

## Válasz opponensi bírálatra

**Opponens:** Dr. Zsirka Balázs, tudományos munkatárs, Pannon Egyetem  
**Értekezés címe:** Olajpala hasznosítása a környezeti szennyezők eltávolításában  
**Szerző:** Molnár Miklós

Mindenekelőtt újból szeretném megköszönni Dr. Zsirka Balásznak a lelkiismeretes és igen alapos munkáját, értékelését, már az előbírálat során is tett rendkívül hasznos építő jellegű javaslatait, valamint a dolgozat véleményezésére áldozott idejét és energiáját. Köszönöm továbbá a disszertációra vonatkozó elismerő gondolatait is. A bírálatban megfogalmazott kérdésekre az alábbiakban válaszolok.

- 1. Kiemelendő, hogy a biológiai aktivitást abiotikus kontroll alkalmazásával erősítette meg, valamint javaslatot tett a két tesztvegyület biológiai bomlásának mechanizmusára. Az olajpala és kompozitjainak regenerálhatósága és újrahasználatossági vizsgálatai kiemelten értékes részei a munkának. Ugyanakkor felmerülhet a kérdés, hogy többszörös felhasználás esetén a hatékonyság megőrzéséhez szükség lehet-e külső tápanyagok adagolására?*

### Válasz:

Az újrahasznált olajpala mint biológiai bomlást elősegítő anyag többszöri felhasználása esetében elkerülhetetlen a szubsztrát bomlásának hatékonyságromlása, mivel óhatatlan a mikrobiális közösség egy részének kimosódása a rendszerből. Ugyanakkor a hatékonyságmegőrzést elősegítheti külső tápanyagok adagolása. Azonban érdemes kísérletekkel meggyőződni arról, hogy az utólag hozzáadott tápanyag nem nyit-e meg nem kívánt bomlási utakat. Például egy előkísérlet során a szubsztrátot tartalmazó oldathoz glükózt adtam olyan mennyiségben, hogy a felülúszó kezdeti glükózkoncentrációja 0,5%-os értékű volt. GC-MS mérések is bizonyították, hogy ekkor vajsavas erjedés is végbement a rendszerben, amiért az olajpalán kis mennyiségben azonosított *Clostridium sensu stricto* nemzetségbe tartozó mikroorganizmusok lehettek felelősek.

- 2. Az eredmények alapján a természetes biológiai degradációs képesség kiaknázása különösen ígéretes lehetőség a környezeti elemek kármentesítésében. Erre vonatkozóan, hogyan látja a Jelölt, mennyire befolyásolhatja a természetes olajpalák illetve azok*

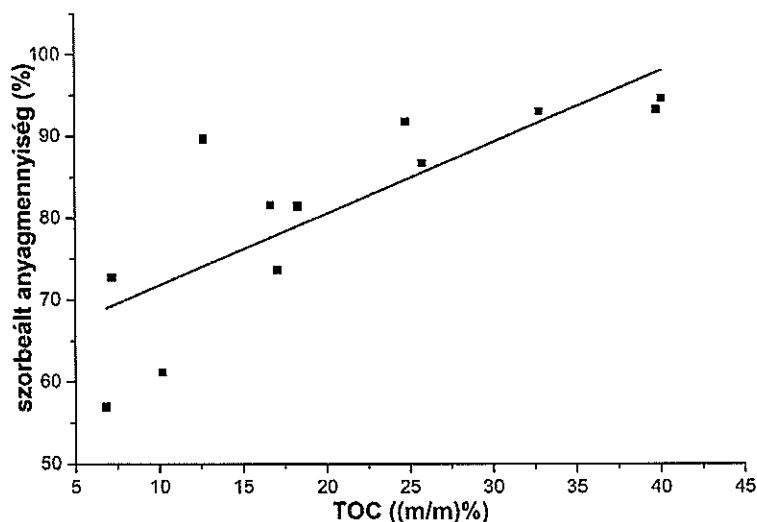
*kompozitjainak alkalmazhatóságát az olajpálák lelőhelytől függő, összetételbeli változatossága?*

Válasz:

Kijelenthető, hogy a biológiai bomlás sebességét, és ennek következtében az olajpala és kompozitjainak alkalmazhatóságát is befolyásolja az olajpala lelőhelyének elhelyezkedése.

A dolgozatban megnevezett GINOP pályázat keretén belül megvizsgáltuk az ugyanazon bányából származó, de elérő helyekről vett olajpalaminták összetételbeli, valamint a szorpciós és a bomlást elősegítő tulajdonságok közötti különbségeket. A minták lényegében azonos komponensekből álltak (szervetlen ásványok és szerves anyag tekintetében), de az arányuk eltérő volt. A különböző olajpalamintákon élő mikroorganizmusok azonosítása, és ennek következtében a mikroorganizmusok összetételbeli különbségének vizsgálata a szekvenálási vizsgálatok jelentős költségvonzata miatt nem történt meg.

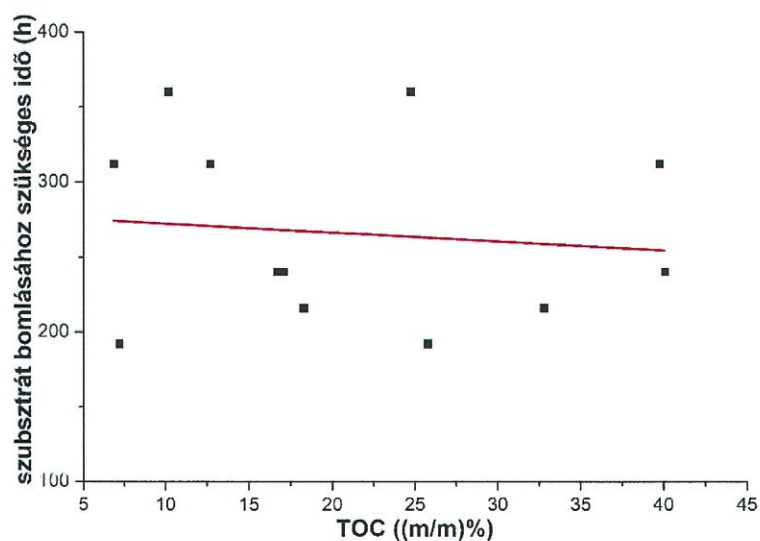
Az 1. ábrán látható, hogy egy, a dolgozatban nem vizsgált szorbátum (2,4-diklórfenol) esetében az olajpalaminták által megkötött és az oldatban lévő anyagmennyiség aránya, valamint az olajpalaminták összes szerves széntartalma (TOC) között egyenes arányosság figyelhető meg, jól korrelálnak egymással (korrelációs együttható<sup>1</sup>:  $R = 0,802$ ). (Ez megerősíti az 5.3.7. alfejezetben tett hivatkozásokkal ellátott állítást is, miszerint „a szerves vegyületek szorpciójáért elsősorban az olajpala szervesanyag-tartalma felelős”.)



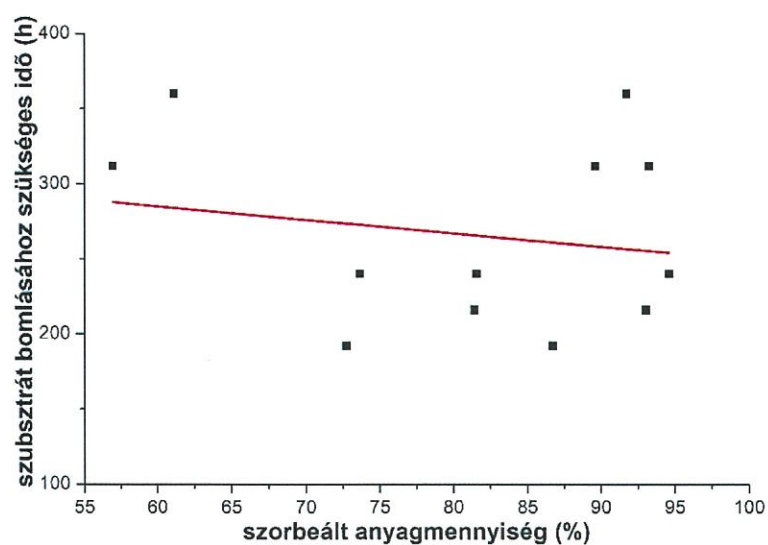
**1. ábra:** Az olajpalaminták által sorbeált és az oldatban lévő anyagmennyiség aránya, valamint az olajpalaminták TOC tartalma közötti összefüggés

<sup>1</sup> A korrelációs együttható értékét a GraphPad Prism 9.4.1 szoftver segítségével határoztam meg.

Az olajpalaminták jelenlétében a szubsztrát bomlásához szükséges idő, valamint az olajpalaminták TOC tartalma vagy az olajpalaminták által szorbeált és az oldatban lévő anyagmennyiség aránya között nincs lényegében korreláció (2. és 3. ábra) (rendre  $R = -0,113$  és  $-0,185$ ).



**2. ábra:** Az olajpalaminták jelenlétében a szubsztrát bomlásához szükséges idő, valamint az olajpalaminták TOC tartalma közötti összefüggés



**3. ábra:** Az olajpalaminták jelenlétében a szubsztrát bomlásához szükséges idő, valamint az olajpalaminták által szorbeált és az oldatban lévő anyagmennyiség aránya közötti összefüggés

A fenti eredményekből hiba lenne azt a következtetést levonni, hogy a biológiai bomlás hatékonysága független a jelenlévő TOC mennyiségétől vagy a szorbeált és az oldatban lévő szubsztrát arányától. Az eredmények inkább azt jelentik, hogy a bomlási hatékonyság

elsősorban az olajpalán élő mikroorganizmusok összetételétől és mennyiségétől függ, hiszen megfelelő mikroorganizmusok jelenléte nélkül hatékony biológiai bomlás nem lehetséges. Összefoglalva elmondható, hogy az olajpala lelőhelyétől függően változhat az olajpala összetétele, s ennek megfelelően a biológiai bomlást elősegítő tulajdonsága.

*3. A rövid kitekintésként bemutatott biológiai bomlás és a heterogén fotokatalízis kombinálási lehetősége igen érdekfeszítő, az eredményekkel a Jelölt demonstrálja a szinergizmus előnyeit a DIPNS tesztvegyület degradációjának jelentős hatékonyság növekedésében. Ugyanakkor a fotokémiai kísérletben megfigyelt pH csökkenés kapcsán felmerülhet a kérdés, hogy ez okozhat-e nem kívánt hatást (pl. toxikus fémek kioldódását) az azt követő biológiai degradáció során?*

Válasz:

Megtartva a dolgozatban ismertetett 5 g olajpala : 50 ml felülúszó arányt, az olajpala pufferkapacitásának köszönhetően (savas terhelést nagyjából 1 nagyságrenddel hatékonyabban semlegesít, mint a lúgot) a felülúszó pH értéke az 5.1. alfejezetben ismertetett értékre (7,60) állt be még abban az esetben is, amikor a felülúszó kezdeti pH értéke 3,72 volt. Ezt a mennyiségű protontöbbletet az olajpala egyes komponensei (pl.  $\text{CaCO}_3$ -tartalom, alumínium-hidroxid polimerek vagy humuszanyagok deprotonált funkciós csoportjai) könnyedén semlegesítették.

Végezetül még egyszer nagyon köszönöm a dolgozat alapos bírálatát, azt a rengeteg értékes és a hasznos szakmai tanácsát, amiknek segítségével javíthattam a disszertáció minőségén, valamint sikeres védés esetén a doktori értekezés elfogadására tett javaslatát.

Veszprém, 2022. szeptember 19.

  
Molnár Miklós