészeti Tudományos Konferencián elhangzott előadásokhoz közvetlenül kapcsolódó tudományos publikációkat tartalmazza.

Címlapon: Bükk-vidék, Szalajka-völgy, fotót készítette: Dr. Czimmer Kornél

Soproni Egyetem Kiadó

Sopron, 2025.

ISBN 978-963-334-565-8 (pdf)

<https://doi.org/10.35511/978-963-334-565-8>

Creative Commons license: CC BY-NC-SA 4.0 DEED



Az online verzió elérhetősége:

https://emk.uni-sopron.hu/images/dekani_hivatal/Kiadvanyok/ETK_2024.pdf

Ajánlott hivatkozás:

Czimmer K., Vágvolgyi A., Kovács G. (szerk.) (2025): Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa 2024, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron.

Tartalom

Ács Norbert, Czímber Kornél: Fafajosztályozás eltérő időpontú és geometriai felbontású műhold- és légifelvételek alapján.....	7
Ágoston Hunor, László Richárd: Varjúfélék által hordozott jelentősebb patogének.....	14
Ágoston Hunor, László Richárd: A dolmányos varjú táplálkozásbiológiája.....	20
Balázs Pál, Horváth Adrienn, Végh Péter, Katona Máté, Bidló András: Tátika Erdőrezervátum felszínborításának változása történeti térképek alapján.....	26
Borovics Attila, Illés Gábor, Fonyó Tamás, Kottek Péter, Király Éva: Alkalmazkodás és a klímaváltozás mérséklése az erdészeti- és faipari szektorban.....	32
Brolly Gábor: Point2Pixel: Egy alkalmazás LiDAR adatok képfarmátumra történő átalakítására.....	40
Csóka Gergely: Zöldfelületek jelentősége az éghajlatvédelmi hatásvizsgálatok és kockázatelemzések során, budapesti kerületek példáján.....	46
Dominkó Emese, Kovács Zoltán, Rétfalvi Tamás: A GreenBee Projekt referencia területeiről származó pollenek vizsgálati eredményei.....	55
Frank Norbert: Erdészeti hatóság szakcionáló döntései.....	63
Gergál-Gombási Mónika, Hernádi Hilda Ágnes, Heil Bálint: A talajtulajdonságok változásának vizsgálata biológiai rekultiváció hatására az iharkúti bányarekultiváció területén.....	68
Gribovszki Katalin, Rábai Dóra, Bazsó Tamás, Szalai Sándor, Brolly Gábor: Sértetlen, de sérülékeny gyertyaszál alakú állócseppkő digitális háromdimenziós alakjának elkészítése barlangi lézerszkenneléssel történő adatgyűjtés felhasználásával a Detrekői-zsombolyban (Szlovákia).....	76
Herceg András, Kalicz Péter, Nejc Bezak, Klaudija Lebar, Katarina Zabret, Zagvyainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: Az éghajlatváltozás hatása egy bükkös lombkorona-intercepciójára.....	87
Horváth Attila László, Szakálosné Mátyás Katalin: Szimulátoros gépkezelő képzés kezdeti tapasztalatai Ponsse Fox és Ponsse Ergo harveszter esetében.....	93
Horváth Béla, Major Tamás: Gödörfúró robot alkalmazásának teljesítmény- és költség-elemzése.....	100
Horváth Bálint, Scherer Zoltán, Körösi Ádám, Bolla Bence, Molnár Ta-Más, Szentirmai István: A sápadt szemeslepke (Lopinga achine (Scopoli, 1763)) őrségi populációinak ökológiai jellemzői és élőhelyfejlesztési irányvonalai.....	106
Horváth Ferenc, Bakó Gábor, Bidló András, Bíró Attila, Csicsék Gábor, Kovács Gábor, Mányoki Gergely, Molnár Csaba, Papp Mónika, Szegleti Zsófia, Vig Ákos, Vig Tamás, Bölöni János: A Kékes Erdőrezervátum őserdő-maradványának faállománya.....	113
Indic Boris, Sipos György: Kárpát-medencei fehérkorhasztó gombák faanyag-bontó képességeinek genomikai szintű összehasonlító vizsgálata.....	121
Jagodics Anikó, Führer Ernő: Időjárás hatása a humusz szervesanyagára zalai bükkösökben.....	128
Janzsó Milán Gábor, Vágvolgyi Andrea: Szelektív hulladékgyűjtés népszerűsítése applikáció segítségével.....	135

Peter Kalicz, Abdelbagi Y. F. Adam, Zoltan Gribovszki: Initial Time Series Analysis of Climate Variability in White Nile State, Sudan, From 1981 to 2021	142
Kapocsi Gergely, Horváth Sándor, László Richárd: A vadállomány nagyságának és összetételének hatása a vadászati jog haszonbérleti díjára.....	149
Katona Máté, Végh Péter, Balázs Pál, Bidló András, Horváth Adrienn: A talajok víztartó- és vízszolgáltató képességének vizsgálata Fenyőfő község határ erdeiben	153
Kéri Katalin: Erdők, fafajok és fafelhasználás a firenzei kódexben.....	159
Kertész Péter, Király Géza: Fafajosztályozás idősoros multispektrális felvételek alapján.....	167
Király Éva, Borovics Attila: A fatermékek termék- És Energiahelyettesítési hatásainak számszerűsítése	178
Király Géza, László Richárd, Bende Attila: Mezei nyúl (<i>Lepus europaeus</i> P.) számlálás lehetőségei hőkamerás felvételek felhasználásával.....	185
Király Géza, Vityi Andrea: UAV-s felmérések a REFOREST projekt keretében	196
Kocsis István Attila., Zsuposné Oláh Ágnes, László Zoltán, Juhász Evelin Kármén, Mokos Béla, Tállai Magdolna, Sándor Zsolt: A teljes talaj-előkészítés hatása a feltalaj szervesanyag-tartalmára erdőfelújítás esetén a Dél-Nyírségben.....	202
Kollár Tamás: Új erdőnevelési modell táblák az új fatermési táblák alapján	210
Kollár Tamás: Fatermési táblák és függvények paraméter készlete a magyarországi fafajok erdőállományinak becsléséhez	216
Kovács Márk Ferenc: Élőhely-fragmentációs hatások megítélése Magyarországon szakirodalmi adatok alapján	224
Kökény Gergely, Szekrényes Tamás, Kalicz Péter: A fák törzsátmérő változásának mérése újszerű módszerrel, a nedváramlással és a meteorológiai adatokkal összefüggésben.....	235
László Richárd: A közép fokú duális képzés első tapasztalatai az erdészeti ágazatban.....	240
Major Tamás, Hári Zsolt, Horváth Béla: Erdősítésben alkalmazott gödörfúró robot jellemzése és üzemeltetésének eddigi tapasztalatai.....	245
Molnár Tamás, Szabó András, Horváth Bálint, Bolla Bence: Országos szintű aszályfelmérés Sentinel-2 űrfelvételeken	250
Muraközy Lili, Kiss Márton, Kalicz Péter, Gribovszki Zoltán: A soproni botanikus kerti állomás adatainak hidrometeorológiai célú elemzése	256
Nagy Eszter, Zám Izabella: Vadfajok lakott-területi előfordulása Sopronban	264
Ormos Balázs: Erdészeti erdei iskolák erdőmérnöki szemlélettel.....	270
Rácz Viktor, Szajkó Gabriella, Kis András, Paizs László: Áröszöntőzök szerepe a széndioxid-megkötés fokozásában a magyarországi erdőgazdálkodásban	276
Sárközy Áron, Jánoska Ferenc, Sándor Gyula, Bende Attila: Az örvös galamb (<i>Columba palumbus</i> L.) terítékadatainak elemzése Magyarországon.....	284
Somogyi Zoltán: Hogyan dolgozhatjuk ki a legjobb klímaváltozási stratégiát??	291
Szabó Márton, Király Géza: Sentinel 2 alapú szolgáltatásszerű fafajosztályozás összevetése az Országos Erdőállomány Adattár adataival.....	299
Szakálosné Mátyás Katalin, Szélessy Tünde, Zagyvai Gergely: Marteloscope mintaterület kialakítása és felvételezésének előzetes eredményei a Soproni-hegységben	306

Szalai Áron, Király Géza, Brolly Gábor: Terepi referencia mérések ellenőrzése légi lézeres felmérések alapján	315
Szász Botond, Czimmer Kornél, Király Géza: Digitális domborzatmodell-elemzés a Dudlesz-erdő területén a SoilSense projekt keretein belül	322
Vágvölgyi Andrea, Csiszár Ágnes, Király Géza, Polgár András, Tuba Kata-Lin, Winkler Dániel, Vityi Andrea: Agrárerdészeti ökoszisztéma szolgáltatásainak modellezése és gazdasági integrációja	327
Vágvölgyi Andrea, Hofmann Tamás, Polgár András, Rétfalvi Tamás, Tuba Katalin, Visiné Rajczi Eszter, Vityi Andrea: Agroökológiai stratégiák a gyomkorlátozásban.....	332
Végh Péter, Balázs Pál Horváth Adrienn, Bidló András: A szerves szénkészlet megkötésének és tárolásának vizsgálata Külső Somogy és Tolna–Baranyai Dombvidék erdőállományai talajában.....	338

A TALAJTULAJDONSÁGOK VÁLTOZÁSÁNAK VIZSGÁLATA BIOLÓGIAI REKULTIVÁCIÓ HATÁSÁRA AZ IHARKÚTI BÁNYAREKULTIVÁCIÓ TERÜLETÉN

Study of changes in soil properties under biological reclamation in the Iharkút mine reclamation area

GERGÁL-GOMBÁSI MÓNKA¹, HERNÁDI HILDA ÁGNES², HEIL BÁLINT³

¹Bakonyerdő Zrt.

²HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani Intézet Talajfizikai és Vízgazdálkodási Osztály

³Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

gombasi.m@bakonyerdo.hu

Kivonat

2021-ben az iharkúti bauxitbánya – 1990, illetve 2006 környékén – rekultivált területén vizsgáltuk a rekultiváció talajfejlődésre gyakorolt hatásait gyepen, valamint eltérő korú és fafajösszetételű erdőterületen.

Hét talajszelvény feltárásából származó minták különböző fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait vizsgáltuk, amiből kiemelendő az elemanalizátoros TC, TIC és TN-, a humuszminőség (E4/E6 színarány) - és enzimaktivitás (FDA)-mérés.

A feltárt talajszelvények a fizikai tulajdonságok tekintetében rendkívül változatosak voltak; kémhatásuk viszont magas mésztartalmuk mellett egységesen gyengén lúgos volt.

Az enzimaktivitás mérések eredményei alapján a biológiai aktivitás beindult a rekultivált talajban és a felső 20 cm-es rétegben a talajok korával arányosan nőtt.

A humuszminőség tekintetében a szelvényben lefelé haladva a kisebb molekulásúlyú humuszanyagok dominálnak, vagyis az ember által alakított humuszcsepeztésben a humuszanyagok stabilizálása fentről lefelé folyik.

A C/N arány alapján azt feltételezzük, hogy a fiatal állományok alatt a kis mennyiségű avaranyag aktív lebomlása indult meg, míg az idősebb állományoknál beállt egy egyensúlyi értéket jobban tükröző arány a szervesanyag különböző frakciói között, illetve egy egyensúlyi állapot a humuszképződés és mineralizáció között.

A két művelési ág talajképződésre gyakorolt hatása között nagyságrendi különbséget nem találtunk, de eltérést tapasztaltunk mutatkozott az enzimaktivitás és a humuszminőség esetében is. A 14 éves gyep felső 10 cm-es rétegben az enzimaktivitás a 30 éves erdőállományok értékeihez hasonló volt; viszont a humuszminőséget jellemző színarány esetében a 10-20 cm-es rétegben kiugró értékeket mértünk az erdő alatt mért eredményekhez képest, ami rosszabb minőségű humuszanyagok képződésére utal.

Végül az is megállapításra került, hogy az egyes talajtulajdonságok interakciója, valamint a rekultiváció óta eltelt idő meghatározóbb szerepű volt, mint a faállomány összetétele.

Abstract

In 2021, we investigated the effects of reclamation on soil development in the area of the Iharkút bauxite mine reclaimed around 1990 and 2006, on grassland and forested areas of different age and tree species composition.

From the excavation of seven soil profiles, various physical, chemical and biological properties of the samples were investigated, with particular emphasis on elemental analyser

measurements of TC, TIC and TN, humus quality (E4/E6 colour ratio) and enzyme activity (FDA).

The excavated soil profiles were highly variable in terms of physical properties; however, their chemistry was uniformly slightly alkaline with a high carbonate content.

The results of the enzyme activity measurements indicate that biological activity was initiated in the reclaimed soils and increased in the upper 20 cm layer in proportion to the age of the soils.

In terms of humus quality, humic substances with lower molecular weight dominate downwards in the profile. The stabilisation of humic substances in the humic layer formed by human activity is from top to bottom.

Based on the C/N ratio, it is assumed that the active decomposition of small amounts of organic matter has started under the young stands, while in the older stands a more stabilised ratio has formed between the different fractions of organic matter, and an equilibrium state has been reached between humus formation and mineralisation.

No difference in magnitude was found between the effects of the two land uses on soil formation, but the difference was detectable in enzyme activity and humus quality. Enzyme activity values in the top 10 cm layer of the 14 year old grassland was similar to those of the 30 year old forest stands; however, the colour ratio for humus quality in the 10-20 cm layer showed more outlier values than the results under the forest, indicating lower quality humus.

Finally, it was found that the interaction of soil properties and the time since reclamation played a more important role than the composition of the forest stand.

Bevezetés

Vizsgálatainkat az iharkúti bauxitbánya (Veszprém vármegye, Magas-Bakony) rekultivált területén végeztük, ahol 1975-ben kezdték meg a külszíni termelést, és a bánya mintegy 30 éves működése alatt 6,4 millió tonna bauxitot és 28 millió m³ meddő anyagot termeltek ki.

A külszíni bányászat olyan antropogén tevékenység, mely drasztikusan megváltoztatja a talaj korábbi profilját, fizikai, kémiai, biológiai tulajdonságait és a talajképződés folyamatait (MCSWEENEY – JANSEN, 1984). A felhagyott bányaterületeket a bányatörvény értelmében helyre kell állítani, és újrahasznosításra alkalmas állapotba kell hozni. Ez a helyreállítás műszaki és biológiai rekultivációból áll. Az újrahasznosítás elsődleges célja az eróziós károkat csökkentő növénytakaró kialakítása (KÁROLY et al., 2006). A növényzet megtelepedése alapvető feltétele a talajosodási folyamat megindulásának: a talajra és talajba jutó szervesanyag indítja el a humusréteg kialakulását, de a humuszképződésen túl az ásványi rész is fizikai és kémiai változáson megy át (STEFANOVITS, 2003).

Iharkúton a biológiai rekultiváció részben gyepesítéssel, részben erdőtelepítéssel történt. Utóbbi két nagy hullámban valósult meg: 1990, illetve 2006 környékén. A tájrendezés során a dőlés kialakítása a későbbi hasznosításnak megfelelően történt: gyep esetén 0-10°, erdőnél 0-20° közötti lejtőszöggel. A tereprendezés után humuszerítést végeztek.

A gyepesítés előtt a talaj felső 10-15 cm-es rétegéből kiszedték a köveket, lazítást végeztek, majd műtrágya szórás-bedolgozás következett. A fűmagot 1-4 cm mélyre vetették, végül betömörítették az egész területet erózió elleni védelem céljából. A lejtős területeken a vetés szintvonalban történt.

Az erdőtelepítések területén általánosan kb. 20 cm vastagságban került meddő visszaterítés sokszor közvetlenül a tömör alapkőzetre. A feltöltések anyagai változatosak voltak, illetve a területek kitettségekben és lejtésükben is nagyon heterogének. A lejtős részeken padkázás,

a füves területeken tányérozás, míg a tömörödött területeken altalajlazítás történt. A lejtés függvényében gépi vagy kézi csemeteültetést végeztek fekete-, erdeifenyő, szürke nyár, rezgő nyár vagy fehér akác fajokkal (KÁROLY et al., 2006).

Vizsgálataink során egy gyeperület, valamint eltérő korú és fajösszetételű erdőállományok talajait hasonlítottuk össze helyszíni és laborvizsgálati eredmények alapján. Mivel ezek a talajok fejlődésük kezdetén állnak, az alap talajfizikai és -kémiai tulajdonságok vizsgálata mellett olyan paramétereket kerestünk, amelyek jól mutatják a rövidtávú változásokat is; így esett a választás a humuszminőség és az enzimaktivitás mérésére. A fluorescens diacetát hidrolízisén alapuló (továbbiakban FDA) módszer az összes katabolikus aktivitást mutatja, ami a humuszképződés kezdeti fázisára jellemző elsősorban, míg a humuszminőség (E4/E6) változása mutatja a humuszosodás folyamatának mértékét, minőségi változásait.

A fellelhető szakirodalmak alapján megállapítható, hogy a fenti két talajvizsgálati módszer esetében az adatok elsősorban mezőgazdasági területekről származnak, kevés tapasztalat áll rendelkezésre erdőterületről. Ennél is kevesebb kutatást folytattak rekultivált talajokon; és e kutatások jelentős része a szénbányákkal foglalkozik, amik adottságaikat tekintve (pl. savanyú kémhatás) jelentősen eltérnek a mi talajainktól.

A vizsgálatok célja annak megállapítása volt, hogy a kor előrehaladtával miként változnak a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságai; milyen összefüggés van az egyes paraméterek között; valamint a kultúra, fajösszetétel milyen befolyással bír ezekre a tulajdonságokra?

Anyag és módszer

A vizsgált helyszínek fontosabb adatait az 1. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat: A vizsgált helyszínek adatai

Föld-használat	Hely (hrsz. /erdőrészlet)	Talajszelvény koord. (EOV X, Y)	Rekultiváció óta eltelt idő (év)	Vegetáció (jellemző faj és elegyarány%)	Tszfm. (m)	Lejtés (°)
gyep	Bakonyjákó-Iharkút 0126/1 hrsz.	211837, 543748	14	gyep	380-390	0-2
erdő	Németbánya 5 G (alsó – lejtő alja)	210712, 544574	15 (8)	erdeifenyő (60%), fekete-fenyő (10%), szürkenyár (30%)	400-430	2-5
	Németbánya 5 G (felső – lejtő teteje)	210857, 544656			400-430	25-30
	Bakonyjákó-Iharkút 66 A	211610, 543524	14	feketefenyő (90%), rezgőnyár (5%), akác (5%)	330-390	5-20
	Németbánya 51 A	211328, 544177	15	feketefenyő (100%)	360-400	5-10
	Bakonyjákó-Iharkút 23 G	211780, 544490	31	feketefenyő (100%)	420-430	2-5
	Németbánya 4 C	211476, 544387	32	erdeifenyő (100%)	390-410	2-5

A helyszínek kiválasztásánál az volt a szempont, hogy a rekultivációs területen különböző korú és fajú erdőterületek és gyepterület talajait hasonlítsunk össze egymással. Így a vizsgált területek között szerepel 8 éves erdő, 14 éves gyepterület, 14-15 éves erdő és 31-32 éves erdő (fajokat ld. 1. táblázat: A vizsgált helyszínek adatai). (A Németbánya 5 G erdőrészletben a faállomány kora nyolc év, mivel 2012-ben a domboldal lecsúszott, ezért a csemeték újratelepítésére volt szükség.)

A 7 talajszelvény (ásott szelvények) feltárására és leírására 2021. március 9-én került sor. A helyszínen bemértük a talajszelvények koordinátáit és leírtuk a szelvény környezetét: a tengerszint feletti magasságot, kitettséget, lejtést, domborzatot és az erózió mértékét. A

szelvényt letisztítottuk, majd szín, szerkezet, szövet, tömödöttség, váztartalom alapján a talajt rétegekre osztottuk (mesterséges talajképződménynél nem beszélhetünk szintekről).

A laboratóriumi vizsgálatokhoz rétegenként – változó mélységig – bolygatott talajmintát vettünk, bezacsizóztuk és mintaazonosítóval láttuk el őket. A humuszminőség és enzimaktivitás vizsgálathoz 30 cm mélységig 10 cm-enként is történt további mintavétel.

A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak mérése az MSZ-08-0205:1978 szabvány, illetve BUZÁS (1993) módszerkönyve; míg a kémiai tulajdonságok mérése az MSZ-08-0206-2:1978 szabvány, illetve BUZÁS (1988) módszerkönyve szerint történt.

A humuszminőség mérésére KONONOVA (1966) alapján az E4/E6 módszert használtuk, a mérést 3 ismételtsben végeztük. A módszer lényege, hogy a talajból 0,5%-os NaOH oldattal kioldjuk a humuszanyagokat, majd 465 és 665 nm hullámhosszaknál mérjük a NaOH-os humuszkoncentrációk fényelnyelését (üvegküvetával).

Az FDA-mérés SCHNÜRER – ROSWALL (1982) módszere szerint történt, két ismételtsben a szórás ellenőrzésére. A módszer a talajhoz adott fluoreszcein-diacetát oldatból – a talajmikrobák és talajenzimek lebontó tevékenysége során – keletkező fluoreszcein mérésén alapul 24°C-on, inkubálást követően. A fluorogén anyagok enzimatikusan átalakulnak fluoreszcens termékekké, amelyek láthatóvá válnak akár fluoreszcens mikroszkóppal is. A technika az aktív mikrobák festésére használható a talajban. A módszertől annyiban térünk el, hogy száraz minták helyett hűtőben tárolt nedves minták enzimaktivitását mértük, ami jobban mutatja az aktuális mikrobiális tevékenységet (DICK – KANDELER, 2005).

A statisztikai vizsgálatokat az SPSS 20.0 próbaverzióval, illetve MS Excellel végeztük el. A mérési eredmények összehasonlítását, a kor és mélység szerinti eltérések értékelését egy-egy szempontos varianciaanalízissel és Duncan teszttel; a minták fizikai, kémiai és biológiai jellemzői közötti összefüggéseket pedig Pearson-korreláció analízis alapján értékeltük.

Eredmények

A helyszíni vizsgálatok értékelése:

A feltárt és megmintázott talajszelvények nagyon vegyes képet mutattak, ami azt tükrözi, hogy a feltöltéshez használt meddő- és humuszanyag is nagyon változatos volt.

Ami jellemző minden szelvényre, hogy kémhatásuk gyengén lúgos, nagy karbonát-tartalmúak és kisebb-nagyobb mértékben tartalmaznak vázat. Fizikai talajféleségek közül előfordult a homokos vályog, vályog, agyagos vályog, agyag, nehéz agyag és törmelék is. Egy szelvény kivételével a legnagyobb humusztartalmú, sötétebb színű réteg mindig a felső réteg volt. Néhány szelvényben találtunk kiválást, másodlagos képződményt, ezek vas-, mangán- vagy mészkiválások voltak. A szelvények gyökerezettsége is eltérő volt, néhol 50 cm-ig tartott, másutt viszont 120 cm-nél is megtaláltuk a gyökereket. Általában a felső vagy felső 2-3 réteg volt csak lazább, alatta viszont erős tömödöttség volt jellemző.

Laborvizsgálatok kiértékelése:

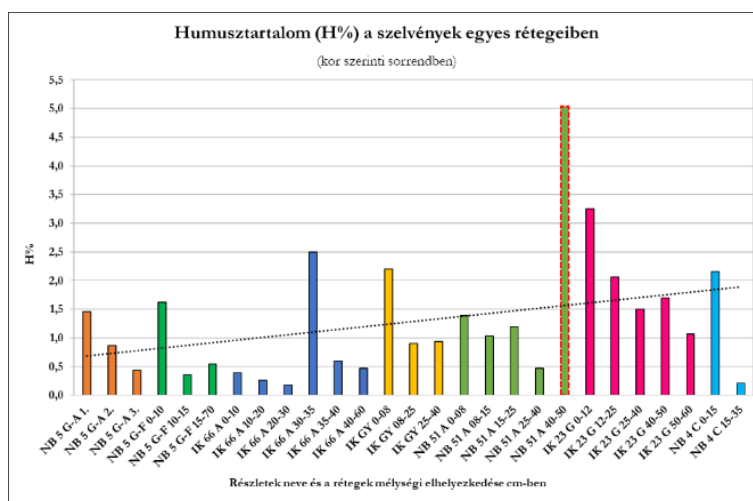
Az Arany-féle kötöttség alapján megállapított *fizikai talajféleségek* többnyire összhangban voltak a terepen meghatározott fizikai féleséggel. Néhol 1-1 kategóriányi eltérés volt, amely a talajban lévő váztartalomnak, málladékoknak (pl. porló dolomit) tudható be.

A *nedvességtartalom* mérés csak egy pillanatnyi állapotot jelölt, viszont mutatta, hogy más paraméterekre nem volt korlátozó hatással.

A terepen és laboratóriumban megállapított *váztartalom* között kisebb-nagyobb eltérés mutatkozott (a helyszínen többször alábecsültük). A laboratóriumban vizsgált minták – egy kivétellel – tartalmaztak durva vázrészeket, ezek mennyisége 4-41% között változott.

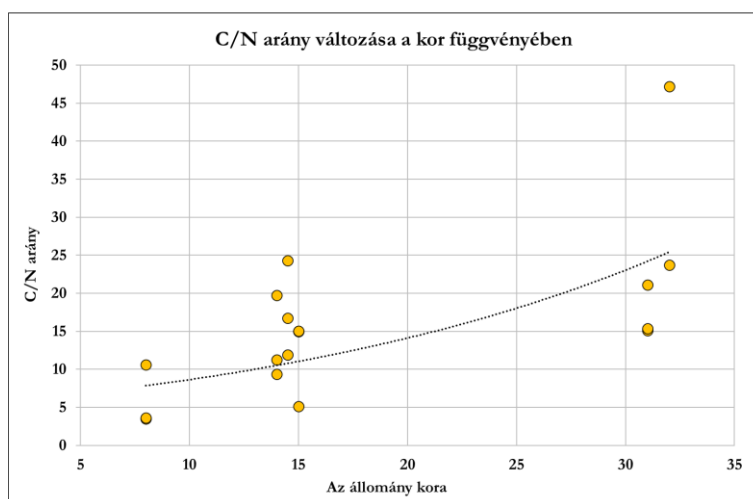
A talajminták desztillált vizes pH értékei 7,66 és 8,44 közöttiek, tehát minden szelvény és réteg gyengén lúgos *kémhatású*. Általánosság szerint elmondható, hogy a szelvényekben lefelé haladva nőtt a kémhatás.

A szelvények mindegyik rétege erős pezsgést mutatott a terepi vizsgálatkor, amit a laboratóriumi mérések is megerősítettek. A CaCO_3 -tartalom 10,3-54,1% között változott; a vizsgált talajminták 40%-ában elérte a talajhibának (erdő esetén) számító határértéket. A terület természetes talajainak *humusztartalma* a most mért értékeknél jóval magasabb lehetett, de a kor előrehaladtával már látható a humusztartalom növekedése elsősorban a szelvények felső rétegében (1. ábra).



1. ábra: Humusztartalom (H%) a szelvények egyes rétegeiben

A *C/N arány* a szelvényeken belül a mélységgel többnyire (kivéve 5 G-felső, 51 A), illetve az állományok korával növekszik (2. ábra). Az arány szelvényen belüli változása a humuszanyagok minőségi változásaival is összefüggésbe hozható.

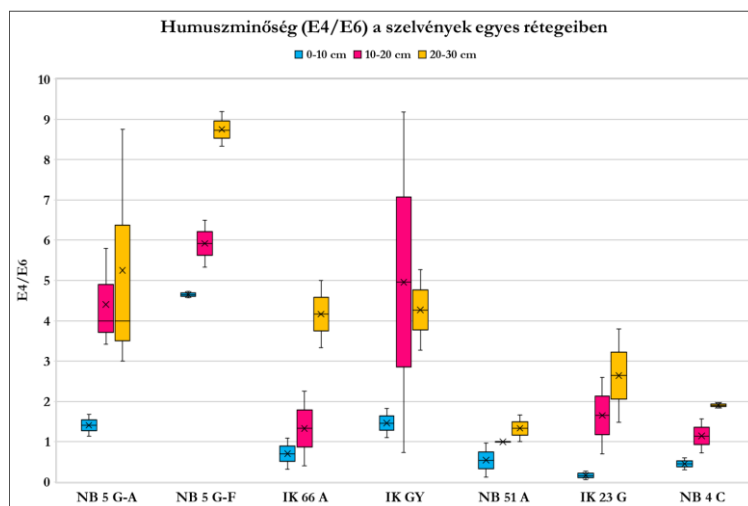


2. ábra: C/N arány változása a kor függvényében

A varianciaanalízis eredménye szerint a különböző szelvények rétegeinek *humuszminősége* (E4/E6 színarány) egymástól szignifikánsan eltér ($p < 0,05$). A színarányok értékelésénél

CHEN et al. (1977) megállapításait követve a molekulák polimerizáltságára, és ezzel párhuzamosan a talajfejlődés előrehaladottságára következtettünk.

Esetünkben minden szelvényben a felső 10 cm-es rétegben mértük a legalacsonyabb arányszámot, ami azt mutatja, hogy a hasonló körülmények között hasonló humuszosodási folyamat indult be, csak különböző mértékben előrehaladott. Lefelé haladva a szelvényben az arányszámok átlaga nőtt a gyep kivételével. Általánosságban eredményeink azt mutatják, hogy lefelé a kisebb molekulásúlyú humuszanyagok (elsősorban fulvósavak) dominálnak, valamint az ember által alakított – egyszerre teljes vastagságában elterített – humuszrétegben a humuszanyagok stabilizálása fentről lefelé folyik (3. ábra).



3. ábra Humusminőség (E4/E6) a szelvények egyes rétegeiben (kor szerinti sorrendben)

A humusminőséget az idő függvényében vizsgálva azt láthatjuk, hogy minél idősebb a re-kultivált talaj, az arányszámok annál inkább csökkennek mindhárom rétegben, vagyis az idő előrehaladtával a könnyen bontható vegyületek aránya minden vizsgált rétegben csökken, a nagyobb molekulásúlyú, tartós humuszformák kialakulása fokozódik.

A különböző szelvények rétegeinek *enzimaktivitása (FDA)* egymástól szignifikánsan eltér a varianciaanalízis eredménye szerint. A 0-10 cm-es rétegben a Duncan-teszt eredménye alapján elkülönülő csoportot alkot a 23 G (A cs.), a gyep és a 4 C (AB cs.), illetve az 5 G felső szelvénye (B cs.), vagyis a 30 éves állományokban (23 G, 4 C) és a gyepen magasabb az aktivitás, mint a 15 éves állományokban, illetve a 8 éves állomány alsó szelvényében.

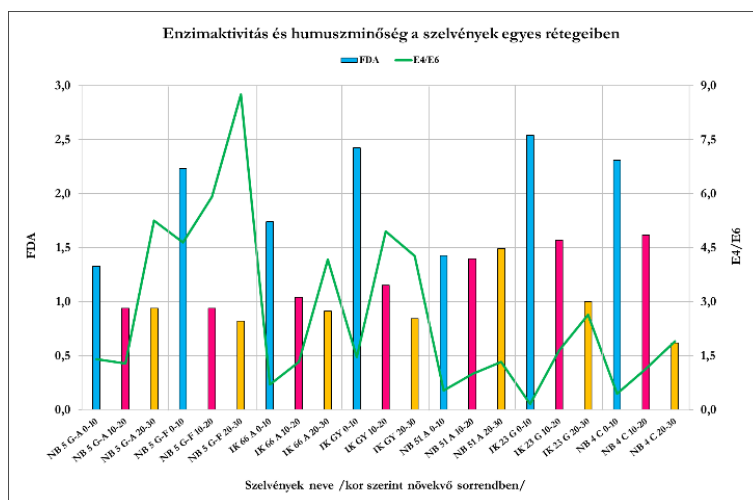
A gyep esetében a magasabb aktivitás magyarázatául szolgálhat, hogy a talaj hőmérséklete magasabb lehet, mint a zárt erdők alatt (KURÁZ et al., 2012), míg az 5 G felső szelvénye esetében azt feltételezzük, hogy a szelvény szomszédságában lévő idős (bányászati tevékenység által nem érintett), lombos fajokból álló természetközeli erdőkből a mikrobák, növények és állatok visszatelepülése könnyebben megtörténhet, mint a részlet alsó részén.

A 0-20 cm-es rétegben a kor előrehaladtával növekszik, a 20-30 cm-es rétegben alacsony szinten stagnál, míg a szelvényeken belül a mélységgel csökken az enzimaktivitás (4. ábra).

A Pearson-korreláció analízis eredménye szerint a pH(H₂O), H%, TN és TOC-tartalom és az enzimaktivitás értékek között szignifikáns összefüggés tapasztalható. A vizes pH-val viszonylag szoros fordított arányosságot ($r = -0,675^{**}$); míg az összes nitrogén(TN)-, összes szerves szén(TOC)- és humusztartalommal (H%) pozitív összefüggést mutat az enzimaktivitás ($r = 0,740^{**}$, $0,666^{**}$, illetve $0,658^{**}$).

A színarány gyenge negatív irányú kapcsolatban van a TN és TOC értékével. Bár a színarány és enzimaktivitás között csak közepes a lineáris összefüggés szorossága, e két paraméter

ellentétes irányú változása szembeűnő (4. ábra Az enzimaktivitás (FDA) és humuszminőség (E4/E6) a szelvények egyes rétegeiben).



4. ábra Az enzimaktivitás (FDA) és humuszminőség (E4/E6) a szelvények egyes rétegeiben

A C/N arány csak az Arany-féle kötöttségi számmal mutat egy gyenge-közepes – negatív irányú – kapcsolatot, mégis szükséges a figyelembevétele a humuszminőség és enzimaktivitás kapcsolatának elemzésekor. Az eredmények alapján arra lehet következtetni, hogy a legfiatalabb állományok alatt a kis mennyiségű avaranyag lebomlása indult meg (humuszképződés lebontási szakasza), míg az idősebb állományokban tapasztalt optimális C/N arány arra utal, hogy beállt egy egyensúlyi értéket jobban tükröző arány a szervesanyag különböző frakciói között, illetve egy egyensúlyi állapot a humuszképződés és mineralizáció között.

A különböző állományok enzimaktivitás értékeiben jelentős különbségek nem mutatkoztak, valamint a színarány értékeit sem tudtuk az állományjellemzőkkel magyarázni.

Következtetések

Az eredmények kiértékelésekor nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a kapott értékek egy kiragadott időpillanatban mutatják a talaj állapotát, és maguk a mért paraméterek is dinamikusan változó tulajdonságok; értem ezalatt, hogy az enzimaktivitás az év különböző szakaszaiban is eltér, a humuszminőség és a C/N arány pedig folyamatosan változik, alakul a humuszképződés lebontó és építő fázisában. Ezek alapján nehéz egyértelmű következtetéseket levonni, és jelen tanulmány esetében is látható, hogy némelyik szelvényre vonatkozóan ellentmondásos eredményeket is kaptunk.

Az enzimaktivitásnál egyértelmű növekvő tendencia mutatkozik a felső két rétegben az állományok korával, de a legmagasabb értékek közé bekerült a gyepek és az 5 G-felső szelvények (8 éves).

A gyepek magasabb aktivitását a nagyobb besugárzásnak és hőmérsékletnek tulajdonítottuk irodalmi adatok alapján, de mérés erre vonatkozóan nem volt. A színarány a 10-20 cm-es, a C/N arány pedig a 20-30 cm-es rétegben kiugróan magas volt.

Az 5 G-felső szelvényben a magasabb aktivitás értéket a szomszédos – bolygatatlan – erdőállományok hatásával magyaráztuk. A C/N arányok itt a legalacsonyabbak, míg a színarányok a legmagasabbak, amiből arra következtettünk, hogy csak a szervesanyagok lebontása indult meg (a humuszosodás nem, vagy csak nagyon kezdetleges). Ez a megállapítás az alsó szelvényre is igaz, és ehhez társul a mért legalacsonyabb enzimaktivitás, ami az állomány korát és a hely elszeparáltságát tekintve logikus.

A tizenéves állományokban a felső 20 cm-ben mért színarány hasonlóan alakult. Az enzimaktivitás a 0-10 cm-es rétegben alacsonyabb, a 10-30 cm-es rétegekben magasabb az 51 A-ban, de összességében a két szelvényben hasonló talajfejlődési, humuszosodási fázis mutatkozott.

A 30 éves állományokban mértük a legnagyobb humusztartalmat, enzimaktivitást, és a felső rétegben a legkisebb színarányt. C/N arányból több rétegben is 20 feletti (de 80 alatti) értéket kaptunk, ami alapján feltételezhető, hogy a legidősebb állományok alatti talaj a humuszosodási folyamatok azon állapotában van, amikor az egyensúlyi állapot még ugyan nem állt be, de közelíti a dinamikus egyensúlyi értéket.

A faállomány összetétele a talajtulajdonságok alakulásával nem mutatott összefüggést, az egyes talajtulajdonságok egymásra hatása, valamint a rekultiváció óta eltelt idő meghatározóbb szerepű.

Az eredmények alapján az is megállapítható, hogy a választott vizsgálati módszerek alkalmasak a fiatal bányatalajok „talajfejlődése” közötti különbségek kimutatására, de pontosabb következtetések levonásához kontroll terület(ek) kiválasztására és további vizsgálatokra van szükség.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet a Bakonyerdő Zrt-nek a helyszín biztosításáért és az anyagi támogatásért.

Irodalomjegyzék

- BUZÁS I. (szerk. 1988): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- BUZÁS I. (szerk. 1993): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- CHEN, Y. – SENESI, N. – SCHNITZER, N. (1977): Information provided on humic substances by E4/E6 ratio. *Soil Science Society of America*, 41: 352-358.
- DICK, R. P. – KANDELER, E. (2004): Enzymes in soils. In Hillel, D. (ed.) *Encyclopedia of Soils in the Environment*. Academic Press. p. 2200.
- KÁROLY F. – LEGEZA M. – STUBÁN Z. (2006): Az Iharkút-németbányai külfejtések rekultivációja. *Bányászati és Kohászati Lapok*, 139: 31-37.
- KONONOVA, M. M. (1966): Soil organic matter. Pergamon Press, Oxford. p. 400-404.
- KURÁZ, V. – FROUZ, J. – KURÁZ, M. – MAKO, A. – SHUSTR, V. – CEJPEK, J. – ROMANOV, O. V. – ABAKUMOV, E. V. (2012): Changes in Some Physical Properties of Soils in the Chronosequence of Self-Overgrown Dumps of the Sokolov Quarry-Dump Complex. *Czechia, Eurasian Soil Science*, 45: 266–272.
- MCSWEENEY, K. – JANSEN, I. J. (1984): Soil structure and associated rooting behavior in minesoils. *Soil Science Society of America Journal*, 48: 607-612.
- MSZ-08-0205-78. MÉM Ágazati Szabvány 1979. A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata. Budapest.
- MSZ-08-0206-2-78. MÉM Ágazati Szabvány (1979): A talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Budapest.
- SCHNÜRER, J. – ROSSWALL, T. (1982): Fluorescein Diacetate Hydrolysis as a Measure of Total Microbial Activity in Soil and Litter. *Applied and environmental microbiology*, 43: 1256-1261.
- STEFANOVITS P. (2003): A talaj-növény kapcsolatáról. *Tájökológiai Lapok*, 1: 3-6.