

Antropogén tényezők, folyamatok és bélyegek megjelenése és rendszerezése a talajok osztályozásában

*¹NOVÁK Tibor József, ²HORVÁTH Adrienn, ³CSÁKINÉ MICHÉLI Erika, ³FUCHS Márta

¹Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Agrokémiai és Talajtani Intézet, Debrecen, Magyarország

²Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet, Sopron, Magyarország

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Gödöllő, Magyarország

(Beérkezett: 2025.05.19.; Elfogadva: 2025.10.09.)

Szemle

© Szerző(k) 2025



Összefoglalás

Az antropogén talajok és antropogén hatások következtében módosult talajok osztályozása sokáig számos talajosztályozási rendszerben háttérbe szorult, mivel gazdaságilag többnyire nem hasznosított talajok tartoztak ide. Ugyanakkor az antropogén talajátalakulási folyamatok intenzitásának erősödése, és az érintett, mezőgazdasági, urbánus és ipari területek kiterjedésének rohamos növekedése a legtöbb osztályozási rendszer esetében helyet követelt az antropogén talajoknak. Ezek az 1990-es évektől kezdve folyamatosan épültek be a megújuló nemzeti vagy nemzetközi talajosztályozási rendszerekbe. Tanulmányunkban áttekintést adunk az antropogén talajoknak, illetve antropogén talajátalakulási folyamatoknak, egyes talajképződési-talajfejlődési koncepciók rendszerében elfoglalt helyéről, amely végeredményben az osztályozás alapját jelenti. Bemutatjuk az antropogén talajok osztályozásának lehetőségeit számos nemzetközi és nemzeti talajosztályozás esetében. Az áttekintés célja, hogy a hazai osztályozás számára támpontokat nyújtson az antropogén talajtani bélyegek és antropogén talajosztályozási egységek értékeléséhez és rendszerbe illesztéséhez.

Kulcsszavak: antropogén talajok, talajosztályozás, antropogén talajszintek, antropogén talajanyagok

**Levelező szerző:* NOVÁK TIBOR JÓZSEF, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Agrokémiai és Talajtani Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

E-mail: novak.tibor@science.unideb.hu

Bevezetés

Az első állandó települések, majd a földműves életmódra történő áttérés egyik velejárója már a korai civilizációkban is a talajok antropogén átalakítása, amely a régészeti helyszíneken tűzhelynyomok, elszenesedett fával kitöltött cölöplyukak, bolygatásnyomok és „kultúrrétegek” (települési és háztartási hulladékkal kevert antropogén talajrétegek) megjelenésében érhető tetten. Az antropogén szubsztráton kialakult talajok egyik első említése már egy 1847-es talajtani tankönyvben megtalálható (SENFT, 1847), ahol a lerakódott veszélyes hulladékok miatt terméketlenné vált városi, ipari vagy bányászati környezetben található talajokról esik szó. A talajtan, mint tudomány kialakulásának egyik legkorábbi alapmunkájában is hangsúlyosan jelen vannak (DARWIN, 1881), de később, a talajtan fejlődése során hosszú ideig csak viszonylag csekély figyelmet kaptak. A legtöbb osztályozási rendszerben az elmúlt évtizedekig nem volt taxonómiaiilag definiált helyük, és a leírásukra, értékelésükre, rendszerezésükre használt első kísérletek is (KOSSE, 1980; ANTONOVIC, 1982; LEBEDEVA et al., 1993) rendkívül eltérő szempontokon alapulnak. Ezt részben indokolja a mezőgazdasági gyakorlatban alárendelt, kevésbé hasznosított szerepük, korábban elenyésző területi kiterjedésük, illetve sokféleségük, ami nem csak az eredetükben, hanem színteztettségükben, tulajdonságaikban is tetten érhető. Számos más antropogén eredetű talajképződményre vonatkozó elnevezés a különböző osztályozásokban gyakran egymással átfedő, vagy szinonim fogalomként került definiálásra (CAPRA et al., 2015). A névalakok sokasága ugyanakkor vélhetően nem takar ilyen nagy számú, egymástól ténylegesen jelentős mértékben különböző osztályozási egységet, amelyek összevethetők lennének a természetes talajtaxonokkal, a besorolt talajok területi jelentősége, a jellemző folyamatok, a morfológia és a fizikai-, kémiai tulajdonságaik (diagnosztikus jellemzőik) homogenitása alapján. Az Aggerosol, Anthrosol (KOSSE, 1980), Edifisol (CHARZYŃSKI et al., 2014), Ekranosol, Hortisol, Industriosol, Kultisol, Necrosol (SOBOCKÁ, 2004), Terra Preta (SOMBROEK, 1966), Plaggenesch (CONRY, 1974), Pyrosol, Rigosol, Technosol, Turbisol, Treposol, Urbisol és egyéb elnevezések tartalma nem azonos rangú, jelentőségű taxonokat takar, és egymáshoz való viszonyuk is néha ellentmondásos. Ebben a tanulmányban az antropogén eredetű talajok osztályozásának lehetséges szempontjairól, alapelveiről és talajosztályozási rendszerekben megvalósult gyakorlatáról szeretnénk áttekintést nyújtani, hozzájárulva a hazai antropogén talajok osztályozásához.

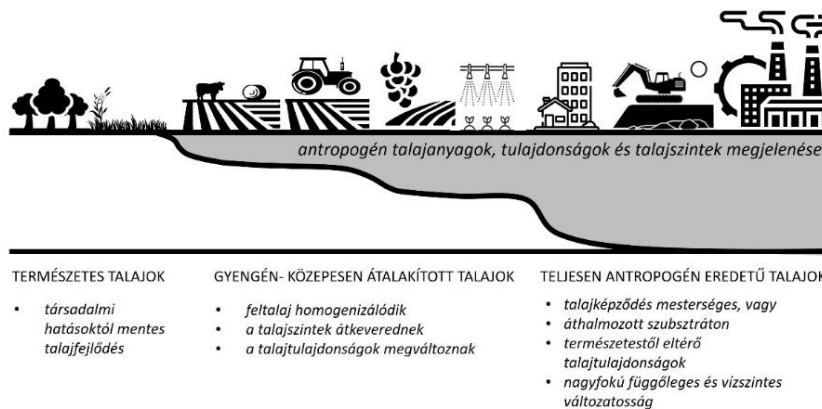
A talajok antropizációjának fogalma és folyamatai

Míg a tájak természetes komponenseinek talajokkal való kapcsolatát, talajképződésben betöltött szerepét régóta vizsgáljuk (JENNY, 1941), addig a talajok és a társadalom kölcsönhatásának vizsgálata viszonylag újkeletű (BIDWELL & HOLE, 1965; YAALON & YARON, 1966; AMUNDSON & JENNY, 1991). Ennek a kölcsönös kapcsolatnak csak egyik oldala, hogy a talajok által nyújtott lehetőségek, vagy éppen a talajadottságok miatti korlátok már a korai társadalmak fejlődését is nyilvánvalóan meghatározták. Az antropogén folyamatok által átalakított ökoszisztémákon belül

(ELLIS & RAMANKUTTY, 2008) a talajok antropogén átalakulása kevesebb figyelmet kapott. Hogy az antropogén átalakulás mikor válik olyan mértékűvé vagy minőségűvé, amely miatt a rendszer többi biológiai elemeitől megkülönböztetve, azok közül kiemelve az emberi társadalom hatásait külön, egy hatodik talajképző tényezőként kell kezelnünk (DUDAL, 2005), arról megoszlanak az egyes szerzők nézetei. Az egyik álláspont szerint az ipari forradalom óta eltelt 200–300 év, vagy az ember és társadalom megváltozott viszonyára alapozva, a második ipari forradalmat követő időszak tekinthető lényegesen új korszaknak a talajok fejlődésében (LEWIS & MASLIN, 2015). Mások már az első kerámiák és fémtárgyak készítésétől, már mintegy 5000 évvel ezelőttől, a korai *Anthropocén* és az antropogén talajok megjelenésével számolnak (MONASTERSKY, 2015). Néhány szerző éppen az antropogén talajok, mint sztratigráfiailag megragadható entitások megjelenését tekintik az új, emberi társadalom tevékenységei által lényegesen meghatározott földtörténeti kor, az *Anthropocén* kezdetét (CERTINI & SCALENGHE, 2011; RICHTER et al., 2015; CORCORAN et al., 2014), és azt mintegy 2000 évvel ezelőttre teszik.

A társadalom talajokra gyakorolt hatásait DUDAL et al. (2002), valamint DAZZI & LO PAPA (2015) az alábbiakban foglalják össze:

- a talajtípus (referenciacsoport, osztály stb. egyéb taxonómiai egység) antropogén okok miatt történő megváltozása,
- diagnosztikai talajsintek antropogén megváltozása,
- új, antropogén talajképző üledék,
- mélyreható antropogén talajbolygatás,
- felszínformák antropogén megváltozása,
- a feltalaj megváltozása antropogén folyamatok következtében,
- talaj tervszerű létrehozása, helyreállítása.

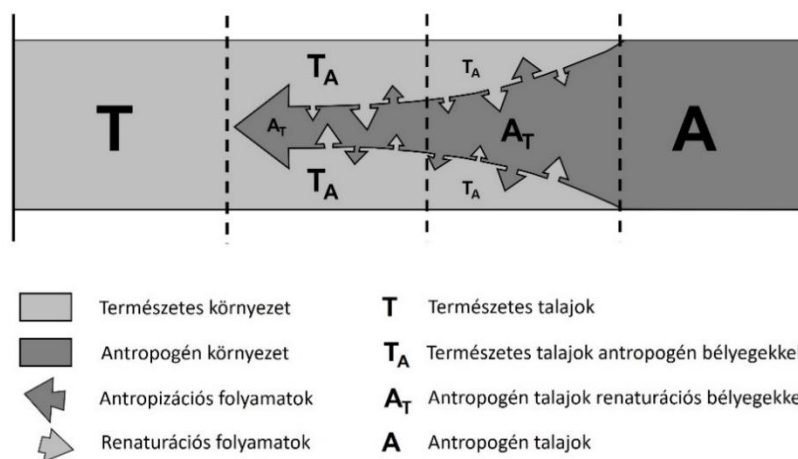


1. ábra

A talajok antropizációjának folyamata PENÍZEK & ROHOŠKOVÁ (2004) alapján, módosítva – a szerzők engedélyével

Az antropizáció fenti, leegyszerűsített modellje (1. ábra) kifejezi azt, hogy a társadalom a szárazföldi felszín és a talajokat egyre nagyobb területen, egyre

vastagabb rétegben és egyre intenzívebben alakítja át (MONTANARELLA et al., 2016), nem érzékelteti viszont azt, hogy az antropizáció hatásai többnyire nem egyirányúak, és a képződött, átalakult talajok gyakran poligenetikus jellegűek. A táj intenzívebbé váló, vagy csökkenő társadalmi igénybevétele szerint időnként az antropizációt erősítő folyamatok uralkodnak, majd más időszakokban a talajok regenerálódására nyílik lehetőség, amely során a korábban átalakított talajokon a természetes talajképződési folyamatok dinamikája, renaturációja, regenerálódása válik meghatározóvá (VOLUNGEVICIUS & SKORUPSKAS, 2011). A természetes-antropogén átalakulás váltakozása minden, valaha a társadalom által hasznosított táj és talaj esetében fennáll, és igazából szubjektív döntés eredménye, hogy a talajt inkább természetes, antropogén bélyegekkal is rendelkező talajnak (T_A), vagy inkább antropogén, természetes bélyegeket is felmutató talajnak (A_T) tekintjük (2. ábra). Egyértelműen csupán a teljesen természetes, illetve teljesen antropogén talajképződmények különíthetők el, amelyre azonban nagyon nehéz lenne példákat találni.



2. ábra.

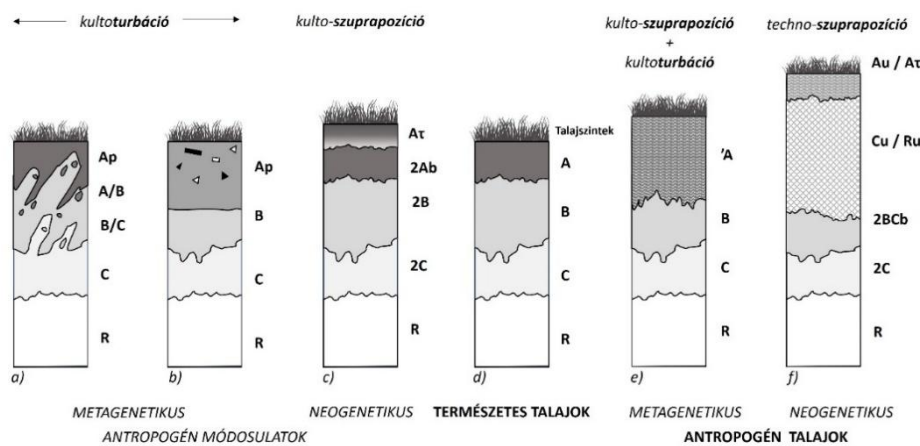
A talajok antropizációja során váltakozó antropizációs és regenerációs folyamatok által létrehozott talajváltozatok modellje VOLUNGEVICIUS & SKORUPSKAS (2011) alapján, módosítva – a szerzők engedélyével

A talajok antropizációját (*anthropization, anthrosolization*) BOCKHEIM (1974) és MAECHLING et al. (1974), valamint BOCKHEIM & GENNADIYEV (2000) munkái a 17, általuk bemutatott talajképződési folyamat egyikeként azonosítják, és a társadalmi tevékenységek eredményeként megjelenő geomorfológiai és talajtani folyamatok összességüként határozzák meg. SCHAETZL & THOMPSON (2015) viszont a talajok változatos antropogén átalakulási folyamatainak bemutatása során a talajok fejlődését meghatározó anyag- és energiátranszportok, átalakulások metapedogenetikus módosítására helyezi a hangsúlyt. A társadalmi tevékenységek ezáltal a talajok fejlődését progresszív vagy regresszív talajfejlődési útvonalak

irányába mozdíthatják ki a talajfejlődés folyamata során, nem pedig különálló talajképződési tényezőként hatnak (CAPRA et al., 2015).

Az antropizáció eltérő értelmezései megegyeznek abban, hogy annak megjelenését, a hatásai következtében megfigyelhető talajtani bélyegeket nem korlátozzák az antropogén talajok körére. Ez utóbbi egyébként is szubjektív, a talajosztályozási rendszerek által szabott merev, határértékekhez kötött elkülönítést jelent a természetes és antropogén talajképződmények között (ESWARAN, 2002; CAPRA et al., 2013). Antropizációs folyamatokkal összefüggő bélyegek azonban pl. erodált, szántott, szennyezett, de antropogén talajnak semmiképp sem minősülő talajokban is megfigyelhetők (DAZZI & MONTELEONE, 2007), ahogyan a teljes egészében antropogén szubsztrátokon létrejött talajokban is lehetnek regenerálódásra utaló bélyegek.

A talajok antropizációs folyamata során létrejött antropogén talajok között HOWARD (2017) metagenetikus és neogenetikus talajokat különböztet meg. Más megközelítésben az antropizáció folyamatát „*kultoturbáció*” (azaz: művelés hatásra bekövetkező keverés, keveredés), vagy „*kultodepozíció*” (azaz: művelés részeként végzett ráhalmozás, felhalmozódás) eredményeként értékelik (utóbbi helyesebben talán inkább szuprapozíció). Az intenzív talajművelés és -javítás eredményeként létrejött antropogén talajokat az osztályozási rendszerek is elkülönítik a szándékosan, vagy esetlegesen felhalmozott antropogén törmelékek felszínén létrejött urbanogén, technogén romtalajoktól (SOBOCKÁ, 2003a; b).



3. ábra

A természetes talajokból antropizáció eredményeként kialakuló metagenetikus és neogenetikus, más megközelítésben a turbációval, illetve szuprapozícióval létrejött antropogén talajok, talajmódosulatok és a talajszieitek. A talajszieitek indexálása a WRB 2022 irányelvei szerint (IUSS WG WRB, 2022)

Az ún. metagenetikus eredetű antropogén talajszeivények közé tartoznak azok a talajok, amelyeknél az antropizáció a felszíni talajszieitek átalakulásában jut

kifejezésre (3. a), b), e ábra). Az átalakulás leggyakrabban az eredeti feltalajsint rendszeres művelése, szántása miatt következik be. A szántást kísérő, annak következtében megjelenő talajdegradációs folyamatok többek között a talajszerkezet, és a szervesanyag-tartalom megváltozását okozzák. Ha a talajművelés szervestrágya, háztartási hulladék kijuttatásával is együtt járt, akkor jellemző a műtermékek bekeveredése a talajba, a megnövekedett szervesanyag, illetve P-tartalom. Állandó kultúrák esetén (szőlő, gyümölcsös) az ültetvények előkészítése, a tereprendezés, esetleg teraszolás további átalakulásokat eredményezhetnek a szintek keveredésével, bolygatásával. A metagenetikus antropogén talajok esetében tehát a talajképződés, talajfejlődés feltételei azáltal módosulnak lényegesen, hogy az eredeti feltalajsint megváltozott mechanikai, biológiai és domborzati feltételek közé kerül. *Metagenetikus* antropogén talajok esetében a feltalaj a folyamatos művelés, trágyázás, javítás, vagy éppen jobb minőségű talaj ráhordása és elkeverése által más, az eredeti feltalajtól eltérő szintté alakul át ($A \rightarrow 'A$), amelynek következtében a talaj taxonómiai helyzete is megváltozik (3. e ábra). A diagnosztikus osztályozási rendszerekben ez gyakran abban jut kifejezésre, hogy az antropizáció eredményeként létrejött talaj az eredetihez képest eltérő, megváltozott fizikai-, kémiai- és morfológiai tulajdonságainak köszönhetően más (gyakran antropogén jellegű) diagnosztikus feltalajszinttel jellemezhető. Ugyanakkor a fent leírt átalakulás akkor is nyilvánvaló lehet, ha az antropogén bélyegek egyik diagnosztikus osztályozási egység követelményeit sem elégitik ki, mert vagy nem elég kifejezettek, vagy más, esetleges természetes talajfejlődési folyamatok elfedik azokat.

Ebbe a csoportba sorolhatók a legkorábban (1903-ban) antropogén talajként leírt (DE GISI et al., 2014), és antropogén talajokként osztályozott (SOMBROEK, 1966) *terra preta*-k (*Pretic Anthrosol* IUSS WG WRB, 2022), illetve az atlantikus európai területeken előforduló Plaggenesch (*Plaggic Anthrosol* IUSS WG WRB, 2022) (CONRY, 1974) és az intenzív kertművelés hatására kialakuló *hortisol* (*Hortic Anthrosol* IUSS WG WRB, 2022) (SPONAGEL et al., 2005) talajok.

Az ún. *neogenetikus* antropogén talajszelvények közös jellemzője, hogy az eredeti talajszelvényre, vagy annak csonkolt felszínére nem talajosodott (vagy legalábbis nem helyben talajosodott), antropogén talajképző üledék települ, amelynek a felszínén teljesen új, az antropogén szubsztrát által meghatározott talajképződési folyamat kezdődik (3. c), f) ábra).

Az antropogén neopedogenezis eredményeként, azaz antropogén eredetű városi, ipari, vagy bányászati törmelék felszínén képződő talajokat a legtöbb rendszerben az egyéb antropogén talajoktól elkülönült taxonba, technogén talajok közé sorolják (SOBOCKÁ et al., 2000; 2008; SOBOCKÁ, 2001; ROSSITER & BURGHARDT, 2003; ROSSITER, 2007; CHARZYŃSKI et al., 2013; SCHAD, 2013; PROKOFYEVA et al., 2014). A további osztályozásuk többnyire a törmelék eredete (építési törmelék, ipari, bányászati törmelék stb.) alapján történik, és ezek változatosságát, valamint a nagyfokú térbeli mozaikosságát számos tanulmány hangsúlyozza (HOLLAND et al., 1997; GREINERT, 2015; CHARZYŃSKI & HULISZ, 2017; HULISZ et al., 2018; PINDRAL et al., 2020). Ez a változatosság olykor az osztályozásban is igen részletes információk megjelenítésére ad alkalmat (SOBOCKÁ et al., 2001; LEHMANN & STAHR, 2007). Az ipari, és bányászati eredetű talajok azonban a toxikus anyagok gyakori,

koncentrált jelenléte miatt gyakran nem elsősorban osztályozási szempontból kerülnek a figyelem középpontjába (FEDORISHCHAK, 1978; RESULOVIC & ČENGIĆ, 2004; BUONDONNO et al., 2008; CHARZYŃSKI et al., 2017).

Hazai viszonyok között is számos korábbi tanulmány foglalkozott már antropogén (FÜLEKY, 2004; 2005), technogén (CZIFRA & NOVÁK, 2011) vagy kifejezetten városi talajok (PUSKÁS & FARSANG, 2008; 2009; SÁNDOR et al., 2013; HORVÁTH et al., 2015) taxonómiai helyzetével, de ezek eltérő osztályozási rendszereken alapulnak, és elsősorban a talajok állapotára, nem pedig taxonómiai helyzetére fókuszálnak.

Az antropogén talajsintek és talajok morfológiai leírásának nemzetközi szabványai és nomenklatúrája

Az antropogén talajsintek és talajok morfológiai leírására és dokumentálására nemzetközileg elfogadott szabványok és nomenklatúra áll rendelkezésre (FAO, 2006; IUSS WG WRB, 2022). Az antropogén szubsztrát állhat *műtermékből* (bányászat által felszínre hozott anyag, építési, ipari-, vagy bányászati törmelék, háztartási hulladék), de lehet természetes eredetű, *antropogén úton áthalmazott anyag* is. A *műtermékből* álló, vagy *műterméket* tartalmazó antropogén talajsintek morfológiai leírásukkor a nemzetközi nomenklatúra szerint u indexálást kapnak (Cu, Au), míg az *áthalmazott anyagból* álló szintek jele: τ (A τ , H τ , C τ) (FAO, 2006; IUSS WG WRB, 2022). A műtermék egy sajátos esete a *technikai szilárd anyag* (Ru), amikor az megfelelően folytonos, illetve konszolidált anyagból áll (pl. aszfalt, beton).

Az eredeti talaj, ill. talajsintek, ha fennmaradnak, eltemetetté válnak, és egészen eltérnek az antropogén szubsztrát felszínén esetlegesen létrejött talajsintektől. Az eredeti talaj esetlegesen megőrzött genetikai és diagnosztikus szintjeinek maradványait eltemetett szintekként indexálják és a felette lévő antropogén üledéktől eltérő litológia (kőzetfolytonossági hiány) miatt a szintet jelölő nagybetűt megelőző számozással (2BCb) különítik el (3. f. ábra). Mivel a legtöbb beruházást megelőzően a humuszos A szint előzetes letermelése ma már előírászerűen megtörténik, ezért posztindusztriális antropogén talajokban eltemetett humuszos szinttel (A_{hb}) csak ritkán találkozunk.

Talajok antropizációs folyamatainak helye a különböző talajképződési koncepciókban

Antropizáció a funkcionális faktoriális modellekben

A talajok képződését leíró *funkcionális-faktoriális modellekben* (JENNY, 1941) a természetes talajok esetében hagyományosan öt talajképző tényező játszik döntő szerepet. Ezt az öt tényezőt tekintjük a talajképződés fő tényezőinek: a talajképző üledék, az éghajlat, a felszínformák, az élővilág, és a talajképződési folyamatokhoz rendelkezésre álló idő.

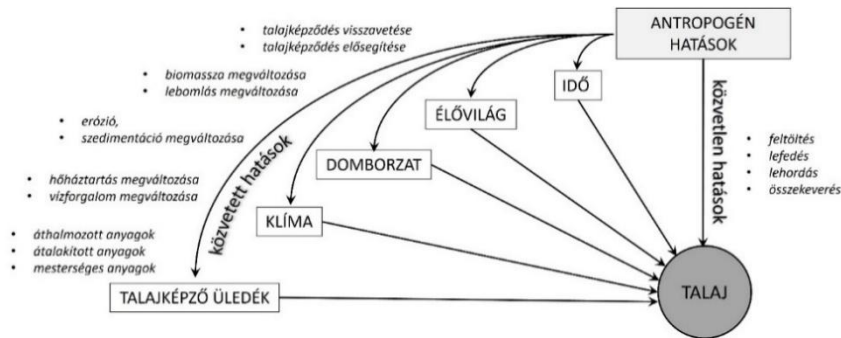
A talajképződést függvényyszerű megközelítésben leíró egyenlet AMUNDSON & JENNY (1991) munkájától kezdve az antropogén tevékenységeket kifejező tényezővel egészült ki:

$$S = f(a, cl, o, r, p, t)$$

ahol:

S = talajképződés, a = antropogén tényező, cl = éghajlati tényező, o = biotikus tényező, r = domborzati tényező, p = litológiai tényező, t = időtényező

A társadalom által a tájban végzett tevékenységek figyelembevétele ugyanakkor nem újkeletű. JENNY (1941) már a talajképződés tényezőit tárgyaló munkájában is megemlíti, hogy a biotikus tényezőre a társadalmi tevékenységek is lényeges hatást gyakorolnak, illetve számos emberi beavatkozás időben visszaveti a talajképződés folyamatát. EFFLAND & POUYAT (1997) javaslatot tesz arra, hogy az antropogén tevékenységeket az o (biotikus) tényezőbe integráltan vegyük figyelembe, illetve felveti annak lehetőségét, hogy különálló tényezőként, az antropogén tevékenységek talajképző szerepét reprezentáló tényezőként szerepeltessük, mint *metapedogén* (YAALON & YARON, 1966) tényezőt. MCPHERSON & TIMMER (2002) tanulmányukban ugyanakkor úgy vélekednek, hogy helyesebb, ha az emberi hatást nem talajképző, csupán módosító tényezőként értékeljük. Az utóbbi jelentősége akkor sem lebecsülendő, ha a társadalmi hatások gyakran nem különálló, teljesen új tényezőként jelennek meg a talajképződésben, hanem az öt alapvető tényező hatását, az azok által meghatározott körülményeket módosítják (4. ábra). Mindenesetre számos példát lehet hozni mind a társadalom közvetlenül a talajra kifejtett hatásainak eredményeként, mind pedig a talajképződés tényezőinek módosítása következtében megváltozott, antropizált talajokra is.

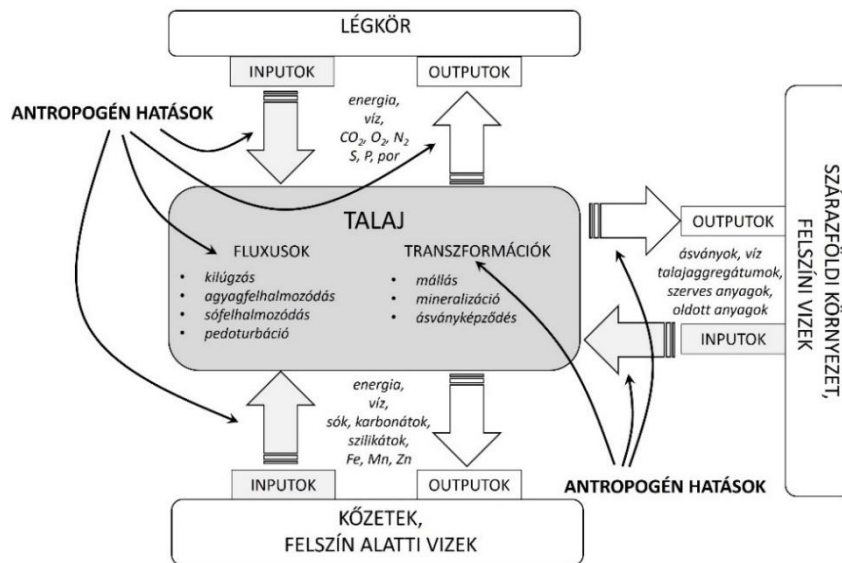


4. ábra

Az antropogén hatások érvényesülése a talajképződés funkcionális-faktoriális modellje (AMUNDSON & JENNY, 1991) alapján. Példák az antropogén hatások, mint a talajképződés közvetlenül meghatározó, illetve közvetett, a talajképződés más tényezőit módosító szerepére (saját szerkesztés)

Antropizáció a folyamat-rendszer alapú talajfejlődési koncepciókban

A fenti modelltől lényegesen eltérő megközelítés a SIMONSON (1959) által alkalmazott *folyamat-rendszer központú modell*, amely a talajt, mint a környezetből érkező inputok, az oda kibocsátott outputok, illetve a talajban zajló anyagtranszportok és anyagátalakulások működési rendszereként értelmezi (5. ábra).



5. ábra

A folyamat-rendszer alapú talajképződési modellekben (SIMONSON, 1978) az antropogén hatások nem képviselnek elkülönült tényezőcsoportot, hatásuk az input-output folyamatok, illetve a talajon belüli fluxusok, transzformációs folyamatok módosításán keresztül érvényesül. SCHAETZL & THOMPSON (2015) alapján, saját szerkesztés

Ez a megközelítés ugyan kevésbé terjedt el, mégis sokkal hatékonyabb az egyes jellemző talajtani bélyegek, szintek kialakulásának magyarázatára, amelynek segítségével pl. a szervesanyagok, vagy karbonátok felhalmozódása, vagy lebomlása, kimosódása mint a talajsintek, talajtípusok meghatározó folyamatai, és a talajok változásai egyenletszerűen leírhatók:

$$S = f(a, r, t_1, t_2)$$

ahol:

S = talajfejlődés, a = inputok, r = outputok, t_1 = talajon belüli fluxusok, anyagtranszportok, t_2 = transzformációk, anyagátalakulások

Könnyen belátható, hogy az ilyen típusú modellekben az antropogén hatások nem képviselnek markánsan új, jól elkülöníthető tényezőcsoportot, sokkal inkább az egyes input-output mennyiségek megváltoztatásával, vagy a talajban zajló transzport

ill. transzformációs folyamatok módosításával írhatók le. Mivel alapvetően nem alakítják át a modell működését, és ezért elkülönített megjelenítésük sem feltétlenül szükséges.

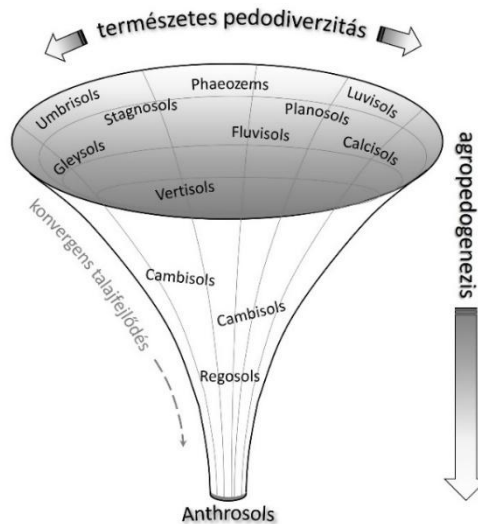
Antropizáció a talajfejlődési útvonalakon alapuló (determinisztikus káosz) modellekben

Végül érdemes megemlíteni azokat a talajfejlődési modelleket, amelyek a kezdeti kiinduló feltételek alapján lezajló determinisztikus *talajfejlődési útvonalakat*, illetve azok véletlenszerűen előforduló, lokális perturbációik szerinti kilengéseit, módosulásait helyezik koncepciójuk középpontjába. Az útvonalak kaotikusan megjelenő módosulásai végül a talajok végtelen változatosságát eredményezik. Ebbe a csoportba sorolható a JOHNSON et al. (1990) által felvázolt talajevolúciós modell, illetve a PHILIPS (1993) által alkalmazott *determinisztikus káosz modell*. Utóbbi a talajfejlődést az alábbiak szerint írja le:

$$S_t = S_{t-1} + \Delta P_t - \Delta R_t$$

ahol:

S_t = talajfejlődés állapota egy tetszőleges t időpontban, S_{t-1} = talajfejlődés állapota a megelőző időpontban, ΔP_t = progresszív talajfejlődési folyamatok változása t időtartam alatt, ΔR_t = regresszív talajfejlődési folyamatok változása t időtartam alatt



6. ábra

A determinisztikus káosz koncepciókhoz hasonló determinisztikus útvonal vázolódik fel a mezőgazdasági hasznosítás következtében a talajok fejlődésében KUZYAKOV & ZAMANIAN (2019) tanulmányában, amely az antropogén talajok kialakulását konvergencia talajfejlődés következtében lezajló homogenizációként mutatja be. KUZYAKOV & ZAMANIAN (2019) alapján, módosítva – [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) licenc alapján és a szerzők engedélyével

Az antropogén talajfejlődés szempontjából lényegében az utóbbi modell típusba illeszkedő következtetést von le az antropogén talajképződési folyamatokat áttekintő, szintetizáló tanulmányában KUZYAKOV & ZAMANIAN (2019), amely szerint a természetes pedodiverzitás a talajművelés által irányított antropizáció (agropedogenezis) konvergens fejlődési útvonalára terelődve a homogenizáció, és a pedodiverzitás csökkenése irányába halad (6. ábra).

Az antropogén bélyegek értékelése a talajosztályozási rendszerekben

Az antropogén talajtani bélyegek vizsgálata, elkülönítése a természetes bélyegektől, valamint a társadalmi tevékenységek által átalakított, vagy létrehozott talajszintek elkülönítése, meghatározása, leírása csak viszonylag újonnan került bele a talajosztályozási rendszerekbe is (FANNING et al., 1978; GALBRAITH et al., 1999). Az osztályozás első, legmagasabb szintjén először 2006-ban, a FAO osztályozási rendszerén alapuló, nemzetközi talajkorrelációs rendszerként alkalmazott Világ Talaj Referencia Bázis (World Reference Base for Soil Resources, WRB) rendszerében jelent meg két, kifejezetten antropogén talajokat elkülönítő referenciacsoport: az Anthrosol és a Technosol. Ezt követően a legtöbb nemzeti osztályozás újabb kiadásában az antropogén bélyegek, illetve taxonómiai egységek elkülönülten jelennek meg.

Antropogén talajtani bélyegek értékelése a hazai talajosztályozásban Hazai genetikai osztályozás

A jelenleg érvényben lévő hazai talajosztályozás (SZABOLCS, 1966; STEFANOVITS et al., 1999) alapelveiben genetikai szemléletű (MICHÉLI & KRASILNIKOV, 2009), antropogén hatásra létrejött talajszinteket, tulajdonságokat nem különböztet meg, ezért az alkalmazott talajtaxonok (főtípusok, típusok, altípusok, változatok) elnevezésében az antropogén hatások nem jutnak kifejezésre. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy a hazai talajadatbázisok semmiféle módon nem foglalkoznak a talajok antropogén átalakítottságával, csupán annyit, hogy az osztályozásban ez nem mindig tükröződik. Jó példa a hazai erdészeti termőhely osztályozás, mely lehetőséget ad a mesterséges talajképződmény genetikai talajtípus csoportba (főtípus) való besorolásra, amennyiben az eredeti talaj már nem felismerhető (FARSANG et al., 2015; MGSZH, 2010).

A nevében genetikai, valójában inkább hibrid, alsóbb (változat) szinten kifejezetten diagnosztikus rendszerben (SZABOLCS, 1966; JASSÓ, 1989) az antropogén hatások főtípus szintjén nem jelennek meg. Típus szinten a szikesek között a másodlagosan elszikesedett, illetve bizonyos körülmények közt a sztyeppesedő réti szolonyec talajok, láptalajok között pedig a lecsapolt, telkesített típusok képviselnek túlnyomóan, de nem kizárólagosan antropogén talajokat. Altípus elnevezések között nem találkozunk antropogén bélyegeket kifejező elnevezésekkel és változati szinten is csak a barna erdőtalajok és a csernozjomok főtípusában kerül értékelésre az esetleges erodáltság mértéke.

A hazai genetikai osztályozás taxonjainak korrelációja más, elsősorban WRB taxonómiai elemekkel a hazai talajosztályozás egyik aktuális kérdése (MICHÉLI et al., 2006; DOBOS et al., 2014). Ugyanakkor a legtöbb esetben ez a referenciacsoport – főtípus (típus) szinten is csak korlátozottan lehetséges, mert a hazai osztályozásban alkalmazott változati tulajdonságok és a WRB minősítők határértékei nem megfeleltethetőek (BARTA et al., 2009). A korábbi talajadatok numerikus alapú újraosztályozásán alapuló új talajtaxonok, illetve a hagyományos talajtípusok kapcsolatának vizsgálata (FUCHS et al., 2011; PÁSZTOR et al., 2018) feltehetően lehetőséget nyújt majd a hazai talajokat ért antropogén hatások mértékének becslésére is.

Hazai, diagnosztikus szemléletben megújított osztályozás

A jelenleg tesztelés alatt álló új hazai osztályozás (MICHÉLI et al., 2018) diagnosztikai szemléletű (MICHÉLI, 2011; MICHÉLI et al., 2014; MICHÉLI et al., 2015; FUCHS & MICHÉLI, 2015). A rendszer egységesen meghatározott, szigorúan definiált és számszerű követelményeken nyugvó diagnosztikus kategóriákon (talajszintek, tulajdonságok, anyagok) alapul, melyek a hazai viszonyokhoz illeszkedve, és a WRB vonatkozó kategóriáival megfeleltethetően biztosítják a nemzetközi korreláció lehetőségét is. Az osztályozás a 15 talajtípus között egy antropogén meghatározottságú típust alkalmaz (Antropogén talajok). Az új osztályozás kidolgozásánál (FUCHS et al., 2007; FARSANG et al., 2015; MICHÉLI et al., 2018) javasolt ún. altípus és változati tulajdonságok listája az antropogén talajokra vonatkozó, erősen limitált adatok tükrében közel sem olyan részletes, mint a WRB esetében. Antropogén talajok esetében a rendszer altípus szinten 5 diagnosztikus tulajdonságot (bolygatott, hortikus, műtermékes, szennyezett, terrikus), változati szinten pedig 7 antropogén folyamatokhoz köthető diagnosztikus bélyeget (árasztott, digózott, eketalpas, elporosodott, rigolozott, szántott, teraszolt) különít el (MICHÉLI et al., 2018), melyek tesztelése és további fejlesztése a hazai talajtani közösség sürgető feladata.

Talajok antropogén bélyegeinek értékelése a Világ Talaj Referencia Bázis (World Reference Base for Soil Resources, WRB) szerint

A WRB 2022-es kiadása (IUSS WG WRB, 2022) 32 referenciacsoportba sorolja a világ talajait, amelyből 2 referenciacsoport (*Anthrosol*, *Technosol*) a kifejezetten antropogén tevékenység következtében létrejött talajokat foglalja magában. Fontosabb azonban, hogy a WRB osztályozás a többi referenciacsoport esetében is lehetővé teszi az antropogén bélyegek kifejezését. A talajok osztályba sorolását és további jellemzését meghatározó diagnosztikai egységek (diagnosztikai talajszintek, tulajdonságok és talajanyagok) és az osztályozás alacsonyabb szintjein alkalmazott ún. minősítők között is megkülönböztet olyanokat, amelyek kifejezetten az emberi tevékenység következtében jönnek létre. Mivel a referencia csoportokba történő besorolás és a minősítők hozzárendelése elsősorban a diagnosztikai bélyegek megléte, hiánya, illetve szelvénybeli helyzete és vastagsága alapján történik, ezért az

antropogén bélyegek kifejezésre juttatása már a tényleges osztályozási folyamat megkezdése előtt, a szelvény leírása során is érvényesülnek.

A WRB 2022-es kiadása összesen 40 diagnosztikai talajszint, 17 diagnosztikai tulajdonság és 19 diagnosztikai anyag definícióját alkalmazza. A referenciacsoportba besorolt talajok pontosabb jellemzésére több mint 300 minősítő szolgál, amelyek túlnyomó többsége fő- illetve kiegészítő minősítőként is állhat. A kifejezetten antropogén bélyegek jellemzésére ezek közül 7 diagnosztikai talajszint, 1 diagnosztikai tulajdonság, 4 diagnosztikai talajanyag és 41 minősítő használható, amelyek tehát természetes folyamatok eredményeként elő sem fordulhatnak. A 41 minősítőből kettő ('*drainic*', '*densic*') fejez ki olyan tulajdonságot, amely ugyan döntően antropogén tevékenység eredményeként jön létre, de természetes módon is kialakulhat. Az IUSS WG WRB (2015) kiadáshoz képest a 2022-es kiadásban az antropogén sajátosságokat kifejező minősítők száma jelentős mértékben gyarapodott (IUSS WG WRB, 2022).

A WRB osztályozás (IUSS WG WRB, 2022) szerint megállapított talajtani információk részletes lehetőséget nyújtanak a talajokat, és ezáltal a tájakat ért antropogén hatások mértékének kifejezésére. Alkalmazásuk jelentős korlátja, hogy nagyon hiányos adatbázissal rendelkezünk a WRB osztályozásban leírt és osztályozott antropogén talajadatok tekintetében, amely nem elegendő ahhoz, hogy az ország teljes területét, tájanként differenciált módon erre vonatkozó adatokkal jellemezhessük.

A WRB 2022-es kiadásának antropogén bélyegekhez köthető diagnosztikai elemeit a 1. táblázat foglalja össze, az antropogén diagnosztikai elemekre alapuló antropogén osztályozási elemek pedig a 2. táblázatban láthatóak.

1. táblázat

Antropogén talajjellemzőket kifejező diagnosztikai elemek a WRB (IUSS WG WRB, 2022) talajosztályozásiban

Diagnosztikai elemek		
Diagnosztikai tulajdonság	Diagnosztikai talajanyagok	Diagnosztikai szintek
1. Anthric tulajdonság	1. Mütermék 2. Organotechnic talajanyag* 3. Solimovic talajanyag** 4. Technikai szilárd anyag	1. Anthraquic 2. Hortic 3. Hydragric 4. Irragric 5. Plaggic 6. Pretic 7. Terric

*a 2022-es kiadásban bevezetett, a 2015-ös kiadásban még nem szereplő diagnosztikai elemek

**antropogén és természetes eredetű is lehet

2. táblázat
Antropogén diagnosztikai elemekre épülő osztályozási elemek a WRB
(IUSS WG WRB, 2022) talajosztályozásban

Osztályozási (taxonómiai) elemek		
Minősítők		Referenciacsoportok
1. Anthraquic	22. Kalaic*	1. ANTHROSOL
2. Anthric	23. Linic	2. TECHNOSOL
3. Anthromollic	24. Mahic	
4. Anthroumblic	25. Murshic	
5. Archaic	26. Organotransportic	
6. Aric	27. Plaggic	
7. Carbonic	28. Pretic	
8. Densic**	29. Protokalaic*	
9. Drainic**	30. Prototechnic	
10. Ekranic	31. Pyric*	
11. Escalic	32. Relocatic	
12. Garbic	33. Skeletotransportic	
13. Hortic	34. Solimovic	
14. Hydragric	35. Spolic	
15. Hyperartefactic	36. Technic	
16. Hyperspolic	37. Terric	
17. Hypertechnic	38. Thyric*	
18. Hyperurbic	39. Toxic	
19. Immissic	40. Transportic	
20. Irragric	41. Urbic	
21. Isolatic		

*a 2022-es kiadásban bevezetett, a 2015-ös kiadásban még nem szereplő diagnosztikai elemek

**antropogén és természetes eredetű is lehet

Az antropogén talajok WRB osztályozásának fejlődéséhez nagy mértékben hozzájárult az urbanogén talajok tanulmányozására 1998-ban Montpellier-ben megalakult SUITMA (Soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas) szervezet, amely 2024-től az IUSS önálló bizottságává alakult, ezzel is jelezve az antropogén talajok iránti érdeklődés növekedését.

Antropogén talajtani bélyegek értékelése a US Soil Taxonomy-ban

A Soil Taxonomy alapvetően hierarchikus struktúrájú, diagnosztikus elvekre épülő osztályozás, melynek korábbi kiadásában az antropogén talajtani bélyegek nagyon alárendelten szerepeltek, az osztályozás pedig nem alkalmazott olyan taxonokat, amelyek kifejezetten antropogén bélyegek alapján különíthetők el.

A téma jelentőségét, az antropogén hatásoknak kitett talajok nagyarányú terjedését felismerve azonban már 1995-ben megalakították az ún. Antropogén Talajok Nemzetközi Bizottságát (The International Committee for Anthropogenic soils - ICOMANTH), melyet az USDA-NRSC 1998-ban azzal bízott meg, hogy dolgozza ki az ember által módosított és áthalmazott talajok elkülönítését

meghatározó diagnosztikus definíciókat, és az általuk meghatározott taxonokat a Soil Taxonomy-ban (GALBRAITH, 2012).

A Soil Taxonomy 1999-es kiadásban (SOIL SURVEY STAFF, 1999) már az egyes taxonok elkülönítésére szolgáló diagnosztikus bélyegek között több antropogén eredetű is szerepelt (WILDING & AHRENS, 2002). Két, kifejezetten emberi hatásra kialakult (*anthropic* és *plaggen*) felszíni epipedon, továbbá egy, csak művelt és öntözött területekre jellemző diagnosztikus talajtulajdonság (*anthraquic* körülmények) került bevezetésre, valamint az erősen bolygatott talajok elkülönítése érdekében az osztályozás második (suborder) szintjén új alrendet hoztak létre az Entisol rend esetében (*Arents*). Míg a hosszútávú trágyázás eredményeképp kialakuló nagy (>50 cm) vastagságú *plaggen* epipedon definíciója az elmúlt több, mint két évtized alatt lényegében nem változott, a kezdetben csak a jelentős (>1.500 mg kg⁻¹) foszfor tartalmú, intenzív mezőgazdasági művelés alatt álló mollic epipedonok elkülönítésére szolgáló *anthropic* epipedon definíciója az ICOMANTH javaslati alapján 2014-re (SOIL SURVEY STAFF, 2014) nagymértékben átalakult. A jelenlegi, 13. kiadásban (SOIL SURVEY STAFF, 2022) meghatározása már az ember által módosított, valamint emberi hatásra áthalmozott anyagok és rétegek (3. táblázat) jelenléte és tulajdonságai alapján történik – így az intenzíven művelt mezőgazdasági területek feltalajai mellett már magában foglalja a hulladéklerakók, urbánus, ipari és bányász területek felszíni, vagy eltemetett rétegeit is.

A hierarchikus felépítésű rendszer magasabb szintjei az antropogén sajátosságokat azonban továbbra sem veszik figyelembe, az antropogén jelleget általában csak az osztályozás negyedik (*subgroup*) szintjének elnevezése (*Anthraltic*, *Anthraquic*, *Anthrodensic*, *Anthropic*, *Anthroportic*, *Haploplaggic*, vagy *Plaggic*) juttatja kifejezésre.

Valamint az osztályozás ötödik (család) szintjén további antropogén sajátosságokat kifejező elnevezések adhatók a talajnevekhez - az „Ember által módosított, és emberi hatásra áthalmozott anyagok és rétegek” adott vastagságban történő megjelenése által meghatározott ún. osztályok (*Methanogenic*, *Asphaltic*, *Concretic*, *Gypsifactic*, *Combustic*, *Ashifactic*, *Pyrocarbonic*, *Artifactic*, *Pauciarctefactic*, *Dredgic*, *Spolic*, *Araric*) segítségével.

3. táblázat

Antropogén diagnosztikus anyagok és rétegek a Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 2022) talajosztályozásban

Ember által módosított, és emberi hatásra áthalmozott anyagok és rétegek
(*Human-Altered and Human-Transported Materials or Layers*)

Antropogén felszínformák és mikrobélyegek	Antropogén anyagok és rétegek (<i>Anthropogenic Material or Layers</i>)
Építőipari antropogén felszínformák	Műtermék
Lepusztult antropogén felszínformák	Ember által módosított anyag
Építőipari antropogén mikrobélyegek	Emberi hatásra áthalmozott anyag
Lepusztult antropogén mikrobélyegek	Iparilag előállított réteg
	Iparilag előállított réteg-kapcsolat

Az antropogén talajok osztályozási problémáinak és hiányosságainak kiküszöbölése érdekében az ICOMANTH 2022-ben a Soil Taxonomy osztályozás első szintjén egy új rend, az ún. Artesols bevezetését célzó, új diagnosztikus elemeket, és az osztályozás valamennyi szintjét tartalmazó, részletesen kidolgozott javaslatot nyújtott be (URL1). A javaslat jelenleg széleskörű egyeztetés és tesztelés alatt áll.

Antropogén talajtani bélyegek értékelése a németországi talajosztályozásban (KA5)

A talajosztályozás németországi rendszerének érvényben lévő irányelveit a *Bodenkundliche Kartieranleitung 5*. 2005-ös kiadása tartalmazza (SPONAGEL et al., 2005). Az új kiadás 2024-ben jelent meg. Ez az osztályozás alapvetően hierarchikus rendszerű, amelyben a legmagasabb hierarchiaszinten 4 részleget (*Abteilung*) tartalmaz, itt még nem különítenek el kifejezetten antropogén talajokat. Az első *Abteilung*-on belül, a terresztrikus talajok között azonban osztály szinten külön osztályt (*Klasse*) képviselnek a terresztrikus antropogén talajok (*Klasse Y*), amelyekben belül 5 antropogén talajtípust (*Typ*) különítenek el: *Kolluvisol*, *Plaggenesch*, *Hortisol*, *Rigosol*, *Treposol*. Közülük a *Plaggenesch* és a *Hortisol* jól párhuzamba állítható a WRB egyes egységeivel (Plaggic és Hortic Anthrosol) míg a másik három típus számos referenciacsoportban kisorolhat, inkább csak a minősítők tekintetében lesznek egységesek (Colluvic – 2014, Solimovic 2022, Terric, Transportic, Novic). A *Kolluvisolok*, *Plaggeneschek* és *Treposolok* között altípusokat (*Subtyp*) is elkülönítenek, általában a kiindulási, természetes talajtípus szerint (pl. *Podsol-Kolluvisol*, *Gley-Kolluvisol*, *Gley-Treposol*, *Fahlerde-Treposol*). Szintén a terresztrikus talajok közé sorolódnak a *Reduktosolok* (*Klasse X*), amelyek természetes vagy antropogén okok miatt redukтивak. Ez az osztály tartalmaz antropogén talajokat, de nem kizárólag azok tartoznak ide.

Az erősen hierarchikus rendszer alacsonyabb szintjein elkülöníthető változatok (*Varianten*), illetve alváltozatok (*Subvarianten*) között kifejezetten antropogén jelleget kifejező változati elnevezés a *kultotroph* (mesterséges tápanyagpótlással javított) és részben antropogén beavatkozás eredménye lehet az *entwässerter* (lecsapolt) változati elnevezés.

Mivel az osztályozás alapvetően talajértékelési és térképezés szempontrendszer szerint készült, ezért nem szerepelnek benne a kifejezetten ipari, urbán és közlekedési területekre jellemző, a WRB-ben Technosol referenciacsoportba sorolt talajok.

Alapvetően diagnosztikus osztályozás és az antropogén talajok közül ennek megfelelően az azonos módon diagnosztizálhatók vannak egy-egy csoportban, de ez azt is jelenti, hogy egy taxonba kerülnek természetes eredetű talajokkal. A nem hasznosított talajokat egyáltalán nem tárgyalja a rendszer.

Antropogén talajtani bélyegek értékelése az osztrák talajosztályozásban (SGBÖ, 2011)

A Systematische Gliederung der Böden Österreichs (NESTROY et al., 2011) egy alapvetően genetikai szemléletű, hierarchikus szerkezetű talajosztályozás. A legmagasabb szinten elkülönített két talajrend (*Ordnung*) közül az antropogén bélyegeket hordozó talajok többsége a teresztrikus talajok rendjébe tartozik. Az ezen belül elkülönített 7 osztályból (*Klasse*) az áthalmazott talajok (*Umgelagerte Böden*) osztályán belül kialakított 7 talajtípusból (*Bodentyp*) 5 teljes egészében antropogén talajokat tartalmaz. Ezek a típusok a *Kultur-Rohboden*, *Gartenboden*, *Rigolboden*, *Schüttungsboden*, és a *Deponieboden*. Egy további típus, a *Kolluvisol*, döntően szintén antropogén hatásra keletkezik. A karbonáttartalom, illetve egyéb kémiai jellemzők alapján altípusok (*Subtyp*) és változatok (*Varietät*) is elkülöníthetők. A talajszintek között az osztályozás Y jelöléssel mesterségesen áthalmazott természetes anyagokból, vagy technogén anyagokból álló antropogén szintet különböztet meg. Az egyéb talajszintek indexálása során alkalmazható *y* és *tec* jelölés szintén technogén, illetve áthalmazott eredetű anyagok jelenlétének kifejezésére alkalmas.

Antropogén talajtani bélyegek értékelése a lengyel talajosztályozásban (SgP, 2019)

A lengyelországi nemzeti talajosztályozás legújabb, 2019-es kiadásában (KABAŁA et al., 2019) a korábbi osztályozáshoz képest jelentős változásokat vezettek be, elsősorban a nemzetközi, WRB osztályozással való harmonizáció és a korreláció megkönnyítése érdekében. Az osztályozás itt is hierarchikus, legmagasabb szinten 9 rendet (*Rząd*) tartalmaz, amelyekből a 9. az antropogén talajokat (*Gleby antropogeniczne*) foglalja össze.

Az antropogén talajok rendjén belül 2 típust (*Typ*) különböztetnek meg, amelyek közül a *gleby kulturozemne* elsősorban a mezőgazdasági talajokat, a *gleby technogeniczne* pedig az ipari, városi eredetű antropogén talajokat foglalja magában. Az előbbi típuson belül 4 altípust (*Podtyp*) különítenek el (*Hortisole*, *Antrosole*, *Rigosole* és erősen glejes antropogén talajokat), az utóbbi típusba 10 altípus (*Ekranosole*, *Urbisole*, *Industriosole*, *Edifisole*, *Konstruktosole*, *Aggerosole*, *Turbisole*, *humuszos technogén talajok*, *erősen glejes technogén talajok*, *pangóvízes technogén talajok*) tartozik, amelyek besorolása elsősorban az antropogén diagnosztikai talajanyagok (műtermékek, föltöltő anyagok) mennyisége és minősége alapján történik.

Alapvetően genetikai osztályozás, az antropogén talajok taxonjai poligenetikusak, és nem minden esetben az antropogén folyamat a domináns a kialakulásukban, csupán jól diagnosztizálható bélyeget eredményez.

Antropogén talajtani bélyegek értékelése a román talajosztályozásban (SRTS, 2012)

A Sistemul Român de Taxonomie a Solurilor (FLOREA & MUNTEANU, 2012) Románia hierarchikus talajosztályozása, amely a korábbi nemzeti osztályozás WRB-harmonizációja és korrelálhatósága szerint került átdolgozásra. A legmagasabb osztályozási szinten (*Clasa de sol*) 12 osztályt különböztet meg, ezek között utolsó helyen áll az antropogén talajok osztálya (*Anthrissolurile*). Ezen belül az antropogén talajok két talajtípusba (*Tipuri genetice de sol*) sorolódnak: *Antrosol* és *Tehnosol*. A hierarchia következő fokán elkülönülő altípusok (*Subtipuri de sol*) osztályozása minősítők hozzáadásával, a WRB analógiájára történik. Az *Antrosol*okon belül 5 (*hortic, antracvic, aric, erodic, decopertic*), a *Tehnosol*okon belül 10 (*rudic, spolic, garbic, urbic, mixic, copertic, reductic, antroplacic, litic, ecranic*) altípust különítenek el. Az osztályozás alacsonyabb szintjén változatokat, fajokat és családokat különböztetnek meg (román elnevezések használatával – melyek közül vannak antropogén bélyeget kifejezők is). Az osztályozás számos antropogén talajanyagot használ diagnosztikai bélyegként.

A rendszer jellegzetesen hibrid: a legmagasabb szinten diagnosztikai elemek a meghatározóak a taxonok elkülönítésében, de alsóbb szinten, a talajtípusok elkülönítésénél genetikai, talajképződési folyamatok az irányadók. Figyelemreméltó vonása az osztályozásnak, hogy nem csupán az emberi tevékenység által létrehozott talajanyagokkal rendelkező talajokat értékeli antropogén talajként, hanem azokat is, amelyek éppen antropogén hatásra veszítették el termőrétegük bizonyos részét (*erodic, decopertic*).

Antropogén talajtani bélyegek értékelése a francia talajosztályozásban (Référéntiel pédologique, 2008)

A diagnosztikus alapú francia talajosztályozás, a Référéntiel pédologique (BAIZE & GIRARD, 2008) nem hierarchikus felépítésű. A talajokat referenciákhoz sorolja, ezeket pedig nagy referencia egységekbe rendezi. Az egyes talajtulajdonságok alapján a talaj neve végén minősítőket alkalmaz. A 34 nagy referencia egységen (*grands ensembles de références*) belül egy külön egységet képeznek az antropogén (*Anthroposols*) talajok, amelyen belül 5 referencia elnevezés szerepel: *Anthroposols transformés, Anthroposols artificiels, Anthroposols reconstitués, Anthroposols construits, Anthroposols archéologiques*. A WRB-hez hasonló vonás, hogy az antropogén bélyegek kifejezésére alkalmazott minősítők más referencia egységeken belül is alkalmazhatók, és nagy számban állnak rendelkezésre.

Antropogén talajtani bélyegek értékelése a szlovák talajosztályozásban (Morfofenetický klasifikačný systém pôd Slovenska, 2014)

A szlovák talajosztályozás (Morfofenetický klasifikačný systém pôd Slovenska) alapvetően hierarchikus, de egyes talajjellemzők tekintetében mellérendelő elemeket is alkalmazó, diagnosztikus szemléletű rendszer (SOCIETAS

PEDOLOGICA SLOVENSKA, 2014) öt hierarchikus szinten különíti el a talajcsoportokat (*Skupina pôd*), talajtípusokat (*Pôdny typ*), altípusokat (*Pôdny subtyp*), változatokat (*Varieta*) és formákat (*Forma*). Ezen túlmenően számos talajtulajdonság (pl. textúra, talajképző üledék, vázrész tartalom) mellérendelő módon jelölhető bármely taxonómiai egység neve mellett.

Antropogén diagnosztikai talajszinteket megkülönböztet a rendszer a szerves talajszintek között (On), az ásványi talajszintek között pedig elkülönítik a megművelt talajszinteket (Ak), az antropogén feltalajszinteket (Ad) és az antropogén altalajszinteket (Hd). Megművelt diagnosztikai talajszintek (Ak) között három talajszint változatot jelöl meg a rendszer szántott (Akp), meliorált (Akj) és kerti feltalajszintek (Ako) formájában. Kifejezetten antropogén eredetű feltalajszintek (Ad) között iniciális (Adi: 1–10 cm vastag) és rekultivált (Adr: 10 cm-nél vastagabb) feltalaj változatokat különítenek el, amelyekben belül további alváltozatok megadása is lehetséges. Antropogén altalajszintek között (Hd) természetes talajképző üledékből származó (Hdy), természetes és mesterséges eredetű üledékből származó (Hdw) és mesterséges eredetű anyagból származó talajszint változatok (Hdx) jelölhetők meg.

A 24 elkülöníthető talajtípusból négy teljesen antropogén eredetű: *Kultizem*, *Hortizem*, *Antrozem*, *Technozem* (SOBOCKÁ, 2008). A négy típusból az első kettőt in situ átalakított antropogén talajnak tekintik, a második két típus pedig ex situ antropogén üledékeken keletkezik. Ezen túl szinte minden talajtípus esetében lehetőség van az altípus, vagy a forma szintjén a talajokat ért antropogén hatások megjelenítésére: antropogén (aa), technogén (ax), kerti (az), teraszozott (at), rigolozott (ar), áteresztős (ao), lecsapolt (av), tömörödött (ah), urbanogén (au), hulladék eredetű (ap), meddő (ad), ekranic (leburkolt) (ae), szerves antropogén üledék eredetű (ha). Ugyanakkor az antropogén eredetű szubsztrátok és kombinációik osztályozására is részletes kulcs áll rendelkezésre.

Következtetések

Bár az antropogén talajok már az első fejlett civilizációk, és azok tájtalakító hatása következtében megjelentek az ember által lakott és hasznosított területeken, részletes dokumentálásuk és osztályozásuk csak alig néhány évtizedes múltra tekint vissza.

Az antropogén talajok osztályozásában elsősorban az lehet döntő szempont, hogy az adott osztályozás a talajképző tényezők eredményének tekinti, és az antropogén hatásokat egy különálló tényezőként értékeli (genetikus osztályozások), vagy a folyamat-rendszer alapú megközelítésben (diagnosztikus osztályozások) a társadalom hatására megváltozott mértékű fluxusokra, folyamatokra helyezi a hangsúlyt, vagy az antropogén talajfejlődést (a determinisztikus káosz modellek alapján) a társadalom által módosított talajfejlődési útvonalként azonosítja. Az első lehetőség, mint láttuk, azért nem könnyen megvalósítható, mert az antropogén hatások többnyire nem jelentenek teljesen új, a természetben nem létező folyamatokat. Hatásukat valójában többnyire a természetes talajképző tényezők hatásának módosítása révén fejtik ki. Ebben a modellben valójában csak a teljesen szintetikus, természetben nem létező, és természetes úton le nem bomló anyagok

jelenthetnek ténylegesen új, antropogén elemet a talajképződésben, de kérdés, hogy ilyen anyagokon lehet-e talajképződésről beszélni. A faktor-folyamat modelleken alapuló diagnosztikus osztályozások a létrehozott új, természetestől eltérő talajszinteket, talajanyagokat és talajtulajdonságokat veszik alapul. Ezek alapján a diagnosztikus osztályozásokban általában külön csoportokba kerülnek az antropogén szubsztráton képződött (neogenetikus) antropogén talajok, amelyek elnevezésében a legtöbb osztályozási rendszer a technogén eredetet hangsúlyozza. Másik jól elkülöníthető csoportba kerülnek többnyire azok az antropogén talajok, ahol az antropogén hatás inkább a talajszintek átalakulási folyamataiban (metapedogenezis) érhető tetten, ezeknek a taxonoknak az elnevezései az általánosabb antropogén megnevezéshez kapcsolódnak. A hazai genetikus talajosztályozás az antropogén talajokat nem tárgyalja, de az ilyen taxonómiai egységek bevezetése az antropogén talajok területi kiterjedése és sajátos talajjellemzőik miatt is indokolt. A jelenleg tesztelés alatt álló diagnosztikus szemléletben megújított hazai talajosztályozási rendszer már az osztályozás első, legmagasabb szintjén elkülöníti az ún. *Antropogén talajokat*, melyek további jellemzése altípus és változati tulajdonságok segítségével biztosított. Az antropogén talajokra vonatkozó adatok hiánya a hazai adatbázisokban azonban nagymértékben megnehezíti ezen talajok részletes numerikus vizsgálatát, és a taxon továbbfejlesztését, ami a hazai talajtani közösség kiemelt feladata.

Ennek elsődleges feltétele, hogy a talajfelvétel során feljegyzésre kerülő, a talajszelvényben azonosítható bélyegek között az antropogén elemek elkülönítéséhez és azonosításához megfelelően kidolgozott, nemzetközileg harmonizált útmutatók álljanak a felvételezők rendelkezésére, amely lehetővé teszi a hazai antropogén talajok további dokumentálását, és elősegíti osztályozásuk fejlesztését.

Irodalom

- AMUNDSON, R. & JENNY, H., 1991. The place of humans in the state factor theory of ecosystems and their soils. *Soil Science*. **151**. (1) 99–109.
- ANTONOVIC, G.M., 1982. Classification of damaged soils. *Soil Plant*. **31**. 365–375.
- BAIZE, D. & GIRARD, M-C. (eds.), 2008. *Référentiel pédologique*. Association française pour l'étude du sol (AfeS). Éditions Quæ. Versailles Cedex, France.
- BARTA, K., TANÁCS, E., SAMU, A. & KEVEINÉ BÁRÁNY, I., 2009. Hazai rendzinák megfeleltetése a WRB nemzetközi talajosztályozási rendszerben (Classification of Hungarian rendzina soils in conformity with the international World Soil Reference Base System (WRB)). *Agrokémia és Talajtan*. **58**. (1) 7–18.
- BIDWELL, O. W. & HOLE, F. D., 1965. Man as a factor of soil formation. *Soil Science* **99**. 65–72.
- BOCKHEIM, J.G., 1974. Nature and properties of highly-disturbed urban soils. In: *Agronomy abstracts*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. pp. 161.
- BOCKHEIM, J.G. & GENNADIYEV, A.N., 2000. The role of soil-forming processes in the definition of taxa in Soil Taxonomy and the World Soil Reference Base. *Geoderma*. **95**. 53–72.

- BUONDONNO, A., COLELLA, A., COPPOLA, E., LANGELLA, A. & LEONE, A.P., 2008. Mineralogical, chemical-physical, and mechanical implications of soil contamination. In: DAZZI, C., & COSTANTINI, E.A.C. (eds.), *The soils of tomorrow. Soils changing in a changing world. Advances in GeoEcology*. Catena, Reiskirchen. pp. 503–518.
- CAPRA, G.F., GANGA, A., GRILLI, E., VACCA, S. & BUONDONNO, A., 2015. A review on anthropogenic soils from a worldwide perspective. *Journal of Soils and Sediments*. **15**. 1602–1618.
- CAPRA, G.F., VACCA, S., CABULA, E., GRILLI, E. & BUONDONNO, A., 2013. Through the decades: taxonomic proposals for human-altered and humantransported soil classification. *Soil Horizons*. **54**. 1–9.
- CERTINI, G. & SCALENGHE, R., 2011. Anthropogenic soils are the golden spikes for the Anthropocene. *The Holocene*. **21**. (8) 1269–1274.
- CHARZYŃSKI, P., BEDNAREK, R., GREINERT, A., HULISZ, P. & UZAROWICZ, L., 2013. Classification of technogenic soils according to WRB system in the light of Polish experiences. *Soil Science Annual*. **64**. (4) 145–150.
- CHARZYŃSKI, P. & HULISZ, P., 2017. The case of Toruń, Poland. In: LEVIN, M.J. (ed.), *Soils within Cities*. Schweizerbart Science Publisher. pp. 123–128.
- CHARZYŃSKI, P., HULISZ, P., BEDNAREK, R., PIERNIK, A., WINKLER, M. & CHMURZYŃSKI, M., 2014. Edifisols—a new soil unit of technogenic soils. *Journal of Soils and Sediments*. **15**. 1675–1686.
- CHARZYŃSKI, P., PLAK, A. & HANAKA, A., 2017. Influence of the soil sealing on the geoaccumulation index of heavy metals and various pollution factors. *Environmental Science and Pollution Research*. **24**. 4801–4811.
- CONRY, M.J., 1974. Plaggen soils. A review of man-made raised soils. *Soils & Fertilizers* **37**. (11) 319–326.
- CORCORAN, P.L., MOORE, C.J. & JAZVAC, K., 2014. An anthropogenic marker horizon in the future rock record. *GSAToday*. **24**. (6) 4–8.
- CZIFRA, L. & NOVÁK, T. J., 2011. Spontán rekultiválódó meddőhányók talajának és növényzetének fejlődési sajátosságai a Bán-patak völgyében. In: WANEK, F. (ed.), 2011. XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia absztraktkötete, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár. pp. 292–293.
- DARWIN, C., 1881. *The formation of vegetation mould, through the action of worms with observations of their habits*. John Murray, London.
- DAZZI, C. & LO PAPA, G., 2015. Anthropogenic soils: general aspects and features. *Ecocycles*. **1**. (1) 3–8.
- DAZZI, C. & MONTELEONE, S., 2007. Anthropogenic processes in the evolution of a soil chronosequence on marly-limestone substrata in an Italian Mediterranean environment. *Geoderma*. **141**. 201–209.
- DE GISI, S., PETTA, L. & WENDLAND, C., 2014. History and Technology of Terra Preta Sanitation. *Sustainability*. **6**. (3) 1328–1345.

- DOBOS, E., VADNAI, P. BETÓTI, R. D., KOVÁCS, K., MICHÉLI, E., SZEGI, T., FULLAJTAR, E., PENIZEK, V. & SWITONIAK, M., 2014. Új WRB alapú validációs adatbázis és validációs módszertan Közép-Európára, ValiDat.DSM. *Agrokémia és Talajtan*. **63**. (2) 393–408.
- DUDAL, R., 2005. The sixth factor of soil formation. *Eurasian Soil Science*. **38**. 60.
- DUDAL, R., NACHTERGAELE, F. & PURNELL, M.F., 2002. The human factor of soil formation. In: 17th World Congress of Soil Science. Bangkok, Thailand. 93.
- EFFLAND, W.R. & POUYAT, R.V., 1997. The genesis, classification, and mapping of soils in urban areas. *Urban Ecosystems*. **1**. 217–228.
- ELLIS, E.C. & RAMANKUTTY, N., 2008. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. *Frontiers in Ecology and the Environment*. **6**. 439–447.
- ESWARAN, H., 2002. Time zero in modern soil classification. In: GALBRAITH, J.M., DITZLER C. & SCHEYER, J.M. (eds), *Anthropogenic soils*. ICOMANTH Report no. 1, Ver. 1.0. USDA-NRCS, Lincoln.
- FANNING, D.S., STEIN, C.E. & PATTERSON, J.C., 1978. Theories of genesis and classification of highly man-influenced soils. In: 11th proceedings of the International Congress of Soil Science, Edmonton. vol. 1. pp 283–284.
- FAO, 2006. Guidelines for soil description. Fourth edition, FAO, Rome.
- FARSANG, A., SZOLNOKI, Z., BARTA, K. & PUSKÁS, I., 2015. Javaslat az antropogén talajok osztályozására a hazai, megújuló osztályozási rendszer keretei között. *Agrokémia és Talajtan*. **64**. (1) 299–316.
- FEDORISHCHAK, M. R.P., 1978. Anthropogenic soil changes in the zone of influence of metallurgical plants. *Pochvovedenie*. **11**. 133–137.
- FLOREA, N. & MUNTEANU, I., 2012. Sistemul Român de Taxonomie a Solurilor, (Romanian System of Soil Taxonomy). Ed Sitech, Craiova.
- FUCHS, M. & MICHÉLI, E., 2010. A duzzadó agyagtalajok előfordulásának dokumentálása és osztályozásuk problémái Magyarországon. *Agrokémia és Talajtan*. **59**. (2) 217–232.
- FUCHS, M. & MICHÉLI, E., 2015. Javaslat a hazai genetikai talajsintek leírásának a FAO irányelveknek megfelelő módosítására. *Agrokémia és Talajtan*. **64**. (1) 273–285.
- FUCHS, M., WALTNER, I. & MICHÉLI, E., 2007. A hazai hidromorf talajok osztályozásának és nemzetközi megfeleltetésének kérdései. *Talajvédelem*. **2007**. (Különszám) 184–192.
- FUCHS, M., WALTNER, I., SZEGI, T., LÁNG, V. & MICHÉLI, E. 2011. A hazai talajtípusok taxonómiai távolsága a képződésüket meghatározó folyamattársulások alapján. *Agrokémia és Talajtan*. **60**. (1) 33–44.
- FÜLEKY, G., 2004. The measure of anthropization: Phosphate content of soil. In: SOBOCKA, J. (ed.), *Proceedings of the International Conference: Soils Anthropization VIII*. (September, 28–30). Bratislava, Slovakia. pp. 20–24.
- FÜLEKY, G., 2005. Soils of the Bronze Age tell in Százhalombatta. In: POROSZLAI, I. & VICZE, M. (szerk.), *SAX, Százhalombatta Archaeological Expedition, Annual Report 2-Field Season 2000–2003*. "Matrica" Múzeum. Százhalombatta. pp. 89–110.

- GALBRAITH, J.M., BRYANT, R.B. & RUSSELL-ANELLI, J.M., 1999. Major kinds of humanly altered soils. In: KIMBLE, J.M., AHRENS, R.J. & BRYANT, R.B. (eds), *Classification, correlation, and management of anthropogenic soils, proceedings*. USDA-NRCS-NSSC, Lincoln, USA. pp 115–119.
- GALBRAITH, J.M., 2012. Rationale for Proposed Changes to Soil Taxonomy Concerning the International Committee for Anthropogenic Soils. *Soil Horizons*. **53**. (2) 1–5.
- GREINERT, A., 2015. The heterogeneity of urban soils in the light of their properties. *Journal of Soils and Sediments*. **15**. 1725–1737.
- HOLLAND, K., LEHMANN, A. & STAHR, K., 1997. Bodeninventur in Stuttgart. In: BLUME, H.P. & SCHLEUSS, U., (Eds.), *Bewertung anthropogener Stadtböden. Abschlussbericht des BMBF-Verbundvorhabens der Universitäten Berlin (TU), Halle-Wittenberg, Hohenheim, Kiel und Rostock sowie des „Büro für Bodenbewertung“*, Kiel. Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde & Ökologie Zentrum, Kiel. pp. 281–307.
- HORVÁTH, A., SZÜCS, P. & BIDLÓ, A., 2015. Soil condition and pollution in urban soils: evaluation of the soil quality in a Hungarian town. *Journal of Soils and Sediments*. **15**. (8) 1825–1835.
- HOWARD, J., 2017. *Anthropogenic Soils*. Springer, New York, NY, USA.
- HULISZ, P., CHARZYŃSKI, P. & GREINERT, A., 2018. Urban soil resources of medium-sized cities in Poland: a comparative case study of Toruń and Zielona Góra. *Journal of Soils and Sediments*. **18**. 358–372.
- IUSS WORKING GROUP WRB, 2006. *World Reference Base for Soil Resources 2006, World Soil Resources Reports, No. 103*. FAO, Rome.
- IUSS WORKING GROUP WRB, 2014. *World Reference Base for Soil Resources 2014, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports, No. 106*. FAO, Rome.
- IUSS WORKING GROUP WRB, 2015. *World Reference Base for Soil Resources 2014 update 2015. World Soil Resources Reports, No. 106*. FAO, Rome.
- IUSS WORKING GROUP WRB, 2022. *World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition*. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.
- JASSÓ, F. (szerk.), 1989. '88 útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. Agroiinform, Budapest.
- JENNY, H., 1941. *Factors of soil formation*. McGraw-Hill Book Co., New-York
- JOHNSON, D.L., KELLER, E.A. & ROCKWELL, T.K., 1990. Dynamic pedogenesis: New views on some key soil concepts, and a model for interpreting quaternary soils. *Quaternary Research*. **33**. (3) 306–319.

- KABAŁA, C., CHARZYŃSKI, P., CHODOROWSKI, J., DREWNİK, M., GLINA, B., GREINERT, A., HULISZ, P., JANKOWSKI, M., JONCZAK, J., ŁABAZ, B., ŁACHACZ, A., MARZEC, M., MAZUREK, R., MENDYK, Ł., MUSIAŁ, P., MUSIEŁOK, Ł., SMRE CZAK, B., SOWIŃSKI, P., ŚWITONIAK, M., UZAROWICZ, Ł. & WAROSZEWSKI, J. (eds.), 2019. Systematyka gleb Polski. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, Komisja Genezy Klasyfikacji i Kartografii Gleb. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu; Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, Wrocław–Warszawa, Poland.
- KOSSE, A.D., 1980. Anthrosols: proposals for a new soil order. In: *Agronomy abstracts*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. pp. 182.
- KUZYAKOV, Y. & ZAMANIAN, K., 2019. Reviews and syntheses: Agropedogenesis – humankind as the sixth soil-forming factor and attractors of agricultural soil degradation. *Biogeosciences*. **16**. 4783–4803.
- LEBEDEVA, I.I., TONKONOGOV, V.D. & SHISHOV, L.L., 1993. Taxonomic position and systematics of anthropogenically changed soils. *Pochvovedenie*. **9**. 98–106.
- LEHMANN, A. & STAHR, K., 2007. Nature and significance of anthropogenic urban soils. *Journal of Soils and Sediments*. **7**. 247–260.
- LEWIS, S.L. & MASLIN, M.A., 2015. Defining the Anthropocene. *Nature*. **519**. 171–180.
- MAECHLING, P., COOKE, H. & BOCKHEIM, J.G., 1974. Nature and properties of highly-disturbed urban soils. In: *Agronomy abstracts*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. 161.
- MGSZH KÖZPONT ERDÉSZETI IGAZGATÓSÁG, 2010. Erdőrendezési útmutató. Termőhelyfelvétel kódjegyzéke és mellékletei. Kivonat. 5. változat. Budapest.
- MCPHERSON, T.S. & TIMMER, V.R., 2002. Amelioration of degraded soils under red pine plantations on the Oak Ridges Moraine, Ontario. *Canadian Journal of Soil Science*. **82**. 375–388.
- MICHÉLI, E., 2011. A talajképző folyamatok megjelenése a diagnosztikai szemléletű talajosztályozásban. *Agrokémia és Talajtan*. **60**. (1) pp. 17–32.
- MICHÉLI, E., FUCHS, M., HEGYMEGI, P. & STEFANOVITS, P., 2006. Classification of the major soils of Hungary and their correlation with the World Reference Base for Soil Resources (WRB). *Agrokémia és Talajtan*. **55**. (1) 19–28.
- MICHÉLI, E., FUCHS, M., LÁNG, V., SZEGI, T., DOBOS, E. & SZABÓNÉ KELE, G., 2015. Javaslat talajosztályozási rendszerünk megújítására: alapelvek, módszerek, alapegységek. *Agrokémia és Talajtan*. **64**. (1) 285–297.
- MICHÉLI, E., FUCHS, M., LÁNG, V., SZEGI, T. & SZABÓNÉ KELE, G., 2014. Methods for modernizing the elements and structure of the Hungarian Soil Classification System. *Agrokémia és Talajtan*. **63**. (1) 69–78.
- MICHÉLI, E., FUCHS, M., SZEGI, T., CSORBA, Á., DOBOS, E. & SZABÓNÉ KELE, G., 2018. A diagnosztikus szemléletben megújított hazai talajosztályozási rendszer. Alapelvek, felépítés, osztályozási szabályok. Vitaanyag 2018.10.10. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő.

- MICHÉLI, E. & KRASILNIKOV, P., 2009. The Hungarian Soil Classification System In: KRASILNIKOV, P., MARTI, J. J. I., ARNOLD, R. & SHOBA, S. (eds), A handbook of soil terminology, correlation and classification. Earthscan, London, UK. pp. 171–176.
- MONASTERSKY, R., 2015. Anthropocene, the human age. *Nature*. **519**. 144–147.
- MONTANARELLA, L., PENNOCK, D. J., MCKENZIE, N., BADRAOUI, M., CHUDE, V., BAPTISTA, I., MAMO, T., YEMEFACK, M., SINGH AULAKH, M., YAGI, K., YOUNG HONG, S., VIJARNORN, P., ZHANG, G.-L., ARROUAYS, D., BLACK, H., KRASILNIKOV, P., SOBOCKÁ, J., ALEGRE, J., HENRIQUEZ, C. R., DE LOURDES MENDONÇA-SANTOS, M., TABOADA, M., ESPINOSA-VICTORIA, D., ALSHANKITI, A., ALAVIPANAH, S. K., ELSHEIKH, E. A. E. M., HEMPEL, J., CAMPS ARBESTAIN, M., NACHTERGAELE, F. & VARGAS, R., 2016. World's soils are under threat. *Soil*. **2**. 79–82.
- NESTROY, O., AUST, G., BLUM, W.E.H., ENGLISCH, M., HAGER, M., HERZBERGER, E., KILIAN, W., NELHIEBEL, P., ORTNER, G., PECINA, E., PEHAMBERGER, A., SCHNEIDER, W. & WAGNER, J., 2011. Systematische Gliederung der Böden Österreichs. Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft. Wien.
- PÁSZTOR, L., LABORCZI, A., BAKACSI, Z., SZABÓ, J. & ILLÉS, G., 2018. Compilation of a national soil-type map for Hungary by sequential classification methods. *Geoderma*. **311**. 93–108.
- PENÍZEK, V. & ROHOŠKOVÁ, M., 2004. Man-made soils classification. In: SOBOCKA, J. (ed.), Proceedings of the International Conference: Soil Anthropization VIII. Bratislava, Slovakia. pp. 101–106.
- PHILIPS, J.D., 1993. Progressive and regressive pedogenesis and complex soil evolution. *Quaternary Research*. **40**. (2) 169–176.
- PINDRAL, S., KOT, R., HULISZ, P. & CHARZYŃSKI, P., 2020. Landscape metrics as a tool for analysis of urban pedodiversity. *Land Degradation & Development*. **31**. (16) 2281–2294.
- PROKOFYEVA, T.V., GERASIMOVA, M.I., BEZUGLOVA, O.S., BAKHMATOVA, K.A., GOLEVA, A.A., GORBOV, S.N., ZHARIKOVA, E.A., MATINYAN, N.N., NAKVASINA, E.N. & SIVTSEVA, N.E., 2014. Inclusion of soils and Soil-like bodies of urban territories into the Russian soil classification system. *Eurasian Soil Science*. **47**. 959–967.
- PUSKÁS, I. & FARSANG, A., 2008. Evaluation of human-impacted soils in Szeged (SE Hungary) with special emphasis on physical, chemical and biological properties. In: DAZZI, C. & COSTANTINI, E.A.C. (eds), The soils of tomorrow. Soils changing in a changing world. *Advances in GeoEcology*. **39**. 117–147.
- PUSKÁS, I. & FARSANG, A., 2009. Diagnostic indicators for characterizing urban soils of Szeged, Hungary. *Geoderma*. **148**. (3–4) 267–281.
- RESULOVIĆ, H. & ČENGIĆ, I., 2004. Burnt soils – A proposal of classification In: SOBOCKA, J. (ed.) 2004. Proceedings of the International Conference: Soil Anthropization VIII. Bratislava, Slovakia. pp. 15–19.
- RICHTER, D. DE B., BACON, A.R., BRECHEISEN, Z. & MOBLEY, M.L., 2015. Soil in the Anthropocene. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. **25**. 012010.

- ROHOŠKOVÁ, M., PENÍŽEK, V. & BORŮVKA, L., 2006. Study of Anthropogenic Soils on a Reclaimed Dumpsite and their Variability by Geostatistical Methods. *Soil & Water Resources*. **1**. 72–78.
- ROSSITER, D.G., 2007. Classification of urban and industrial soils in the World Reference Base for Soil Resources. *Journal of Soils and Sediments*. **7**. (2) 96–100.
- ROSSITER, G. & BURGHARDT, W., 2003. Classification of urban & industrial soils in the World Reference Base for Soil Resources: working document. Second Internat. Conf. Soils in Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas. ISSS-AISS-SICS, 9–11 July 2003. Nancy, France. pp. 1–24.
- SÁNDOR, G., SZABÓ, G., CHARZYŃSKI, P., SZYNKOWSKA, E., NOVÁK, T.J. & ŚWITONIAK, M., 2013. Technogenic Soils In Debrecen. In: CHARZYŃSKI, P., MARKIEWICZ, M. & ŚWITONIAK, M. (eds.), *Technogenic Soils*. Polish Society of Soil Science, Toruń. pp. 35–74.
- SCHAD, P., 2013. Classification of Technosols and related soils in WRB: from 2006 to 2014. In: *Seventh International Conference of Soils in Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas*. ISSS-AISS-SICS, 16–20 September 2013, Toruń. **9**.
- SCHAETZL, R.J. & THOMPSON, M. L., 2015. *Soils: Genesis and Geomorphology*. 2nd Edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- SENF, F., 1847. *Lehrbuch der Gebirgs- und Bodenkunde – Zunächst für forst- und landwirthe*. Mauke, Jena, Germany.
- SIMONSON, R.W., 1959. Outline of a generalized theory of soil genesis. *Soil Science Society of America Journal*. **23**. 152–156.
- SIMONSON, R.W., 1978. A multi-process model of soil genesis. In: MAHANEY, W.C. (ed.), *Quaternary Soils*. Geo Abstracts, Norwich, UK. pp. 1–25.
- SOBOCKÁ, J., 2001. New Trends in Anthropogenic Soil Groups Formation. In: *Soil Anthropization VI. Proceedings of the Int. Workshop*. VÚPOP, Bratislava. pp. 39–42.
- SOBOCKÁ, J., 2003a. Urban Soils vs. Anthropogenic Soils, their Differentiation and Classification. Final Program and Abstracts Book, SUITMA International Conference (9–11 July, 2003), Nancy, France. pp. 41–42.
- SOBOCKÁ, J., 2003b. Urban soils vs. anthropogenic soils, their characteristics and functions. *Phytopedon (Bratislava)*. **2**. (2) 76–80.
- SOBOCKÁ, J., 2004. Necrosol as a new anthropogenic soil type. In: SOBOCKA, J. (ed.) 2004. *Proceedings of the International Conference: Soil Anthropization VIII.*, Bratislava, Slovakia, September, 28–30. pp. 107–113.
- SOBOCKÁ, J., 2008. Position of Technosols in the Slovak Soil Classification System and their Correlation. *Gruntoznalstvo (Soil Science, Počvovedenijs)*. **9**. (3–4) 177–182.
- SOBOCKÁ, J., BEDRNA, Z., JURANI, B. & RAČKO, J., 2000. Anthropogenic Soils in the Morphogenetic Soil Classification System of Slovakia. In: BURGHARDT, W. & DORNAUF, C. (eds): *Proceedings 1st International SUITMA Conference*, vol. 1. University of Essen. pp. 277–281.

- SOBOCKÁ, J., TONKONOGOV, V., GERASIMOVA, I. & LEBEDEVA, I. 2001. A Comparative Analysis of Approaches to Anthropogenic Soils Classification in Slovakia and Russia. In: Soil Anthropization VI. Proceedings of the International Workshop. VÚPOP, Bratislava. pp. 32–48.
- SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA, 2014. Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. Druhé upravené vydanie. NPPC – VUPOP, Bratislava.
- SOIL SURVEY STAFF, 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2nd edition. Agricultural Handbook 436, Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington DC, USA.
- SOIL SURVEY STAFF, 2014. Keys to Soil Taxonomy, 12th edition. USDA Natural Resources Conservation Service.
- SOIL SURVEY STAFF, 2022. Keys to Soil Taxonomy, 13th edition. USDA Natural Resources Conservation Service.
- SOMBROEK, W.G., 1966. Amazon soils: a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region (phd). Wageningen University, Wageningen. pp. 283.
- SPONAGEL, H., GROTTENTHALER, W., HARTMANN, K.-J., HARTWICH, R., JANETZKO, P., JOISTEN, H., KÜHN, D., SABEL, K.-J. & TRIDL, R. (eds.), 2005. Bodenkundliche Kartieranleitung. KA5 [Manual of soil mapping. 5th Ed. (KA5)], Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe & Staatliche Geologische Dienste, Hannover.
- STEFANOVITS P., 1992. Talajtan (3. kiadás) Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- STEFANOVITS P., FILEP G. & FÜLEKY G. (szerk.), 1999. Talajtan., Mezőgazda, Budapest.
- SZABOLCS, I., (szerk.) 1966. A genetikus üzemi talajterképezés módszerkönyve, Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet, Budapest. pp. 19–160; 165–254.
- VOLUNGEVICIUS, J. & SKORUPSKAS, R., 2011. Classification of anthropogenic soil transformation. *Geologija*. **53**. (4) 165–177.
- YAALON, D.H., & YARON, B., 1966. Framework for man-made soil changes, an outline of metapedogenesis. *Soil Science*. **102**. 272–277.
- WILDING L.P. & AHRENS R.J., 2002. Soil Taxonomy: Provisions for Anthropogenically Impacted Soils. In: MICHÉLI, E., NACHTERGAELE, F. O., JONES, R.J.A. & MONTANARELLA, L. (eds), Soil Classification 2001. European Soil Bureau Research Report. 7. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. EUR 20398 EN.

Online irodalom

URL1: USDA, NRCS 2025: <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2023-01/Artesols-Order-Proposal.docx> (access: 2025.05.05)

Emerging and taxonomy of anthropogenic factors, processes and features in classification of soils

*¹Tibor József NOVÁK, ²Adrienn HORVÁTH, ³Erika CSÁKINÉ MICHÉLI,
³Márta FUCHS

¹Institute for Agrochemistry and Soil Science, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, University of Debrecen, Debrecen, Hungary

²Institute of Environmental Protection and Nature Conservation, Faculty of Forestry, University of Sopron, Sopron, Hungary

³Institute of Environmental Sciences, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő, Hungary

Abstract

Until the most recent times in many soil classification systems, only little attention was paid to the soils of anthropogenic origin, and soils modified or transformed significantly by anthropogenic processes, as they are mostly agriculturally unused soils. However, the increasing intensity of anthropogenic soil transformation processes and the rapid growth of the affected agricultural, urban and industrial areas have demanded a place for anthropogenic soils in most classification systems. These have been continuously incorporated into the renewed national and international soil classification systems since the 1990s. In this review study, we provide an overview about the considering anthropogenic soil transformation processes in the leading pedogenetic conceptual models, which ultimately constitute the basis of classification and allocates the taxonomic position of anthropogenic soils. We present the taxonomic position and evaluation of anthropogenic soils in the case of several national and international soil classifications. The aim of the review is to provide guidance for the involvement and organization of anthropogenic soil properties, materials and taxonomic units to support the development of their positioning into the Hungarian soil classification.

Keywords: anthropogenic soils, soil classification, anthropogenic soil horizons, anthropogenic soil materials

Open Access nyilatkozat: A cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerülnek. (SID_1)
