

# Gumiabroncs hulladék alkalmazása talajjavításra és talajremediációra

Készítette: Varga Ádám

Tervezési feladat, biomérnök, BSc  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2012

## A hulladék bemutatása, és az azt előállító ipar folyamatainak rövid ismertetése:

### A gumiabroncsgyártás lépései:

1. Alapanyagok (kaucsuk, a vulkanizálás hatóanyagai, öregedésgátlók, töltőanyagok, lágyítók, egyéb adalékanyagok, szilárdsághordozók) összekeverése.
2. Alkatrészgyártás:
  - a) gumis alkatrészek gyártása: kalanderezés, extrudálás;
  - b) szilárdsághordozót tartalmazó alkatrészek gyártása: felpréselés, vágás, huzalkarika gyártás
3. Felépítés (az alkatrészek összeépítése nyersköpennyé)
4. Vulkanizálás (megfelelő idő alatt a megfelelő hőmérséklet és nyomás hatására a nyersköpenyből vulkanizált abroncs lesz.)
5. Végtermék ellenőrzés [1]

## A hulladék jellemzői, hasznosítása előtti kezelések

A hulladék gumiabroncsot aprítva vagy anélkül hasznosítják. Aprításkor a gumiabroncs speciális vágógéppel félbevágható, az abroncs oldalfala pedig elválasztható a többi részétől. A gumiabroncsok aprítása vagy szeletelése elsődleges és másodlagos aprítási eljárást foglal magában vagy mindkettőt. Az elsődleges aprítási eljárásban előállítható darabkák mérete változhat az aprító gyártási modelljétől és a vágóél állapotától függően. A hulladék gumiabroncsot általában egy nagy-teljesítményű shredder aprítja, majd több őrlőgép darabolja egyre finomabb őrlétté. A gumiőrlet acélmentességét általában többlépcsős mágneses szeparátor biztosítja. A textil leválasztása pneumatikus úton történhet. A gumiőrlet egy szitasor segítségével a vevői igényeknek megfelelő szemszerkezetre szétválasztva kerül a zsákokba. [2]

Hulladék, melléktermék éves mennyisége Magyarországon 40 000 t

Hulladék, melléktermék lerakott mennyisége Magyarországon 80 000 t

A gumiabroncsok gyártásában felhasznált anyagok: a szintetikus gumi, természetes gumi, kén és kénvegyületek, fenol-gyanta, olaj (aromás, naftén), szövet (poliészter, nejlón), ásványolajviasz, színezőanyag (cink-oxid, titán-dioxid), karbon-festék, zsírsavak, adalékanyagok. Az anyagok átlagos tömegszázalékos aránya a gumiabroncsban (% m/m): természetes gumi (14–27%) szintetikus gumi (14–27%), karbon-festék (28%), acél (14–15%), szövet, töltőanyag, gyorsítók és ózon elleni védőszerek (16–17%). [3]

## **Gumiabroncs hulladék felhasználási lehetőségei:[3]**

Az elhasználdott gumiabroncsokat többféle módon is újra felhasználhatjuk:

1. Újrafutózás után újra használható a forgalomban, még ha rövidebb ideig is, mint egy új darab
2. Cipők talpának gyártásánál hozzáadott komponens lehet
3. Hangszigetelésre, padló- és aszfalt adalékként is hasznosítják
4. Alkotói külön-külön felhasználhatók: textil a szigetelések gyártásánál, az acél nagyolvasztókban.

## **Négy esettanulmány a gumiabroncs talajjavítási és –remediációs célra való felhasználásának módjairól.**

### 1. Gumiabroncsok hasznosítása az üzemén kívüli szemétlerakók beborítására

A lerakott hulladékot több rétegből kialakított fedő- és burkolóréteggel borítják be. Az alsó (első) réteg a keletkező gázok elvezetéséért felel, erre sorban egy záró, egy vízvezetést segítő, egy védő és egy felszint borító réteg kerül. A gumiabroncs a vízvezetésért felelős réteg kialakítására használható fel, szem előtt tartva az alkalmazás gazdaságosságát. A cikk írói 10 centiméternél nagyobb méretűre aprított gumiabroncsot találtak a leggazdaságosabbnak a felhasználásra. (Az aprítás komoly költségekkel jár.)

A kísérletek laboratóriumi és szabadtéri körülmények között zajlottak.

Eredmények: nagy szórás mutatkozott a kompresszibilitásban, vízvezető képességben, és kohézióban, de a gumiabroncs eléri, sőt meghaladja a hasznosításhoz elvárt határértékeket. Az említett gazdasági megfontolásoktól eltekintve pusztán a fizikai tulajdonságok alapján az 1,3–14 cm nagyságú abroncs-apríték használható szemétlerakó felszíni borítására. [4]

## 2. Gumiabroncs felhasználása szerves anyagok adszorpciójára

Laboratóriumi kísérletben vizsgálták a porított abroncs szerves anyagokkal szemben mutatott adszorpciók képességét egyéb jelen levő szerves komponensek, ionerősség, pH, abroncs-apriték szemcsenagysága és a hőmérséklet függvényében.

Az m-xilánál mérték a legnagyobb megoszlási hányadost (977 l/kg), ezt követi az etilbenzol, toluol, triklóretilén, 1-1-1-triklórétán, kloroform és végül a metilén-klorid (13 l/kg). A megoszlási hányados logaritmusai lineáris összefüggésben áll az oktanol-víz megoszlási hányadossal. Az anyagok oldáshője alacsony, ezért nem valószínű, hogy a környezet hőmérséklete érdemileg befolyásolja az adszorpció folyamatát. [5]

## 3. Talaj likvifikációjának megakadályozása szeizmikusan aktív területeken

Szeizmikusan aktív zónákban a talaj likvifikációjának problémájára ajánlanak megoldást a szerzők, homok és abroncs-apriték keverékének használatával. (Likvifikáció: a talaj elveszti szilárdságát és a nyírással szembeni ellenállását, szilárd anyag helyett viszkózus folyadékként viselkedik.) A kísérletek számítógépes szimulációkon alapulnak, ez alapján 5–30% abroncs-tartalmú keverék nem kínál megoldást, azonban 40% feletti abroncs-tartalom esetén a paraméterek javulnak. A méréseknél az abroncs-homok keverék és a tiszta homok tulajdonságait hasonlítja össze. [6]

## **4., kiemelt eset: Növénykárosító nematódászám csökkentése a talajhoz adagolt gumipor segítségével[7]**

Cserépban végzett kísérletek során gyepes talajban a fonálféreg-számot és populációt, illetve a talaj jellemzőit vizsgálták a cikk szerzői.

A kísérletek 0, 10 és 15% abroncs-morzsálék (crumb rubber) tartalommal folytak, egyszerre több párhuzamos kezeléssel.

A problémát a talajban élő fonálféreg tevékenysége jelenti – közöttük található ragadozók, mindenevők, növényekkel táplálkozók és élősködők is. Utóbbiak komoly károkat okoznak a gyep gyökérzetében, extra költségeket róva a golf- és focipályák üzemeltetőire. A cél a gyepkárosító fonálféreg számának csökkentése volt, amit peszticidek használatával nem tudtak elérni.

A vizsgált talajt a termőföld felső 5–10 centiméteréből gyűjtötték be, összetétele: 12% agyag, 23% iszap, 65% homok. Szerves széntartalma 2,71% volt, pH értéke 8,2. 10 mm részközű szitával eltávolították belőle a nagyobb méretű anyagokat – köveket, ágakat. A friss talajmintát ezek után két részre osztották: az egyiket tenyészközegnek használták, a másikat 160°C-on sterilizálták 2 órán keresztül. Az abroncs-morzsálékot 0,5-1mm szemcsenagyságban használták, 0, 10 és 15% arányban keverve a talajhoz.

1. táblázat: a talajminták előkészítésének módja

(g)	talaj	hőkezelt talaj	gumipor
1. kezelés	200	300	0
2. kezelés	200	250	50
3. kezelés	200	225	75

A 0, 10 és 15% gumipor tartalmú talajok elkészítésének módja az 1. táblázatban látható. Mindegyik mintához hozzáadtak 1,5g *Lolium perenne* L. (angolperje) magot. A növényt üvegházi körülmények között nevelték, július és szeptember között, természetes napfényben. Az átlagos hőmérséklet 20°C volt, a relatív páratartalom 50%. Az angolperje hajtásait 40 és 90 nappal ültetés után vizsgálták, tömegüket rögzítették.

A 3 hónap letelte után mintákat vettek a különböző mintákból, majd megvizsgálták a fonálféreg-populációjukat. A fonálféreg mintákat 72 órán keresztül 24 óránként vették, trietilamin-formaldehid keverékkel elölték, majd azonosították és számolták őket. Baktériumokkal, gombákkal, növényekkel táplálkozó, valamint mindenevő és ragadozó életmódú fonálférgeket azonosítottak. A populációkat diverzitás, fajgazdagság, egységesség és dominancia szempontjából vizsgálták.

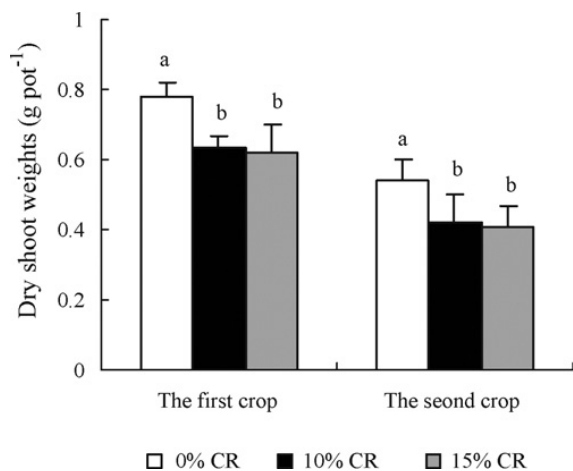
2. táblázat: Talaj paramétereit (első sorban a hozzáadott gumi-morzsalékot nem tartalmazó kontroll)

Gumi-morzsalék:	sűrűség	pH (1:5 talaj-víz arány)	nedvességtartalom (%)
0%	0,99+/- 0,06	8,12+/-0,02	26,78+/-2,37
10%	0,87+/- 0,02	8,05+/-0,02	29,81+/-1,91
15%	0,71+/- 0,03	7,95+/-0,00	33,24+/-1,83

3. táblázat: Nematódaszám és annak megváltozása a mintákban a gumipor (CR) koncentrációjának függvényében

(db)	0% CR	10% CR	15% CR
Plant parasite	2654,5	2090,5	1582,2
Fungivore	0,6	1,6	2,6
Bacterivore	16,7	13,3	15,1
Omnivore	9,5	9,2	6,0
Predator	0	7,6	26,8
Total	2681,3	2122,2	1632,7

Az adatokból jól kitűnik, hogy a gumipor adagolásának számottevő hatása volt a nematódaszámra, a nematódák életmódjától függően különböző mértékben. A növényekre káros parazita fajok száma számottevően, mintegy 40%-kal lecsökkent. A ragadozó egyedek megjelentek a mintákban, sőt, a növénykártevők után második legnagyobb egyedszámban találhatóak a kezelt mintákban.



1. ábra: Angolperje hajtásainak tömege a talaj gumipor-tartalmának függvényében. Első és második hajtás tömege a két különálló adatsor.

Az adatokból látszik, hogy a gumipor adagolása mintegy 25%-kal csökkenti a hajtás tömegét. A tömegcsökkenés nagysága körülbelül azonos 10- és 15% gumipor adagolása esetén, ezért a járulékos előnyök miatt a 15%-os adagolás gazdaságos. A hajtás-tömeg csökkenését a talaj tápanyagtartalmának csökkenése okozza, ezt tápszerekkel könnyedén ellensúlyozni lehet.

## Technológia-alternatívák a nematódaszám csökkentésére:

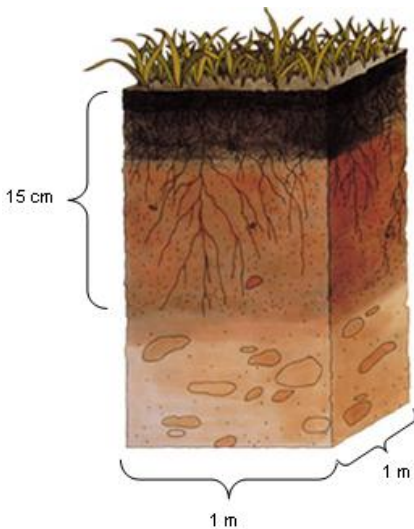
- 1) Neem olaj, illetve a sajtolásakor visszamaradt lepény [8]
- 2) Temik nematicid termék (hatóanyaga: Aldicarb ) [9]
- 3) Egyes fokhagymában található poliszulfidok természetes nematicid hatásúak [10]
- 4) Karanja olaj, ill. pogácsa [11]

## Alkalmazott technológia kockázatai:

Nem megfelelő előkészítés, vagy nem megfelelően kiválasztott gumipor esetén az abban megmaradt nehézfémek, szerves komponensek a talajba oldódnak, és a talajvizet szennyezhetik. Ezért fontos a megbízható forrásból származó gumipor használata.

Garantáltan fellépő problémáról nincs tudomásunk a technológia alkalmazása esetén, azonban terepen elvégzett, hosszú távú kísérletekre van szükség, hogy e téren biztosat állíthassunk.

A gumiabroncs tömegének 1,9%-a ZnO, ez a talaj 15% CR tartalomnál 2,28 g/kg koncentrációjú cinket jelent (abroncs ZnO tartalmára változó, 1–2% közötti értéket adnak meg, forrástól függően). USA termőtalajainak átlaga 36 mg/kg cink. Mivel 8 pH-nál az oldott cink-koncentráció a talajban mindössze 0,00000412 ppm, ezért meg sem közelíti a termőtalajnál elfogadott 36mg/kg-os (36 ppm-es) határt.[12]



Anyagmérleg és költségbecslés:

1 m<sup>2</sup> talajra számolva, figyelembe véve hogy az angolperje gyökérhossza kb. 15 centiméter, 0,15 m<sup>3</sup> talajnak kell tartalmaznia 15% gumiport. A talaj sűrűsége a cikk szerint 0 % gumipor-tartalomnál 0,99 g/cm<sup>3</sup>, ebből kiszámítható, hogy egy négyzetméter nagyságú területre 148,5 kg gumiporral kell számolnunk.

A cikkben használt szemcseméretű gumipor ára 500–700 dollár/tonna, ez alapján egy négyzetméter területre a gumipor ára 74,25–103,95 dollár (16335–22869 Ft). Ilyen nagy tételekben való vásárlásakor mindenképp érdemes árajánlatot kérni, sok gyártó a megrendelés nagyságának függvényében kedvezményt nyújt, legalábbis erre utalhat, hogy a legtöbb gyártó oldalán nem találtam ár-adatokat, általában telefonos megkeresést ajánlottak az ár megbeszélésére.

A szállítás árát ilyen esetekben sokszor tartalmazza az eladó által megadott ár, az alku része lehet. Egy, a gumiabroncsok feldolgozásával kapcsolatos vállalkozások számára iránymutató adatokat szolgáltató oldal (<http://www.ssiworld.com>) szerint a szállítás költsége abroncs „chip” esetén 8–10 dollár/tonna/100 mérföld a szállítás költsége. A felhasználás utolsó lépése a talajjal való elegyítés költsége, ez a gyeplételezés előtti elhintéssel és földbe forgatásával oldható meg, e célra körülbelül 13–21000 Ft/óra költségért bérelhető traktor munkaerővel, óránként akár 5 hektár területen is képes elvégezni a munkát.

## SWOT (GYELV) analízis:

SWOT- elemzés	SEGÍTIK a célok elérését	GÁTOLJÁK a célok elérését
BELSO TÉNYEZŐK (szervezeti jellemzők)	<b>ERŐSSÉGEK</b> (strengths)	<b>GYENGESÉGEK</b> (weaknesses)
KÜLSŐ TÉNYEZŐK (környezeti jellemzők)	<b>LEHETŐSÉGEK</b> (opportunities)	<b>FENYEGETETTSÉGEK</b> (threats)

### Erősségek:

Nematóda-szám hatékony csökkentése és a faj-összetétel megfelelő irányban való módosítása, kihasználva a nehézfémekre való érzékenységüket.

Hulladék abroncsok hasznosítása.

Kis cinkmennyiség jut csak a talajba, ami veszélytelen az arra nem szuper-érzékeny organizmusokra, jelenlegi ismereteink szerint nematódákon kívül nem érzékeny más rá ilyen kis koncentráció mellett.

### Gyengeségek:

Mivel a termőtalaj egy részét helyettesítjük a gumiporral, tápanyagmennyiség csökkenésével jár a kezelés, viszont a tápanyag külső forrásból pótolható.

A nagyon apró (0.5–1mm) szemcseméretű abroncspor előállítására magas költségekkel jár a nagyobb szemcseméretűhöz viszonyítva.

### Lehetőségek:

Nematóda-szám előnyös befolyásolásán túl pH csökkentő hatása van a talajra, ami egyes fémek oldhatóságát előnyös irányba befolyásolhatja. (Például a cink oldhatósága 4 nagyságrendet csökken minden pH egység csökkenéssel).

Talaj nedvességekötő képességén javít, magasabb talaj víztartalmat igénylő növények is betelepíthetőek.

## Veszélyek:

Drága alternatíva az elterjedt növényvédő-szerekhez képest.

Adagolása nem lehetséges gyepszőnyeg esetén, annak elvetése/lefektetése előtt kell gondoskodni a megfelelő adagolásról.

Évelő gyepek esetén megfontolandó a használata, a hatóanyagként szolgáló cink idővel kioldódik és ezzel a technológia veszít hatékonyságából, jelentős része az első év során kerül a talajba. [13]



## Irodalmi hivatkozások:

- [1]A [www.mokkka.hu](http://www.mokkka.hu) gumiabroncs hulladékra vonatkozó adatlapja
- [2] Geiger András; Bíró Szabolcs; Gergó Péter (2008) Hulladék gumiabroncsok hasznosítása, gumibitumenek előállítás és alkalmazása, *Magyar Kémikusok Lapja*, 63(7–8), 198–202
- [3] Dr. Bánhegyi György: A kiselejtezett gumiabroncsok anyagának hasznosítása (<http://www.muanyagipariszemle.hu/2004/04/a-kiselejtezett-gumiabroncsok-anyaganak-hasznositasa-19.pdf>)
- [4] Reddy, K.R.; Stark, T.D.; Marella, A. (2010) Beneficial Use of Shredded Tires as Drainage Material in Cover Systems for Abandoned Landfills, *Pract. Period. Hazard. Toxic Radioact. Waste Manage.*, 14(1), 47–60
- [5] Kim, J., Park, J., and Edil, T. (1997). "Sorption of Organic Compounds in the Aqueous Phase onto Tire Rubber." *J. Environ. Eng.*, 123(9), 827–835
- [6] Promputthangkoon, P. and Hyde A.F.L. (2008). „Compound Soil with Tyre Chips as a Sustainable Fill in Seismic Zones” .Eighth ISOPE Pacific/Asia Offshore Mechanics Symposium Bangkok, Thailand, November 10-14, 2008, ISBN 978-1-880653-52-4. (előadás abstract)
- [7] Shulan Zhao, Tuoliang He, Lian Duo (2011) Effects of crumb rubber waste as a soil conditioner on the nematode assemblage in a turfgrass soil, *Applied Soil Ecology*, 49, 94–98
- [8] Puri, H.S. (1999) *Neem: The Divine Tree. Azadirachta indica*. Harwood Academic Publications, Amsterdam
- [9] Childers, C. C.; Duncan, L. W.; Wheaton, T. A.; Timmer, L. (1987) Arthropod and Nematode Control with Aldicarb on Florida Citrus, *Journal of Economic Entomology*, 80 (5), 1064–1071(8)
- [10] Anwar, A.; Groom, M.; Sadler-Bridge, D. (2009) Garlic: from nature's ancient food to nematicide. *Pesticide News*, 84, 18–20
- [11] Reddy, P.P.; Rao, M.S.; Nagesh, M. (1996) Management of citrus nematode, *Tylenchulus semipenetrans*, by integration of *Trichoderma harzianum* with oil cakes. *Nematol. mediterr.*, 24, 265–267
- [12][http://www.ncturfsupport.com/pdf/Zinc\\_in\\_turf\\_grass.pdf](http://www.ncturfsupport.com/pdf/Zinc_in_turf_grass.pdf)
- [13] Smolders, D. Degryse, F. (2002) Fate and effect of zinc from tire debris in soil. *Environ. Sci. Technol.* 36, 3706–3710