

SZAKDOLGOZAT

Borgulya Zoltán Géza

2024.



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

szakot gesztoráló intézet neve

**Hulladékkezelési és -hasznosítási szakmérnök szakirányú
továbbképzési¹ szak**

Gumihulladék jelenlegi és jövőbeni hasznosítása

Belső konzulens:	Prof. Dr. Nagy Sándor
	Intézeti igazgató, egyetemi docens
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Miskolci Egyetem / Nyersanyagelőkészítés és Környezettechnológia Intézet

Külső konzulens:

Készítette: Borgulya Zoltán Géza

Gödöllő

2024

Tartalomjegyzék

- 1 Bevezető
- 2 A gumi felfedezése és története
- 3 A gumiipari ágazat ismertetése
- 4 A gumibroncs alapanyagai, ezek befolyása a hasznosításra
- 5 A hasznosítás nehézségei és korlátai
- 6 A jelenleg alkalmazott hasznosítási technológiák és azt alkalmazó vállalkozások ismertetése
- 7 A hazai begyűjtési rendszer ismertetése elemzése
- 8 New Energy Kft pirolízis technológiájának ismertetése
- 9 A gyűjtési és első lépcsős feldolgozási folyamatok helyszínre szállításának elemzése
- 10 Záró elemzések, összefoglaló

1 Bevezető

A gumiipar a közhiedelemmel ellentétben számtalan területen produkál termékeket, legnagyobb mennyiségben az abroncsgyártásban, de az egészségügyben, ruházatban, építőiparban, szigeteléstechológiában, elektronikában is jelen van a gumi. Jelen dolgozatban csak az abroncsgyártásban készített termékek elhasználódását követő hulladék hasznosítását, annak jelenlegi és jövőbeni technológiáit kívánom ismertetni. Majd a piacon jelen lévő technológiákból kívánok néhány eszköz technológiai sorrendbe helyezésével mobil munkabázist modellezni. Amivel a hulladék keletkezésének helyszínén történő térfogat csökkentő folyamat elemzését kívánom elvégezni.

A közlekedés magasabb szintű komfortigénye eredményezte a felhasznált eszközök, anyagok technológiai fejlesztését, legyen az az utak minősége vagy a közlekedési eszközök korszerűsítése. Mindezen igények csak szaporodtak a járművek szélesebb körű személy és teherforgalmi használatával és a sebesség növekedésével.

A technológiai fejlődés egyik területe a kerekre felhelyezett, kezdetben csavarokkal rögzített gumi használata. Az abroncsgyártók versenye folyamatos, nem állt meg még napjainkban sem, újabb és újabb innovációk, alapanyagok jelennek meg a gyártásban. A gumi gyártással egyidejű probléma, hogy mit kezdjünk az elhasználódott abroncsokkal.

2 A gumi felfedezése és története

A gumi név közvetlenül a latin gummi, a görög kommi (κόμμι = latex, ragasztó) szóból származik; eredetileg egyiptomi eredetű, és mézgát jelentett. Régészeti ásatások azt mutatják, hogy a korábban már megtalálható természetes gumit, a 11. században a dél-amerikai emberek gumilabdának használták a játékok számára. Az új világ 1492-es felfedezését követően Colombus Kristóf második útján feltérképezte az amerikai kontinens középső Karibi szigeteit, ahol azt látta, hogy az indiánok egy fekete golyóval játszanak, amit a fából levett tejből készítettek. A felfedezéseket követően Spanyolország és Portugália hódításaival, az arannyal, kukoricával, paprikával együtt került a gumi Európába.

1736-ban a francia C. Condamina részt vett a Francia Tudományos Akadémia expedíciójában Dél-Amerikában, és megfigyelte, hogy a *Hevea brasiliensis* latexje megszilárdulhat rugalmas anyaggá. Később az Amazonas medencében lévő vad lóherefák gumi mintáit visszaküldték Párizsba, ez felkeltette az európaiak figyelmét.

Charles Macintosh (1766–1843) glasgow-i skót vegyész 1818-ban a kaucsukkal kezdett kísérletezni. Rájött, hogy a nehezen kezelhető kaucsuk jó oldószere a kőszénkátrány egyik komponense, a benzol. Ezzel a kaucsuk széles körű felhasználására nyílt lehetőség. Az oldattal kezelt textíliák felülete az oldószer elpárologtatása után vékony kaucsukréteggel vonódott be, s két kaucsukkal kezelt szövet összenyomásával elérték, hogy közöttük vízhatlan réteg alakult ki, amely egymáshoz ragasztotta az anyagokat. 1823. június 17-én szabadalmat nyújtott be a vízhatlan (gumi) esőkabátról, amely róla kapta a nevét (macintosh). A gumiból készített esőkabátokat cége 500 fontért kezdte árulni a márka ma is él és virul.

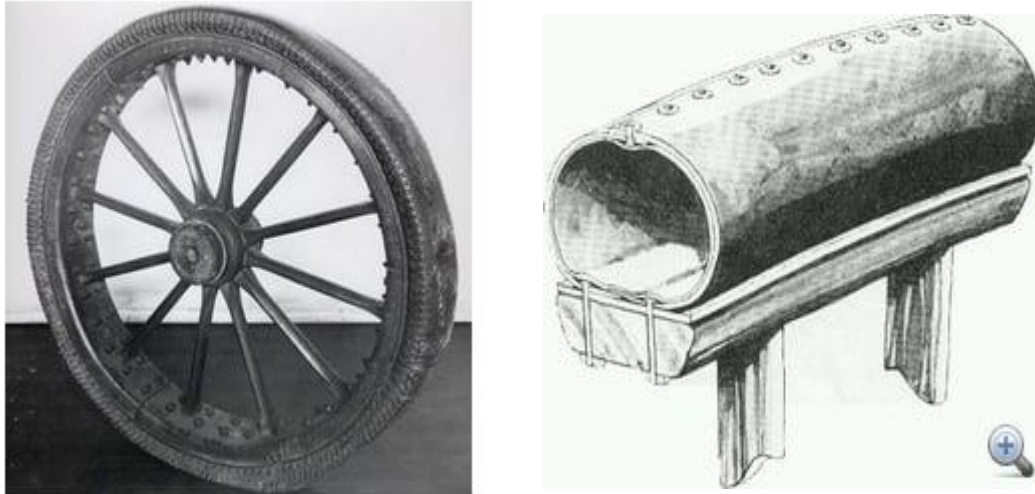
A világ első gumi gyárát 1820-ban az Egyesült Királyságban Glasgow-ban hozták létre. Annak érdekében, hogy a gumit könnyen feldolgozhassák, 1826-ban Hancock feltalált egy mechanikus módszert, a gumit két forgóhengeren keresztül ismételtelen dolgozták fel, csökkentve a rugalmasságot és növelve a plaszticitást.

Az American Goodyear (Charles Goodyear) 1839-ben feltalálta a gumi vulkanizálási eljárását, megoldotta a nyers gumi problémáját, hogy ragadós anyag ne váljon törékennyé. A vulkanizálás egy olyan fizikai-kémiai folyamat, melynek során kén hozzáadásával hő hatására a kaucsuk láncmolekulái között keresztkötések jönnek létre. Az így nyert termék kellően tartós és szilárd lesz, ugyanakkor rugalmas marad. A vulkanizálási eljárás tehát alappillére a gumiabroncs gyártásának, sajnos feltalálójá nem élvezhette szabadalma hasznát, mert bár levédette a korszakalkotó találmányt, a nagy gyárak mégis ellopták tőle. A vulkanizálás mindennapos alkalmazását követően a gumik nagy rugalmassággal és szívóssággal rendelkeztek, ezáltal a gumi gyártása, felhasználása ipari szakaszba lépett. Az ipar képes volt ragasztószalagot, gumicipőt, tömlőt, gumilapot előállítani. Ezért a természetes gumi fontos ipari anyaggá vált, a gumi iránti igény is drasztikusan megnőtt.

Ezt követően Robert William Thomson volt, aki 1845-ben megalkotta az első pneumatikus abroncsot. Ezek az gumik elsősorban csak kerékpáron voltak használatosak, hiszen az automobilt csak évtizedekkel később találták fel.

A fejlett ipari országok második ipari forradalmában az 1880-as években, több felfedezés követte egymást, köztük 1888-ban a brit állatorvos John Boyd Dunlop feltalálta a felfújható gumiabroncsot. Szövetborítású gumiszalagot szögelt egy fakorongra, ezáltal tömlő

keletkezett, a levegő utántöltésére cumisüveg tetejéből szelepet konstruált, amelyen át egy futball-labdához használatos pumpával felfújta, s felszerelte azt a tricikli kerekeire.



1. ábra A Thomson féle gumibroncs és a Dunlop féle abroncs metszete

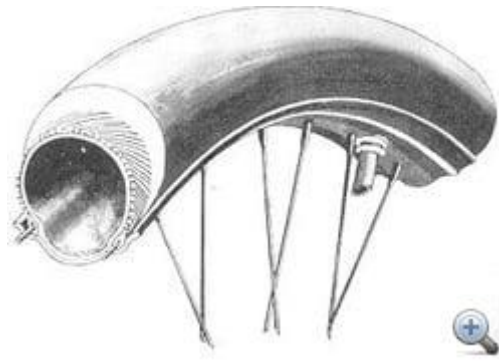
A gumifelhasználás fejlesztésével a brit kormány úgy döntött, hogy alapot épít a gumifenyő mesterséges termesztéséhez a Távol-Keleten, figyelembe véve, hogy a vadgumi fák Brazíliában termelt gumija nem felel meg az ipar szükségleteinek.

1876-ban H. Wickham a gumifák vetőmagjait és palántákat Brazíliából a londoni királyi botanikus kert Kew kertjébe szállította, ahonnan a kinevelt gumi palántákat termesztési céllal Ceylon (ma Sri Lanka), Malaysia és Indonézia területére szállították a kísérlet sikeres volt, hogy a vad gumifákat mesterséges termesztésűvé alakítsák. A szingapúri botanikus kert (HN Ridley) igazgatója, feltalálta az ismétlődő vágási módját anélkül, hogy megsértené a gumifa képző rétegét, így a gumifa több évtizedet folyamatosan megérinthez.

A 19. század végén a gépjármű-gumibroncsok megjelenése elősegítette a gumiipar fejlődését.

Az abroncstörténelemben, a követő nagy lépés William Erskine Bartlett nevéhez fűződik, aki modernizálta a pneumatikus gumibroncsot, peremes kialakítással látta el azt, (1890) ami stabilabb futást és hosszabb élettartamot biztosított ezáltal.

A ma is használatos abroncs közvetlen elődjét pedig Charles Kingston Welch alkotta meg, aki már fémszálakkal átszőtt abroncsszerkezetet képzelt el.



2. ábra A ma is használatos gumiabroncs közvetlen elődje Charles Kingston Welch

A gumiipar gyors fejlődése miatt az eredeti természetes gumi teljesítménye nem felelt meg a 19. század végi igényeknek, megkezdtek a természetes gumi mesterséges termesztését. A 20. században a természetes gumi 20-30 éves mesterséges termesztése fokozatosan felváltotta a természetes gumi fő forrását, a vadgumit. Az első világháborúban, a természetes kaucsuk hiánya miatt, Németország elkezdett kis mennyiségű metil-gumit előállítani, elsősorban keménygumi termékek gyártásához. A szintetikus gumi gyártása a magas ára miatt a háború után megszűnt. A 30-as évek kezdték el a szintetikus gumi termelését, polibutadién gumi (azaz butil-nátriumgumi), neoprén, sztírol-butadién gumi, NBR, butilgumi gyártása. A második világháború alatt a szintetikus gumi és a háborúhoz kapcsolódó gumikészítmények, mint pl. gépjármű gumiabroncsok, repülőgép-gumiabroncsok és különböző katonai járművek gumiabroncsai nagyban fejlődtek a stratégiai kereslet miatt.

A második világháború után a virágzó időszakban a gépjárműipar és más iparágak a fejlett országokban virágoztak és elősegítették a gumiipar fejlődését az egész világon. 1948-ban, a franciaországi Michelin cég sikeresen próbálta meg a radiális gumiabroncsot. Az 1965-ben a hőre lágyuló gumit gumicipőkre és ragasztókra alkalmazták. 1970-ben született az első öntvény gumiabroncs (poliuretán gumival). 1972-ben az Aramid Cord elkezdte sorozatban gyártani. Ez a sorozatos technológiai fejlesztés áttörést jelentet a gumiipar számára. A 70-es évek elején a gumitermelés és a gumi szintézis termelési technológiája soha nem látott magasságot ért el.

Az 1970-es évekig stabil fejlődést az olaj ára súlyosan érintette. Az autóipar, a petrolkémiai ipar és a gumiipar mély válságba került, a recesszió a 80-as évek elejéig tartott. A világ gumiipara viszonylag lassú növekedési periódusba kezdett. A gumiipari vállalatok fő hangsúlyt a termelés bővítésére a termékek minőségének és technikai színvonalának

javítására, és új termékek és új technológiák kifejlesztésére fektetik. A gumi termékek elektronikus számítógéppel támogatott formatervezése támogatta az átállást a technológiától a tudományig. A gumiabroncs-öntési technológia áttöri az eredeti gumiabroncs-gyártási technológiát. A hőre lágyuló gumi széles körű alkalmazása elősegítette a hagyományos gumitermelés alapvető változását.

3 A gumiipari ágazat ismertetése

A gyártók a gumigyártás során optimális tulajdonságú gumit állítanak elő. Ezután a gumi tulajdonságai általában csak romlanak. Ez a tulajdonságromlás az öregedés. Az öregedést előidézheti magas hőmérséklet is, vagy mechanikai terhelés, különösen a többszöri (ismétlődő, ciklikus) deformáció, elektromágneses sugárzások. A gumi tulajdonságai nagymértékben függenek a felhasznált alapanyagoktól, kisebb mértékben az alkalmazott gyártástechnológiától. Más oldalról megközelítve: a világon alkalmazott gyártástechnológiák nem nagyon különböznek egymástól, folyton egységesednek, de a különböző célokra nagyon különböző gumikat használunk, erősen eltérő összetétellel. A gumi gyártás teljes mennyiségéből a legnagyobb részesedést a gumiabroncs gyártása teszi ki.

Évente egy milliárd gumiabroncs válik hulladékká, azonban ennek csak néhány százalékát hasznosítjuk. A gumihulladékok ma már globális problémává váltak. Ennek bizonyítására álljon itt néhány alapvető adat:

- a Föld lakosság nagyjából 8 milliárd,
- 1,1 milliárd jármű fut az utakon,
- évente 1,7 milliárd új gumiabroncsot gyártanak világszerte,
- évente kevéssel több mint 1 milliárd gumiabroncs válik hulladékká.

A gumiipar nem új keletű, komoly múltja van és talán ennek tudható be, hogy jelenleg 25 különböző típusú gumit állít elő a természetes gumiktól kezdve a sztirén-butadién gumiiig, hogy csak egyet említsünk a sokféle változatból. A gumialapanyagokból aztán szinte végtelen számú és változatú végtermék készül. Ennek ellenére a gumiiparban a gumiabroncsok gyártása abszolút meghatározó, ezért is van, hogy az elemzésekben gyakran különválasztják a gumiabroncsokat és az összes többi gumialapú terméket.

A téli gumiabroncsok megjelenése, a nyári és évszakos gumik használatának elterjedése szintén növelte a gyártási mennyiséget az utóbbi évtizedben.

Továbbá a gumiabroncsok világpiaci szinten történő értékesítésénél nőtt a webáruházak jelenléte. A kiskereskedelmi gumiabroncs-értékesítés az interneten keresztül történik leginkább. A Modern Tire Dealer adataiból mindezekre fény derül. Az értékesítésekben 2008-ban ez a jelenlét mindössze 3%-os volt, 2012-re ez az arány 10%-ra változott, majd 2013-ra 29%-ra nőtt. Mint érdekesség a cég saját kutatásából az is kiderül, hogy a 18 és 34 év közöttiek, különösen a nők, szívesebben vásárolnak online módon gumiabroncsot.

Így jelenleg az összes gumiterméknek nagyjából a felét adják a gumiabroncsok, míg a másik felét az összes többi gumialapú termék.

Gumiabroncs értékesítés – nem új járművekre (1)	2014: 196.962 ezer db	2015: 203.089 ezer db	2016: 209.216 ezer db	Változás évi 3%-os növekedés
Új autók eredeti felszereltségeként történő gumiabroncs értékesítése (2)	2014: 84.364 ezer db	2015: 89.432 ezer db	2016: 94.510 ezer db	Változás évi 6%-os növekedés
Személyautó – nyári gumiabroncsok	2014: 109.889 ezer db	2015: 115.398 ezer db	2016: 120.489 ezer db	Változás évi 5%-os növekedés
Személyautó – téli gumiabroncsok	2014: 57.705 ezer db	2015: 55.526 ezer db	2016: 58.102 ezer db	Változás 1%-os növekedés 2014-hez képest
Teherautó gumiabroncs értékesítés – nem új járművekre	2014: 9.180 ezer db	2015: 9.522 ezer db	2016: 9.865 ezer db	Változás évi 4%-os növekedés
Új teherautók eredeti felszereltségeként történő gumiabroncs értékesítés (2)	2014: 3.208 ezer db	2015: 3.545 ezer db	2016: 3.883 ezer db	Változás évi 10%-os növekedés

Mezőgazdasági jármű gumiabroncsok – nem új járművekre	2014: 1.641 ezer db	2015: 1.501 ezer db	2016: 1.551 ezer db	Változás évi 9%-os csökkenés
Motorkerékpár és robogó gumiabroncsok – nem új járművekre	2014: 8.390 ezer db	2015: 8.591 ezer db	2016: 8.792 ezer db	Változás évi 2%-os növekedés

1 táblázat az európai értékesítési eredményeket mutatja 2014 és 2016 között,
(Forrás: **europool ETRMA**)

A folyamatosan növekedő termelési és értékesítési mennyiségek előre vetítik a későbbi hasznosítási igények növelését, valamint új technológiák bevezetését.

A gumi termékek avulása élettartama tekintetében a gumigyártók azt tanácsolja az autósoknak, hogy öt-tíz év használat során évente legalább egyszer ellenőriztessék abroncsaikat, és cseréljék ki őket, ha elérték a 10 éves kort, azonban az abroncsok életkora jellemzően sokkal rövidebb. Az éghajlati viszonyok miatt: még akkor is, ha a gumiabroncsot úgy tervezték, hogy ellenálljon a nagy hőmérséklet-ingadozásoknak, öregedésük folyamata felgyorsul nagyon hideg vagy nagyon meleg környezetben. A tárolási körülmények miatt: páratartalom, szellőzés, megvilágítás, hőmérséklet, oldószerek hatása- megannyi paraméter, amelyek befolyásolják a tárolás minőségét, tehát a gumiabroncs élettartamát is. Nem beszélve arról, hogy a gyártók, kereskedők milyen módon tárolják az abroncsokat.

4 A gumiabroncs alapanyagai, ezek befolyása a hasznosításra

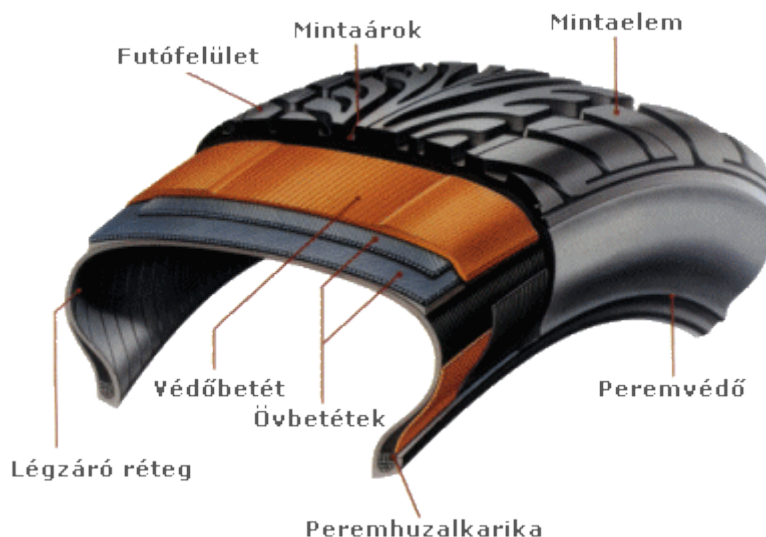
A gumiabroncs több mintegy 20 alapanyagból, elemből álló összetett szerkezet, a felhasználás területétől függően különböző speciális gumikeveréket és más gumiba ágyazott textilt és fémszalakat tartalmaz. A gumiabroncs tulajdonságait ezen összetevők felhasználási aránya adja meg.

A gumik összetevői és hozzávetőleges arányaik:

- 41 % kaucsukkeverék (természetes és szintetikus kaucsuk)
- 30 % töltőanyagok (korom, szilícium-dioxid, szén, kréta)
- 15 % szilárdsághozó (acél, rayon, nejlon, kevlár)

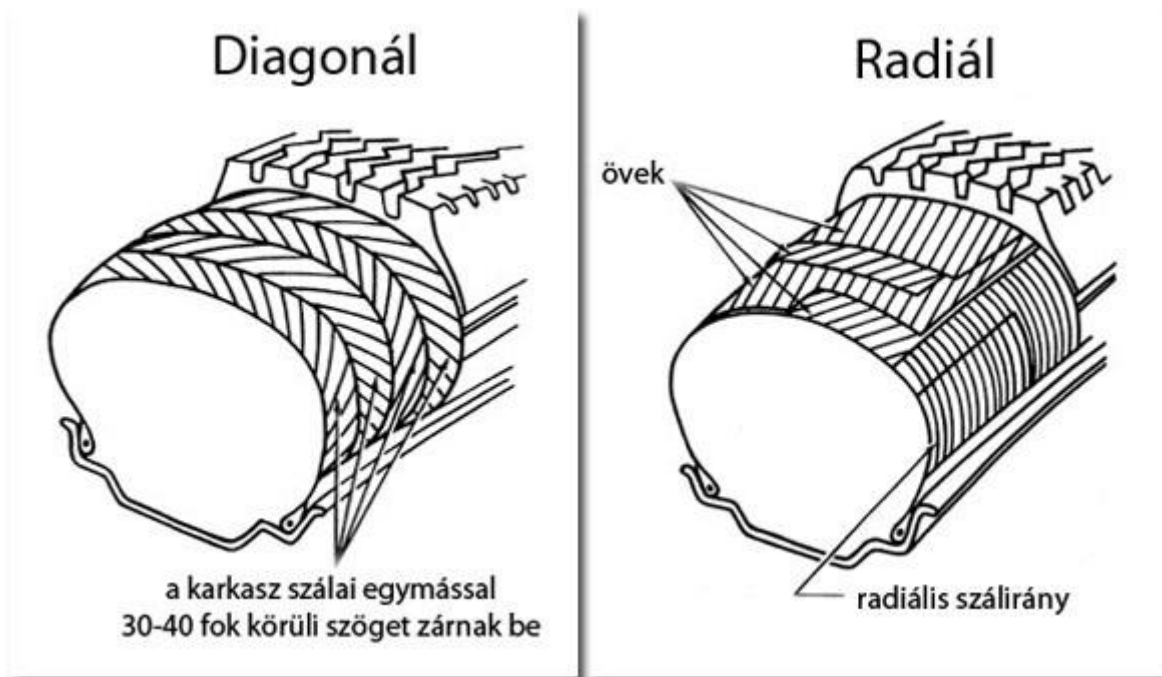
- 6 % vulkanizálószer (kén, cink-oxid)
- 6 % lágyító szerek (olajok, gyanták)
- 2% egyéb

Az abroncsgyártás során első lépésében légtartó réteget helyeznek a tekercselődobra. Ez képezi majd később az abroncs légzáró belső rétegét. Erre egy vagy több gumírozott acél- vagy nejlonszövetet helyeznek, amelyek később a szövetvázat a karkaszt alkotják. A feltekercselt peremmagot kettő, ék alakú peremerősítővel együtt a tekercselődobra helyezik. Együttesen képezik az abroncs peremét és biztosítják az abroncs szilárd elhelyezkedését a felnín. Az oldalfalak gumirétegének ráfektetése után a tekercselődob a közepe felől felfúvódik és felismerhetővé válik az abroncs formája. Ezt követően a kész karkasz köré tekerik az övrétegeket, majd rákerül a futófelület. A nyers abroncsot vulkanizálni kell. Az előkészített gumiabroncsot vulkanizáló formába helyezik, majd megfelelő nyomás (2-5 MP) és hőmérséklet (120-190 C°) hatása alatt végrehajtják a vulkanizálást egyszóval „megsütik” az összetevőket, hogy összekössék egymással az egyes polimermolekulákat. A hőmérséklet, nyomás és alapanyagok különböző arányaiból eltérő jellegű, felhasználási igényű gumiabroncsok jönnek létre. A vulkanizálást követően az abroncs elnyeri végső formáját és profilját. (3-as ábra)



3. ábra A gumiabroncs szerkezete www.bhpgumi.hu

A gumibroncsok szerkezeti felépítésüket tekintve két nagy, illetve egy átmeneti csoportba sorolhatók. A két elterjedt szerkezetípus a diagonál és radiál (4. ábra), a kettő kombinációja az övesdiagonál. Mindhárom abroncsípus perembe vulkanizált, végtelenített acélsodronnyal rendelkezik. Ez meghatározza a perem átmérőjét és megakadályozza annak megnyúlását, biztosítva ezzel a kerékpánton a gumi jó illeszkedését és a megfelelő tömítettséget. Az abroncs teherviselő képességéért a szövetváz felel. A szövetváz (karkasz) száalai műselyemből, nejlonból, poliészterből, acélszálból állhatnak, az ezekből összeállított, gumírozott kordvászont munkálják rá a perem acélsodronnyára. A manapság elterjedt tömlő nélküli gumiknál a karkaszt belülről légzáró réteggel borítják. A szövetvázat több rétegben alkalmazzák. Diagonál gumiknál a kordvászonszálai úgy keresztezik egymást, hogy irányuk a kerék forgássíkjával 30-40 fokos szöget zárnak be, így a szálak képesek mind radiális, mind kerületi erővel szemben egymást támasztani. Radiál abroncsnál - melyet 1946-ban szabadalmaztatott és vezetett be a Michelin - a karkasz száalai radiális irányban, a forgássíkra merőlegesen helyezkednek el. Ezáltal sugárirányban a terhelést jól viselik, de kerületi irányban nem. Ennek kiküszöbölésére a kordszalakat kordvászonszálból készült övvel fogják össze, melyet a radiális irányban álló szálakra, a futófelület alá vulkanizálnak. Az öv száalai tangenciálisan futnak, ez lehetővé teszi, hogy igen nagy kerületi erőt is képesek legyenek károsodás nélkül elviselni.



4. ábra A diagonál és radiál gumibroncsok eltérő felépítése

Az övesradiál szerkezet részben egyesíti a radiál és diagonál szerkezeti felépítését. A hagyományos diagonál szerkezetet kiegészítve a szövetvázat a futó középvonalával igen kis szögben, változó irányban elhelyezett, két vagy három kordrétegből álló öv merevíti. Elterjedésének gazdasági okai voltak: a radiálgumik térnyerésével a diagonál gumik kezdtek kiszorulni a piacról, azonban a gumigyártók részéről a radiáltechnológiára való áttérés jelentős anyagi befektetést igényelt volna. Ám az övesdiagonál abroncs gyártásához fel lehetett használni a hagyományos diagonál gumi előállításánál alkalmazott gépeket. Főként az Egyesült Államokban terjedt el a hibrid szerkezetű abroncs. Mivel teljesítménye elmaradt a radiál gumiétól, ezért az 1970-es évek végén lassan kezdett kiszorulni a piacról, végül szinte teljesen megszűnt a gyártása a hagyományos diagonállal egyetemben. Diagonál gumi esetében a szövetváz fölé, radiálnál az övréteg fölé kerül vulkanizálva a futófelület. Szokás a futófelület és az övréteg közé párnaréteget is beiktatni, ez több szövetrétegből, gumipárnából állhat. Csillapítja a lökéseket, védi az övréteget, szövetvázat, növeli az abroncs defekttűrő képességét.

A gumiabroncs avulását követő hasznosítását több tényező jelentősen befolyásolja:

- Az abroncsok eredeti felhasználási területéből eredő jelentős alkotóelemi és méretbeli eltérések.
- Az abroncs összetevőinek egymásba ágyazottsága, nehéz szétválaszthatósága.
- Az abroncsok különböző mértékű kopása és az alkotóanyagok különböző mértékű elöregedése.

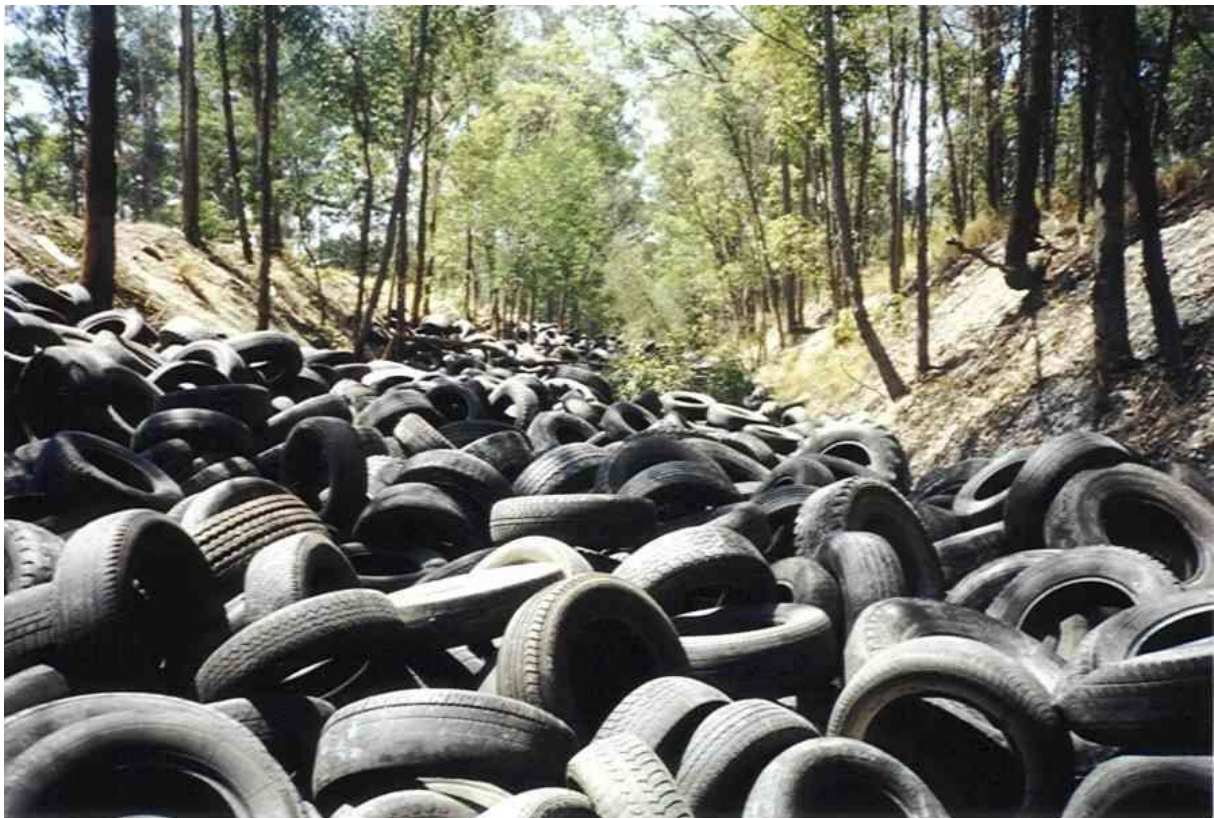
Ezen eltérő tulajdonságú anyagáram miatt az új gumiabroncs gyártás részére történő alapanyagok visszanyerése viszonylag költséges és a hasznosítást végző társaságok csak kis hányada végzi. Jellemzően az aprítással egybekötött mágneses és levegővel történő szétválasztást és ezen folyamatok többszöri ismétlését végzi a legtöbb hasznosító társaság. A folyamatok ismétlésének mértéke, darabszáma a hasznosított anyag átvevői igénye alapján kerül meghatározásra.

5 A hasznosítás nehézségei és korlátai

Gyerekcipőben az újrahasznosítás.

Sokan azt feltételezik, hogy a gumihulladékok újrahasznosítása csak néhány évtizedes múltra tekint vissza, azonban megemlítenéd, hogy a gumigyártás korai szakaszában az 1900-as évek elején az átlagos újrahasznosított tartalom a gumitermékekben több mint 50 % volt.

Sajnos a jelenleg gyártott gumiipari termékek összetett szerkezete nem használta a hasznosítási lehetőségeinek, annak ellenére, hogy a gumiipar nagy múltra tekint vissza, az újrahasznosítás számai elszomorítóak világviszonylatban. Amikor a gumibroncsok megjelentek, a hasznosításuk kérdésköre is megjelent megoldandó feladatként, főleg a tömeges elterjedésüket követően. A hulladékká vált gumibroncsok hasznosítása mind környezetvédelmi, mind gazdasági szempontból fontos feladat. Bár az elhasznált gumibroncs inkább esztétikai szennyezésként jelentkezik a környezetre, de nem elhanyagolható kioldódásból adódó lehetséges környezet szennyezés sem.



5. ábra Elhagyott gumibroncsok

A világszerte több millió darabból álló gumibroncs kupacok megnyugtató teljes körű hasznosítására sajnos a mai napig nincsen egyértelmű megoldás. 5., 6. ábra



6. ábra Gumiabroncs lerakat Madrid mellett. A spanyol fővárost nappali éjszakává változtatta a füst 2016-ban.

Különböző fejlettségi fokon álló országok eltérő módon tekintenek a gumi hulladékra, jobb esetben saját szabályozást dolgoztak ki a hasznosításukra, de mai napig globális értelemben jelentős a lerakókon és az erőművekben történő hasznosítás.

A hulladékká vált abroncsok hasznosításának legfőbb problémáját maga a termék jelenti, hiszen eleve úgy készült, hogy ellenálló legyen a legtöbb erős fizikai/kémiai behatásnak. Télen sózzák az utakat, mínusz 30 °C és plusz 50 °C között napi rendszerességgel használják, járművek egyre nagyobb sebességgel képesek tartós utazásra, teherjárműveink pedig egyre nagyobb tömegeket mozgatnak. Ezek a tulajdonságok azonban mind-mind nehezítik az abroncsok hasznosítására létrejött vállalkozások dolgát, ráadásul a gumiabroncs gyártók nem azonosak a hasznosítást végző vállalatokkal így mindig egy lépéssel a hasznosítók előtt járnak a technológiai újítások terén. Új keverékek, komponensek jelennek meg, új vázszerkezetet erősítő anyagok, új ötvözeteket használnak az acélváz erősítéshez. A hulladékhasznosítók pedig a hasznosítás során szembesülnek legtöbbször ezekkel a problémákkal. A gumiköpenyeket használó járművek száma pedig folyamatosan növekszik. Hazánkban is növekszik a személygépjármű eladások száma, ez pedig arányban van a hulladékká váló abroncsok számával. Ahogy az abroncsok hulladéka egyre növekedett, világszinten elkezdtek technológiai megoldásokat kidolgozni a hasznosításukra.

Sokan elfelejtik, hogy az abroncsok használata során futófelületük jelentős része elkopik. Ennek a kopásnak a mértéke az új abroncs tömegére vetítve mintegy 10 % is lehet, tehát ha évente 50.000 tonna új abroncsot helyeznek forgalomba, abból legjobb esetben is maximum

45.000 tonna gyűjthető vissza. A maradék évi 5000 tonna finom gumipor közútjaink mellett található, illetve a levegőben!

A teljes gumiiparra vetítve az újrahasznosítás 3-15 % körül alakul, attól függően mely terméktípusról van szó. Kicsit jobb az arány, ha azt vizsgáljuk, hogy a hulladék gumi valamilyen más módon is hasznosul, vagy új termék lesz belőle (pl.: ütésvédő felületek), ebben az esetben az újrahasznosítás és újrahasználat együttes arány 5-23%-ra tehető. Bár az arány jobb, még ez is aggasztóan alacsony. Különösen összehasonlítva a hulladéklerakókra, vagy égetőkbe kerülő hulladékmennyiséghez képest. Korábban a hulladék gumi energetikai hasznosítása, magyarul szólva égetése 25-60 %-os arányt képviselt, míg a lerakókra 20-30 % került. Természetesen ezek a számok országonként és szektoronként erősen váltakoznak, a fenti értékek globális becslések csupán.

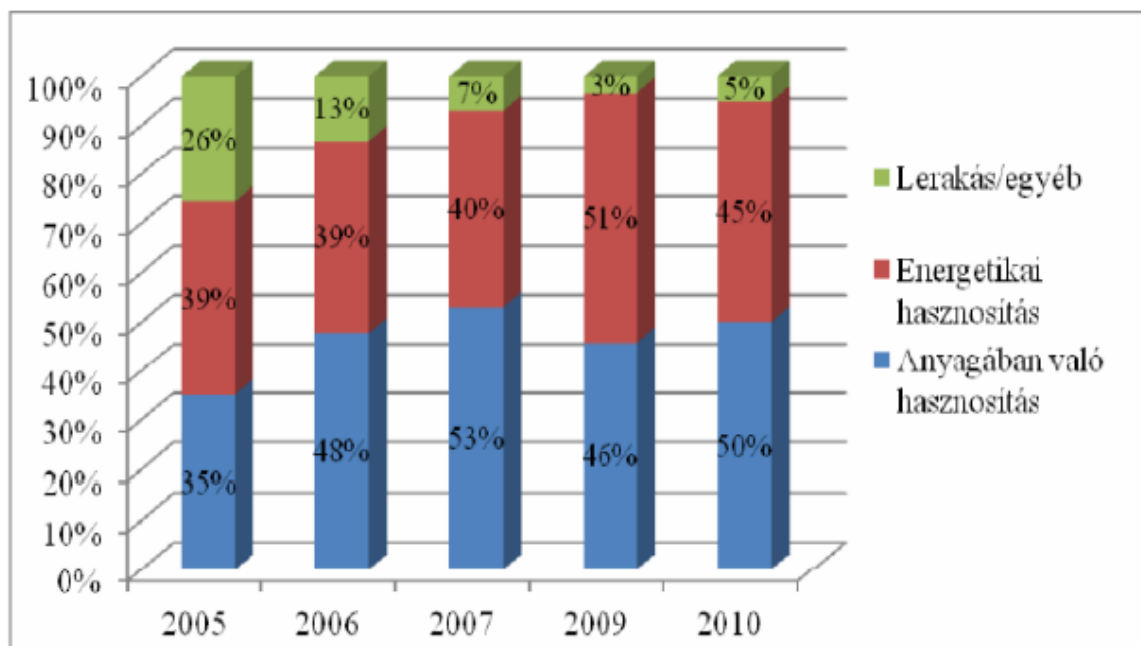
Még egy adatot érdemes megemlíteni. A **Watson Brown HSM Ltd.** által készített kutatás szerint globálisan a gumihulladékok 5-15%-a a gyárakban keletkezik, ami azt mutatja, hogy a gyártási folyamat javításában is óriási lehetőségek vannak még napjainkban is.

Eltérések világszerte

A globális adatokhoz képest az egyes országok vagy régiók teljesen más képet mutatnak a gumihulladék hasznosításában.

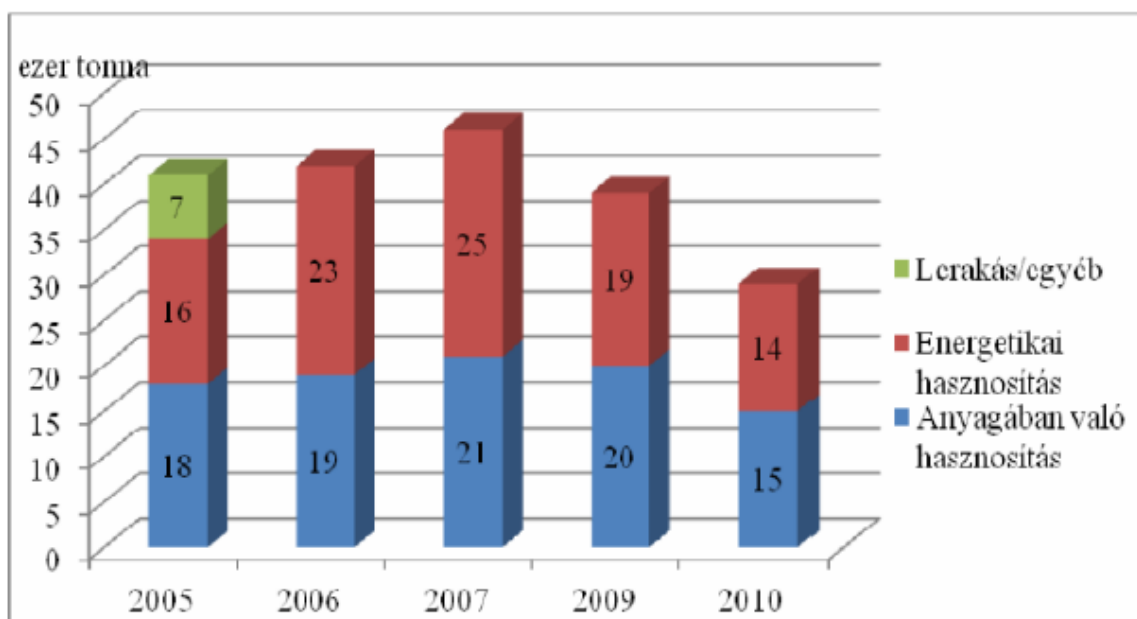
Az Egyesült Államokban például a gumiabroncsoknak csak 10 %-a kerül újrahasznosításra, míg 50 %-kát elégetik, vagy energiahordozót állítanak belőle elő. A maradék, nagyjából 40 % a lerakókra kerül.

Európában lényegesen jobb a helyzet, de a hasznosítás sajnos itt is elsősorban égetést jelent. Az uniós jogszabályok szerint a gumiabroncsok égetése, energetikai hasznosításnak minősül, és ennek a jogi megoldásnak köszönhetően 2008-ra Európában 96 %-os a gumiabroncsok hasznosítása rátája és csak 4 % került a lerakókra. (1. diagram)



1. diagram EU 15 országában a hulladék gumiabroncsok újrahasznosításának aránya Perge Péter, Boros Norbert Debreceni Műszaki Közlemények 2012/2

Magyarországon, mint az Európai Unió tagországaiban, az EU központi hulladékgazdálkodási irányelvei (2008/98/EK) a mérvadóak. Hazánkban a gumihulladék tekintetében is a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV törvény van hatályban. Ezen törvényi jogszabályi környezet meghatározza az előregedett, elavult gumiabroncsok kezelésére vonatkozó előírásokat. Hazánkban 2005-ben még 7.000 tonna gumiabroncs került lerakásra, ekkor még nem tiltották a gumiabroncsok lerakását, ezt követően 2006-tól lerakóra nem kerülhet a gumiabroncs, annak hasznosítását 100 %-ban meg kell valósítani. (2. diagram)



2. diagram Magyarországon begyűjtött gumiabroncsok újrahasznosításának aránya Perge Péter, Boros Norbert Debreceni Műszaki Közlemények 2012/2

Az összes összegyűjtött gumiabroncs 38 %-a kerül energetikai hasznosításra. Ezen belül a cementgyárakban történő égetés az abszolút meghatározó (az összes égetett gumi 92 %-a kerül ide), 7 %-a kerül hőerőművekbe és 1 % pirolízis üzemekbe.

A legnagyobb arányt az anyagában történő hasznosítás adja, az összes gumiabroncs hulladék 40 %-át hasznosítják ilyen formában.

A futózás a teljes szeletből 8%-ot képvisel. Ezen eljárás keretében a gumiabroncsok szerkezeti ellenőrzést követően felújításra kerülnek és újra használhatóvá válnak. A futózások csak a nagy értékű drága előállítású ipari, teher és mezőgazdasági felhasználású gumi termékek esetén történnek

Végül a maradék 10 % vagy exportra kerül, vagy más formában használják újra.

6 A jelenleg alkalmazott hasznosítási technológiák és azt alkalmazó vállalkozások ismertetése

Az elhasználódott gumiabroncsok hasznosításának módjai az Európai Unióban a következő nagy csoportokba sorolhatóak:

- újrahasználat, újrafutózás 8-10%,

- energetikai hasznosítás 38-40 %,
- anyagában hasznosítás 40-42 %,
- export 10 %

ezen módszerek mindegyike alkalmas az újonnan keletkező és a korábban hegyekbe halmozott gumiabroncsok hasznosítására.

a., újrahasználat:

A használt, de nem elhasznált gumiabroncsok használatának kettő módszere ismert, egyik módja, hogy szakember által történő ellenőrzést követően más előírásoknak még eleget téve más terepen vagy más igénybevételnek megfelelően eredeti funkciójában történő újrahasználat. Ilyen módon történt az 1990-es években a nyugat-európai országokból a volt szocialista országokba történő használt gumiabroncsok importja. A hasznosítás közel 10 %-a mai napig a gumiabroncsok exportja, kihasználva, hogy a használt abroncsok ára töredéke egy új guminak. Ez a megoldás nem oldja meg a hulladék keletkezéséből eredő problémát, csak tüneti kezelés és sok esetben a célország gazdaságában és iparában okoz további gondokat.

Az újrahasználat másik módja több évtizede az **újrafutózás**, megfelelő műszaki feltételek teljesülése esetén az abroncs futófelülete horzsolásos eljárással eltávolítható, majd helyére egy új futófelületet lehet elhelyezni. az új futófelületet vulkanizálják, az abroncs újra felhasználható eredeti céljára. (7. ábra)



7. ábra Az újrafutózás technológiai vázlata Dr Sinka Gábor

Az újrafutózás lehetséges ismétlésének száma nagyban különbözik az eltérő felhasználású gumiabroncsoktól, amíg a repülőgép abroncsokat akár 7-9-szer is újra lehet futózni, addig a tehergépkocsik, autóbuszok gumiait Európában 2-3 szor, míg az USA-ban 5-6-szor újra futózzák. Jelentős különbséget eredményez a használat helyszíne is: amíg a közúton használt gumiabroncsok 60-70 %-a alkalmas, addig a terepen, építkezéseken használt abroncsok csak 30 %-a felel meg újrafutózásra.

Sajnos a futózás a piacokon megjelent olcsóbb abroncsok miatt nem minden típusnál éri meg, ezért a személygépkocsi gumiknál gyakorlatilag nem is alkalmazzák. Az újrafutózás csökkenő tendenciáját a 2008-as gazdasági válság hatása fordította meg. A fuvarozók a drága új abroncsok helyett sokszor a felújított mellett döntöttek.

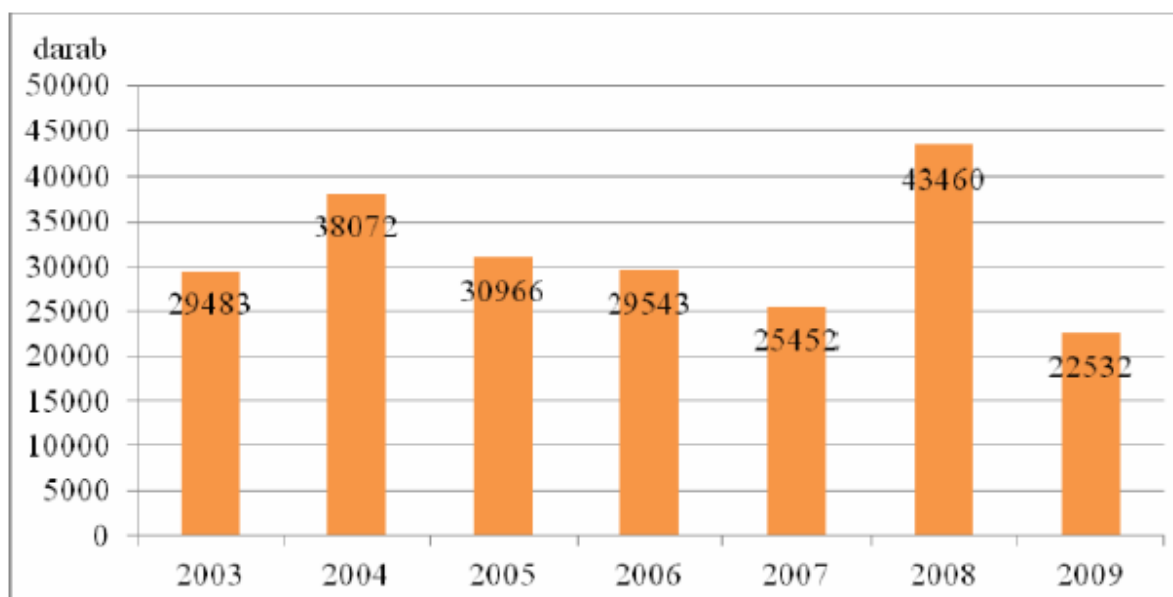
A teherabroncsoknál a nem kormányzott kerekeken az újrafutózt gumiabroncsok gazdaságosan alkalmazhatók (8. ábra). Az újrafutózás a gazdaságosság mellett környezetbarát is. Egy új gumiabroncs elkészítéséhez átlag 87 liter kőolaj szükséges, ennek nagy része a burkolatban van, ami az újrafutózás során újrahasználatra kerül. Ennek eredményeként az újrafutózás során csak további 27 liter kőolajat kell felhasználni, az új gumiabronccsal majdnem teljesen egyenértékű termék előállításához.



8. ábra tehergépkocsi húzótengelyi gumiabroncs újrafutóztása

Az újrafutózott gumiabroncsok használatának ösztönzését, az adott országok hatósági intézkedésekkel is ösztönözheti, erre jó példa, hogy Olaszországban az állami szervek éves gumivásárlásainak 20 %-ban úrahasznosított, futózott gumiabroncsból kell történnie.

Hazánkban sajnos ez a hányad csak alig 5%, és ez az arány inkább csökkenő tendenciát mutat (3. diagram) Ennek több oka van az utóbbi években a piacon megjelentek az olcsóbb kínai gumiabroncsok, valamint hazánkban nagy a bizalmatlanság az újrafutózott gumiabroncsok



3. diagram Magyarországon újrafutózott gumiabroncsok száma (KSH 2011. nov.) Perge Péter, Boros Norbert
Debreceni Műszaki Közlemények 2012/2

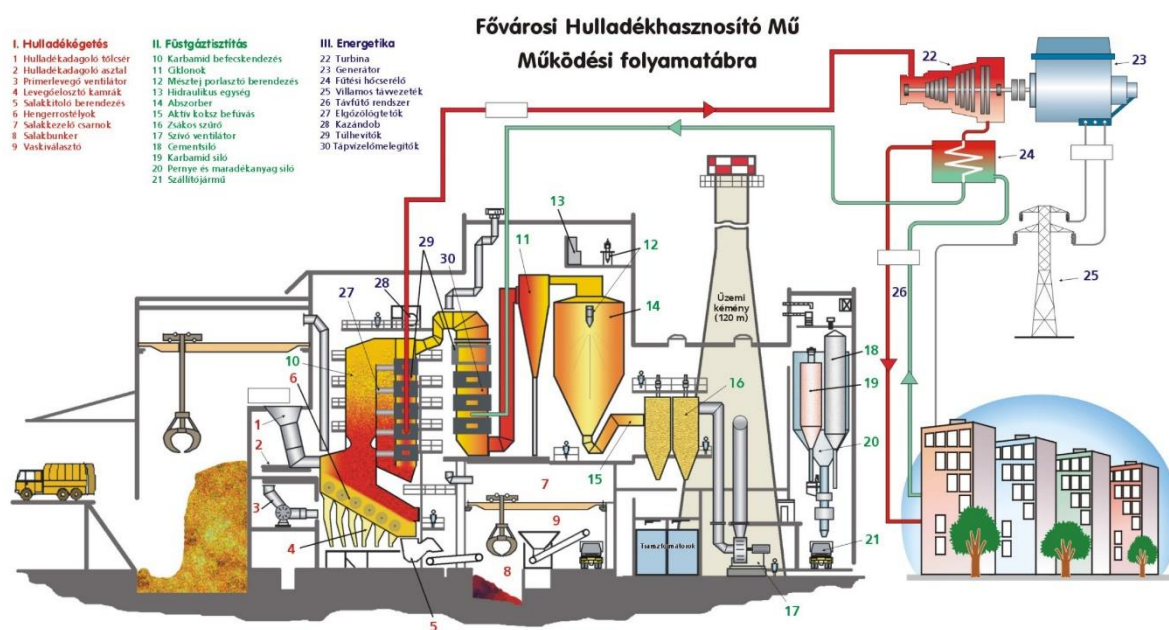
íránt. Például a közösségi közlekedésben a volántársaságok sokáig nem engedélyezték újrafutózott abroncsok használatát, ám ez a szemlélet megváltozott, és mára a BKV és más volántársaságok is előszeretettel szerelik fel járműveiket felújított abroncsokkal. Ez költségmegtakarítással is jár. 2023-as árakkal számolva: a legolcsóbb kínai gumiabroncs ára 90-100 eFt, míg egy felújított abroncs csak 65 eFt-ba került. Ez az alig 5% már csak azért is alacsony eredmény, mert az újrahasznált a hulladékgazdálkodási hierarchiában a második helyet foglalja el.

b., energetikai hasznosítási megoldások:

égetés:

Hulladék égetés ritka esete, hogy egy típusú hulladék tüzelésére terveznek erőművet, kifejezetten érdekes, hogy hazánkban is található egy ilyen erőmű, a Fővárosi

A hazai erőmű érdekessége, hogy a kazánok felfűtésének és az alacsony fűtőértékű hulladék égetésének kiegészítésére a tüztérben két darab, egyenként 2,6 MW teljesítményű stabilizáló földgázégő, és az első huzamban két darab, egyenként 16 MW teljesítményfokozó földgázégő szükség szerinti működtetésével biztosítható az előírt minimális füstgázhőmérséklet. A környezetvédelmi előírásoknak megfelelően az égés során keletkező füstgázoknak legalább két másodpercen át el kell érnie a 850 °C-os hőmérsékletet.



A távfűtésre alkalmas gőz a nagyobb turbina elvételi csomópontjáról, míg a kisebb turbináról kilépő gőz közvetlenül egy távhűtési hőcserélőn adja le a maradék hőenergiát.

20

kazánberendezést és kerülnek át a füstgáztisztító rendszerbe. A villamosenergia termelés a nagyobb turbina generátor-egység esetén 24 MW névleges teljesítménnyel, míg a kisebb turbinából kilépő gőz esetén 3 MW teljesítménnyel valósul meg. (9. ábra)

cementgyári égetés

A cementgyáraknak jelentős energiaigénye van. Ezt az energia-igényt többféle anyagból tudják fedezni. Vannak cementgyárak, amelyek a kőolajfinomítás utolsó maradékanyagaként megmaradó petrolkokszot használják magas energiatartalma miatt, viszont a cementgyárak is rájöttek, hogy magasabb energiatartalmú hulladékokkal is képesek üzemelni a megfelelő filterrendszer esetén. Ilyen hulladékok leggyakrabban az rdf hulladékok és gumihulladékok. A cementgyárakban az égés nagyon magas hőmérsékleten zajlik, eléri az 1200-1400 °C fokok tartományt is, a kemencébe bejuttatott gumihulladék (acéltartalommal együtt) a klinker része lesz. Ebben az esetben a gumiabroncsban lévő acél és hamu anyagában hasznosul (20 %). a felszerelt filtereknek, monitoring rendszernek köszönhetően az emissziós normák tartására képesek, a magas hőmérséklet miatt kiemelten veszélyes komponensek (rákkeltő anyagok) nem szabadulhatnak fel.

Hazánk legdélebbi pontja közelében található a Duna-Dráva Cement Kft. Beremendi Gyára. (10. ábra)

A beremendi gumiégetés története két szakaszból áll. 1984 és 1991 között már végeztek ilyen tevékenységet, azonban az állami támogatás hiánya és a járulékos költségek (a többi tüzelőanyagtól elkülönített adagolórendszer, rakodás stb.) miatt nem volt kifizetődő. 1997 óta a termékdíjból származó állami támogatásnak (jelenleg 11 Ft/kg) köszönhetően rentábilisan üzemeltethető a rendszer.



10. ábra betonujzag.hu 110-éves-a-beremendi-cementgyartas

A gyár gumiadagolója a nagy munkagépek abroncsainak kivételével minden típusú autógumit (személy- és tehergépkocsi, kamion stb.) képes fogadni.

A kemencénkénti 960 kg/óra elégetett mennyiség éves szinten mintegy 11000 tonna gumihulladék kezelését jelenti, ami a hazai éves kibocsátásnak körülbelül egynegyede, s szinte az egész Dunántúl gumihulladékát érinti. A gyár évente egymillió tonna cementet állít elő. Az eddigi működés 12 éve alatt 2003-ig 106 ezer tonna autógumit égettek el, amelynek begyűjtését a pécsi székhelyű Biokom Környezetgazdálkodási Kft., mint rendszergazda végzi. Jelenleg 9 százalék a gumi részaránya a tüzelőanyagban.

Az emisszió rendszeres ellenőrzései kimutatták, hogy a gyár kéményén gumi együttégetés esetén is ugyanazok a gázok (a magas égetési hőmérséklet miatt főként nitrogén-oxidok) és por, ugyanolyan mennyiségben távoznak, mint anélkül. A szilárd alkotóelemek ugyanis beépülnek a cement anyagába, a távozó por pedig gyakorlatilag csak meszet és agyagot tartalmaz, amelyek a talaj természetes alkotói. A dioxinkibocsátás a kimutathatósági határ alatt van, a kén-dioxidot a mészkő megköti, és a folyamat végén nem képződik veszélyes hulladék.

c., anyagában hasznosítási megoldások:

Az **őrlés** egyik legelterjedtebb hasznosítási megoldás. számtalan vállalkozás fejleszt évtizedek óta őrlésre, darálásra alkalmas berendezéseket és gépsorokat. Az eljárás lényege, hogy

először hidraulikus peremvas tépővel eltávolítják a peremvasat, és-vagy azonnal durva aprítást hajtanak végre egy forgótárcsás aprító-nyíró berendezéssel egy, vagy többtengelyű shredderek (11. ábra), körülbelül tenyérnyi méretűre tépi szét a gumiabroncsokat.



11. Ábra kettő tengelyű gumi hulladék aprító shredder

A következő lépés a darálás, amellyel 10-70mm méretű darabokat állítanak elő a további felhasználási célnak megfelelően. 15-18 mm ez a kritikus méret, amikor már az abroncsban levő acélszálak 1-2%-ban vannak jelen és a textilnek mintegy fele elválasztható, mágneses és levegős leválasztással.

TIRE RECYCLING PLANT FLOW CHART



Preparation Equipment (for truck tires):



12. ábra gumiabroncs anyagában hasznosítási folyamata

A következő lépés a granulálás, amelynek a végtermékei a különböző méretre osztályozott granulátumok (frakció méretük 0-1, 1-3, 1-4, 2-4 stb.). Az elvárt szemcse méretétől függően, az abroncsot aprítékát többször is átengedhetik a granuláló és elválasztó folyamaton. Az acélt mágneses szeparátorral, míg a textil bolyhokat a sűrűségkülönbségen alapuló ciklonnal különítik el. (12. ábra) Majd ezeket méret szerint osztályozzák és értékesítik (minimum és maximum szemcseméretet mutatják a számok).

Az utóbbi egy évtizedben mutatkozott nagyobb igény az 1mm alatti frakció tovább darálására. Hazai gumibitumen fejlesztések is zajlanak, zajlottak ilyen mérettartományokban. Ezek már az úgy nevezett finomórlési tartományok, 100-200-500 mikronos szemcsékkel.

Több eljárás is van erre, egyik a fagyasztásos úgynevezett kriogén őrlés, ekkor a shredderelést után és a granulálás előtt az anyagot cseppfolyós nitrogénnel lehűtik mínusz 80°C-ra. Ekkor a gumi az üvegesedési hőmérséklete alá hűl és üvegszerűen törik. Így a fajlagos felülete kisebb lesz, mint a szobahőmérsékletű granuláláskor. A textil és acél elválasztása a hagyományos technológia szerint mágneses szeparátorral és sűrűségkülönbségen alapuló ciklonnal történik.

Az alacsony frakciótartományú bontás újszerű technológiája a nagynyomású vízszugárral történő granulálás. Ekkor a hulladék gumiabroncsokat előtisztítás után, 2.000 bar nyomású vízszugárral elvágják futófelületet, majd oldalfalat és a butil légzárót réteget külön-külön. A technológia tiszta textiltől és acéltól mentes gumi anyagot ad, amit szárítást követően szitálással osztályoznak megfelelő méretűre.

őrleményekből készíthető termékek:

- rezgéselnyelő lapok (erősen rezgő, rezgésre hajlamos eszközök és tartószerkezeti rögzítés közötti elemek)
- esésvédő gumilapok (játék és sportpályák előre gyártott burkolatai)



13. ábra rekortán pálya forrás: <https://www.gumitegla.hu/>

- futópályák borítása (A „rekortán” szó az 1972-es müncheni olimpián használt RekortanTM márkanevű helyszínen öntött, gumigranulátumból és poliuretánból készült sportpálya burkolat. 13. ábra)
- műfüves futballpályák rugalmasságot biztosító térkitöltő rétege
- nagy erejű préseléssel előállított préstermékek (szegélykövek, fekvőrendőrképző elemek, mobil kerítés és kresztábla alapok, vasúti aljak)
- zajvédő falak (gumiörlemény és vasalt beton kompozit)
- gumibitumen (MOL Zalai Finomítóban 2012 november óta évi 5.000 tonna mennyiségben állít elő gumibitument, ehhez 750 tonna, 125.000 db elhasznált személygépkocsi gumiabroncsból előállított gumiörleményt hasznosít, előnyei a környezetvédelmi eredményeken túl, hogy kiváló az aszfalt közetvázhoz való tapadása, kisebb a gördülési zaj, 10 %-kal rövidebb a fékút, 50 %-kal hosszabb élettartam, 30 %-kal alacsonyabb üzemeltetési költség, hátránya a viszonylagosan bonyolult a tárolása és szállítása, ugyanis a gumiörlemény gyors kiülepedése ellen folyamatosan áramoltatni esetleg melegíteni kell a bitument.)
- gumikeverékekben újra felhasználható őrletek (re-gumi)

Az őrlés és az őrlés során képződött őrleményből gyártott termékek – a technológia kritikusai szerint – legfőbb problémája az, hogy nagy energia szükséges az őrlemény előállításához, utána a készterméket sok évig használhatják, majd utána újra a hulladékban landol. Vajon megéri-e ekkora energiát ráfordítani néhány év használat miatt? A műfüves focipályákat pedig több egészségvédelmi szervezet támadja a lebegő gumipor tüdőre kifejtett hatása miatt. Általános, elfogadott álláspont jelenleg még nincsen ezekben az ügyekben.

d., hibrid megoldás: pirolízis

A pirolízis technológia egy olyan hasznosítási megoldás, amelyet az olajipar és vegyipar már viszonylag régóta használ. Azért nevezik hibrid technológiának, mert a keletkező termékek anyagában és energetikailag is hasznosíthatók.

Az eljárás során az elhasznált gumiabroncsot rendszerint szeddelést követően levegő kizárásával hevítünk 400-700 °C-on, ekkor a gumiabroncs polimer szerkezete összeomlik és a szilárd anyagból gázok gőzök szabadulnak fel, amit szeparáló rendszerek felfognak és fizikai, kémiai kezelést követően az alábbi anyagok keletkeznek:

- pirolízis gáz, amit visszavezetnek és elégetésével fűtik a reakció teret, többlet mennyiséget zárt tározókban tárolják,
- pirolízis olaj, amit el lehet égetni és energiát termelni, vagy finomítható viszonylag összetett eljárással, tárolása zárt tartályokban történik,
- korom, gumiiipari alkalmazása nem megoldott, műanyagipari festékként, vagy víztisztításnál szűrőréteggént hasznosítható, tárolása zárt tárolókban vagy big-bag-ban történik,
- az acél, kohósítása nehéz.

Az egyes frakciók mennyisége és aránya függ a pirolízis hőmérsékletétől és a közegtől (N₂, H₂O, vákuum, NaAlO₂ olvadék).

A technológiát az 1960-as években az Egyesült Államokban kezdték el először gumiabroncs hulladék feldolgozására használni, azonban ipari méretekben nem működött. Sem a technológia, sem a termékminőség nem volt megfelelő, így leállították. Ezt követő

évtizedekben a világ több helyszínén különböző nemzetek kutatócsoportjai próbálkoztak a technológia tökéletesítését, de kevés sikerrel.

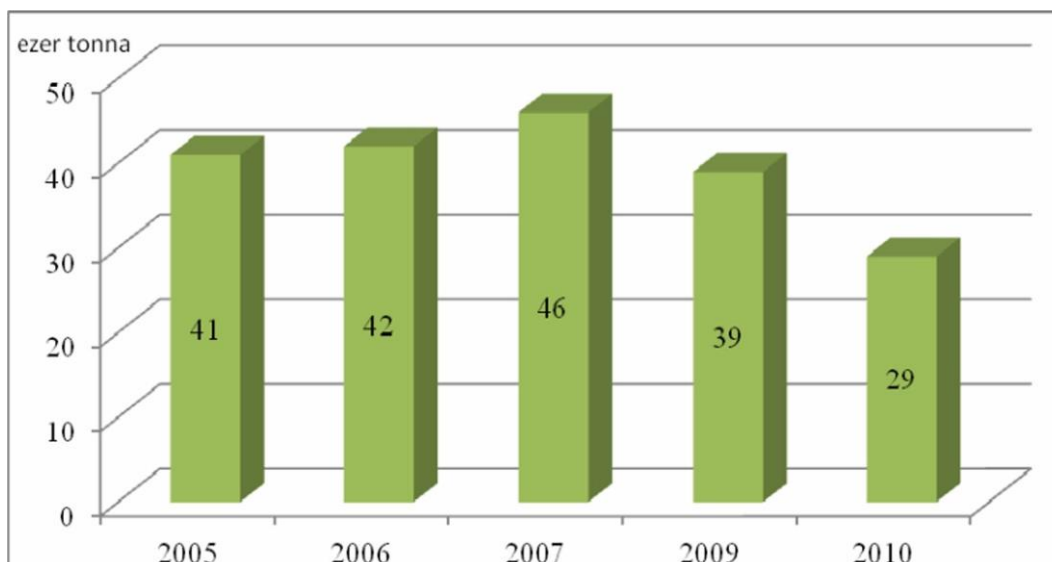
A technológia fejlesztésének lendületet adott a 2000-es évek elején az a törekvés, hogy a gumiabroncsban levő értékes anyagokat ki kell nyerni és a másodnyersanyagokat piacra kell juttatni.

Az újrahasznosítási eszközök, technológiák piacán jelentős a távol keleti felhozatal, olcsó komplex rendszereikkel jelentős piaci helyet szereztek maguknak. Nincs ez másképp a kész pirolízis üzemek terén sem, sokszor kifogásolható, technikai színvonalon működő rendszerekkel. Legtöbb publikáció ezen berendezések üzemeltetéséből származó tapasztalatokat közöl, néha túlzott optimista, vagy pesszimista kijelentések ilyen alapokkal nem tehetők. Nem szabad azonban leírni ezeket a gyártókat, hiszen korlátlan anyagi fedezettel rendelkeznek a technológiai fejlesztésekre.

Jelenleg a fejlett technológiai színvonalon álló országokban ott tart a technológiai fejlődés, hogy ezt a nehezen optimalizálható folyamatot egyedi méretezést és gyártást követően megfelelő műszerezettséggel, szabályzó és védelmi rendszerekkel, megfelelően üzemeltethető rendszerré lehet építeni.

7 A hazai begyűjtési rendszer elemzése kiemelve a hasznosítással egybekötött vállalkozásokat és alkalmazott technológiáikat

Hazánkban a forgalomba hozott gumiabroncsok mennyiségéről nincs pontos adat, így csak becslések alapján tudunk ezekre az értékekre következtetni. Becsléseket rendszerint az értékesítésből befolyt összegekből, valamint a behozott import gumiabroncsok értékéből próbálják meghatározni (személygépkocsi 8-10 kg, tehergépkocsi 55-65 kg abroncsenként). Ezen információk alapján az évente értékesített gumiabroncs mennyisége mintegy 45.000-55.000 tonnára tehető. Az éves begyűjtés 29.000-46.000 tonna sajnos csökkenő tendenciát mutat (4. diagramm).



4. diagram Magyarországon begyűjtött hulladék gumiabroncs mennyisége Perge Péter, Boros Norbert
Debreceni Műszaki Közlemények 2012/2

A jelenlegi gumiabroncs hasznosító kapacitását 60.000- 70.000 tonnára becsült. A közeljövőben ez a kapacitás nem valószínű, hogy változna.

Hazánkban a hasznosítás arányait nagy mértékben újra fogja írni a 2023-ban létrejött koncessziós megállapodás, amelynek keretében központi irányítással a koncessziós társaság a MOHU MOL Zrt. fogja össze a teljes hulladék piacot. Júliustól az egész országban új hulladékgazdálkodási rendszert vezettek be, amelyben az állam helyett a MOHU MOL Zrt. végezi a hulladékgazdálkodást.

Az új rendszerrel együtt az Európai Unió elvárásainak megfelelően elindul az új, kiterjesztett gyártói felelősségi rendszer is, amelyben a környezetszennyező termékek gyártóinak „a szennyező fizet” elve alapján díjat kell fizetniük a termékeik hulladékkezelésével kapcsolatos költségek megtérítésére – írta az Energiaügyi Minisztérium.

A kiterjesztett gyártói felelősségi rendszer hatálya alá tartozó egyes termékkategóriákra, így a gumiabroncsra, a textiltermékekre és a sütőolajra speciális szabályok vonatkoznak majd.

Ezen új rendszer keretében az elhasználódott gumiabroncsokat 2023 októbertől ingyenesen lehet leadni, emellett a használt sütőolaj és a textilhulladék elkülönített gyűjtését is biztosítja a MOHU MOL Zrt.

8 New Energy Kft, pirolízis technológiájának ismertetése

A gumiabroncs hulladék gyűjtési rendszeren, szerződött partnereken keresztül érkezik a feldolgozási, hasznosítási üzembe (14. ábra). Mérlegelést és a megfelelő dokumentáció kiállítását követően a hulladék egy érkeztető részre kerül. Itt az előkészítést végző szakemberek fajtánként és a technológia részére fontos hulladékgazdálkodási és feldolgozási szempontok alapján szortírozzák a hulladékot. A válogatott hulladék típusonként megfelelő tárolókba kerül. A hulladék feldolgozási ütemterv szerint az előkészítő, majd őrlő üzembe kerül.

A vállalatirányítási rendszer jelzi a termékek iránt keresletet és a raktárkészlet függvényében, hogy melyik alapanyagból melyik terméket kell gyártani.

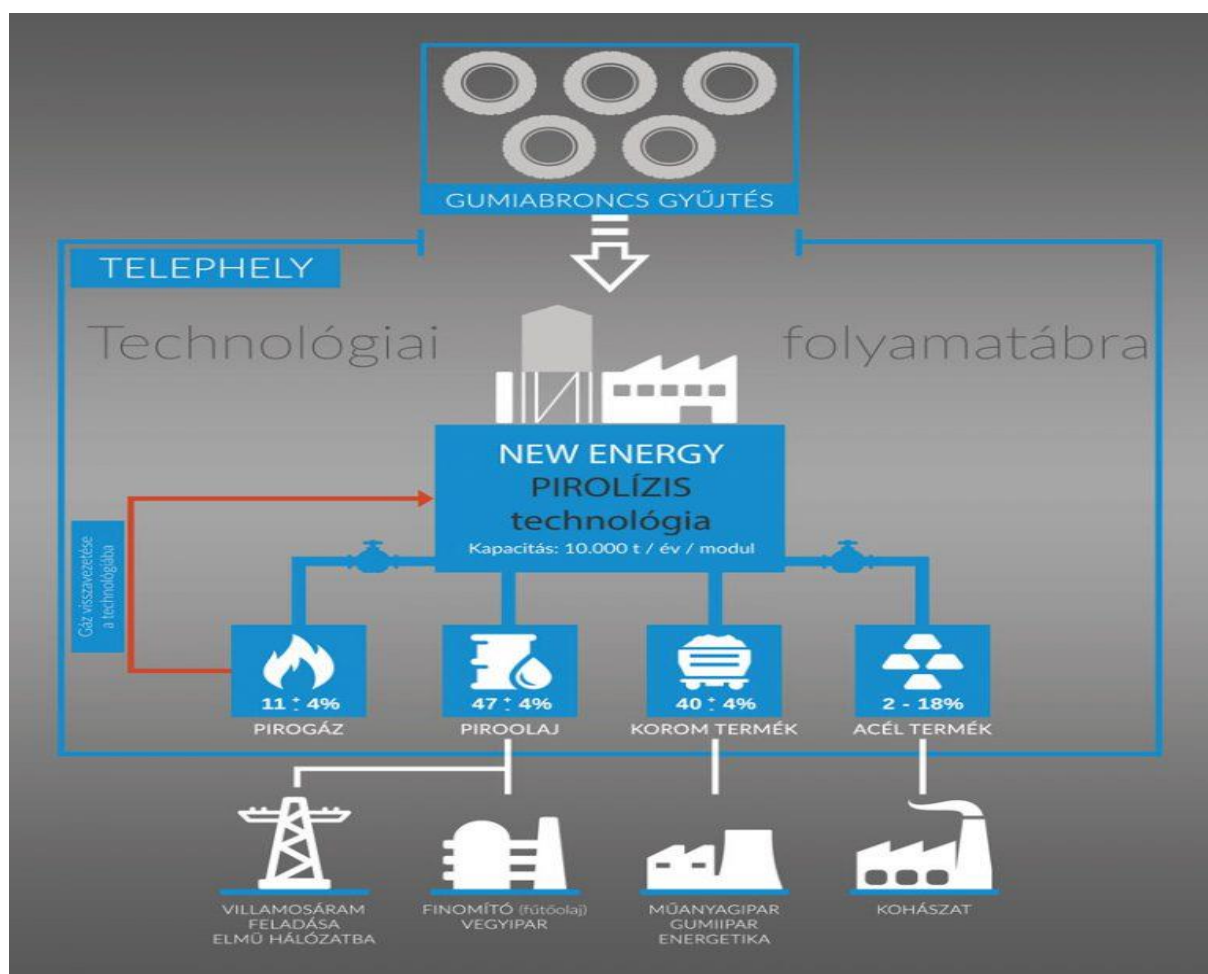
Az első daráló gép először kisebb darabokra aprítja a gumiabroncsokat, majd ezután a második darológépbe kerül a darabolt/tépett hulladék. Ez a berendezés elválasztja az acélszalakat a gumi és textil összetevőktől, az elválasztott acélt az acél-depóban tárolják az elszállításig. Az aprított gumi+textil frakció a megfelelő tárolóba kerül, ahol már szárazon tárolják értékesítésig, vagy további feldolgozásig. A további feldolgozás két irányban folytatódhat, tovább őrölik és vagy granulátumot készítenek belőle, ezt pedig értékesítik a gumiipari termékgyártók (gumitérkő, játszótéri lapgyártó, ideiglenes közlekedési táblák-mobilkerítések talpai, rezgéscsillapító gumikockák, lovaspálya ugrólemezek) részére vagy a pirolízis üzem alapanyaga lesz és a reaktorokban feldolgozásra kerül az őrlő üzemben tovább finomítják az őrleményt, granulátumot készítenek belőle. A kész granulátumot big-bag zsákokban tárolják értékesítésig. Az őrlés során felszabadult textilt cementgyáraknak értékesítik. Az acél pedig kereskedőn keresztül acélkohókba megy másodnyersanyagként.

Számottevő az eljárás során keletkező szilárd termék, egyrészt az előkészített anyagokat és az őrlés során képződött termékeket is értékesítik, illetve a pirolízis során képződött korom frakciót különböző minőségi és kezelési szintnek megfelelően értékesítik partnereinknek.



14. ábra gumihulladék beszállítása a feldolgozó üzem területére

A Dunaharaszti pirolízis üzem.



15. ábra Dunaharaszti gumihulladék feldolgozó üzem működési elve

Dunaharaszti a gumiabroncs hulladékfeldolgozás pirolízis elvén működő technológiát immár több mint 15 éve fejlesztik folyamatosan. Az üzem 2 reaktorral működik, éves feldolgozó kapacitása 8 000 tonna gumi+textil hulladék, ez gumiabroncsra vetítve 10 000 tonna/év kapacitást jelent.

Az előkészített anyag először egy adagtartályba kerül. Ez az adagtartály osztja el az alapanyagot a két reaktor között. Zsiliprendszeren keresztül az adagtartályból a kívülről melegített, zárt reaktorba jut a gumihulladék. Az üzem reaktorai saját fejlesztés termékei, jelenleg 4. generációs mindkettő, technológiájukat bejegyzett, saját tulajdonban levő világszabadalom védi. A rendszer vezérlését a vezérlő teremből irányítják kezelők, plc segítségével. A reaktor a piacon ma kapható konkurens termékekkel ellentétben áll, függőleges elhelyezésű és a belsejében egy forgó lapátos keverő keveri benne a gumihulladékot. A reaktorok belsejében 450 °C fok körüli hőmérséklet van a folyamat közben. Katalizátorokat, egyéb gyorsító adalékokat nem alkalmaznak.

Fontos beszélni a reaktorok fűtéséről: az üzemben nem használnak a fűtéséhez fosszilis tüzelőanyagot, a telephelyen nincs bevezetett földgáz, a folyamat során keletkezett tisztított gáz frakciót kompresszor segítségével egy gáztartályba vezetik. Ez a gáz fűti fel a reaktorokat egy zárt tűztér segítségével, amely a reaktor előtt, attól elkülönítve helyezkedik el.

A tűztérben történik meg a gáz elégeése, a tűztér úgy van kialakítva, hogy extrém magas hőmérséklet (950-1050 °C) legyen benne. Ennek az az oka, hogy az emissziócsökkentő adalékokat a füstgázhoz ekkor adagolják, amik ilyen hőmérsékleten fejtik ki hatásukat a legjobban, valamint teljesül a magas hőmérsékleten történő füstgáz tartózkodási idő is (3mp). Ezalatt elreagálnak az esetlegesen keletkező dioxinok, a szén-monoxid keletkezés a magas hőmérséklet miatt szintén minimális. A nox és sox füstgázkomponensek kezelésére pedig a tűztérben és azt követően adalékokat tesznek. Gyakorlatilag a reaktorok fűtését egy olyan tisztított füstgáz adja, amelyből előtte valamennyi károsanyagot eltávolításra került. Ez a tisztított, extrém magas hőmérsékletű füstgáz van bevezetve a kettős falú reaktorok két fala közé. a reaktorok két fala között a forró füstgáz melegít, a belső fal mögött zártan a gumihulladék pirolizálódik, a külső fal pedig a hőszigetelés tartására szolgál. Fontos megjegyezni, hogy a pirolízis során a reaktorokban és a kapcsolódó egyéb kiszolgáló rendszereinkben is CO₂ atmoszférát tartanak, így a reaktorban égés nem is tudna lezajlani. Ez

a pirolízis lényege: oxigén nélkül zárt rendszerben külső hőközlés hatására összeomlik a gumibroncs polimer szerkezete és a szilárd anyagból gázok, gőzök szabadulnak fel a polimer láncok kisebbekre törnek szét. Ezeket a gázokat, gőzöket a leválasztó, szeparáló rendszerekkel felfogják, szétválasztják és fizikai/kémiai kezelést követően tárolják. A végtermékek így értékes másodnyersanyagként fedett, zárt tárolókban vannak az elszállításukig. Az eljárás végén a rendszerből a következő anyagok távoznak:

gáz frakció (ezt egy meszes mosó segítségével kéntelenítik, mossák, hűtők segítségével a kondenzálható részeket elválasztják),

benzin frakció (ezt lobbanáspont szerint leválasztják az olaj részről, ezáltal biztosítva az olaj biztonságos felhasználását),

olaj frakció (egyik fő terméke az üzemnek, ezek értékesítése több irányú, finomítói-erőművi, ipari fűtőolajként, villamosáram termelésére történő felhasználásra),

víz.

Továbbá a reaktorban miután a pirolízis folyamata befejeződött a gáz-gőz halmazállapotú anyagok eltávoztak, marad egy finom fekete por anyag, a pirolízis korom. Ezt a kormot kiengedik egy szeparáló rendszerre, ahol elválasztják belőle azokat az anyagokat, amelyek a pirolízis szempontjából inertnek tekinthetők (acél drót maradványok az előkészítésből, kevlár szálak a kevlár erősítéses abroncsokból stb.) ezeket az anyagokat eltávolítás előtt lehűtik, majd zsákokba rakást követően cementgyáraknak értékesítik. A korom a szeparálás során átesik egy aktiváló mozzanaton, ezt vízgőzzel végzik. A gőzös aktiválás során aktív pórusok nyílnak meg, a koromnak magasabb aktív felülete lesz, így a gumiipar és műanyagipar számára értékesebb nyersanyag válik belőle. A kész kormot további feldolgozás esetén big-bag-ban, vagy amennyiben a megrendelőnek megfelel, akkor portömített rendszerben légszállítással zárt silóba teszik, ahol elszállításig tárolják. (15. ábra)

A pirolízis technológia során létrejött termékek

pirolízis olaj (16.ábra):

ne oil 15 cp/ca: 2707 9919 vtsz, adóraktárban tárolva, jövedéki adó megfizetésére kötelezett termék, felhasználási célnak megfelelően adózik. Finomítói felhasználásra ajánlják.

Olajtermék előállítva gumibroncsból, lobbanáspontja alacsony, sűrűsége 0,93 g/cm³, 0 °C

fok alatt is könnyen gyújtható normál olajtüzeléses égőfejen,
ne oil 15 f: 2707 9919 vtsz, adóraktárban tárolva, jövedéki adó megfizetésére kötelezett termék, felhasználási célnak megfelelően adózik. Olajtermék előállítva gumibroncsból, lobbanáspontja magas, sűrűsége 0,97 g/cm³, fűtési célra elsősorban tavasztól ősziig javasoljuk használatát, télen szivattyúzhatóság miatt előmelegítése célszerű. Villamosáram termelésére dízel kiserőmű meghajtásával alkalmas,
ne oil b15: 2707 5000 vtsz, adóraktárban tárolva, jövedéki adó megfizetésére kötelezett termék, felhasználási célnak megfelelően adózik. Benzintermék előállítva gumibroncsból, sűrűsége 0,80 g/cm³, 0 °C alatt is könnyen gyújtható. Tárolása kizárólag benzinek tárolására alkalmas és felszerelt tartályokban történhet. Szivárgásjelző, duplafal, gázinga beépítésével.



16. ábra raklapozott hordós pirolízis olaj

gáz halmazállapotú termékek (nem értékesíthetők):

A pirolízis folyamatban keletkezik egy többféle szénhidrogénből álló gázkeverék. A gáz tartalmaz olyan komponenseket, amelyektől megtisztítják a gázt annak energetikai hasznosítása előtt. A nem kívánatos komponenseket kémiai úton semlegesítik, az így keletkezett semlegesített anyagot hulladékkezelő partnernek adják át. A tisztított gáz összetétele vegyes képet mutat, ennek az oka a pirolízis maga. A pirolízis folyamatának beindulásakor először a könnyebb gázok, egyszerűbb szerkezetű anyagok keletkeznek (hidrogén, metán, etán), majd a folyamat vége felé a nehezebb komponensek is megjelennek. A gázkeverék a tisztítást követően pb-gázzal egyenértékű tulajdonságok mellett az üzem reaktoraink felfűtéséről gondoskodik.

pirolízis korom:

A gyártás során finom por formában kerül ki a reaktorból. A megrendelésnek megfelelően lehetőség van gőzös aktiválására. A gumiipari és műanyagipari felhasználás érdekében lehetőség van a korom finom őrlésére is, speciális korom daráló berendezéssel. Így finom mikroszemcsés szerkezet alakul ki, a recarb termékcsalád, amely gumiipari keverékek készítésénél felhasználható alapanyag. További felhasználási lehetőség fekete műanyagipari mesterkeverék készítéséhez felhasználható pigment anyag. (Forrás: New Energia Kft honlapja)

9 A gyűjtési és első lépcsős feldolgozási folyamatok helyszínre szállításának gazdaságossági elemzése

Mit sem ér a sok-sok, jobbnál-jobb gazdaságos jövőbe mutató környezetbarát technológia, ha nem társul a társadalom minél nagyobb támogatásával. Mindaddig amíg egyszerűbb csak a kert vagy telephely végébe elrakni, vagy az erdők dűlőutak félreeső részére kidobni az elhasználódott gumiabroncsokat, addig nem tudunk a körforgásos gazdálkodásra áttérni. Egészen addig amíg a magánember és a gazdálkodó nem értik meg, hogy a Föld nevű bolygót csak kölcsön kaptuk a jövő generációjától, addig csak részsikereket érhetünk el.

A hulladék gazdálkodási rendszer begyűjtési szegmensének tervezése során rengeteg számítási, tervezési paraméter mellett kénytelenek vagyunk figyelembe venni az emberi tényezőt. Az emberek nagy része kényelmi alapon cselekszik, legyen az a lakosság, vagy gazdasági társaság képviselője. Az előregedett gumiabroncsot nem szívesen viszik el a gumistól, vagy otthonról, a nagy távolságra található begyűjtési helyekre, hiszen az sok idő, üzemanyag és macera. De ha már kényszer alatt vannak és mégis útban van a hulladék abroncs, akkor a lehető legközelebbi helyen szeretnék azt leadni, nem messzebb, mint a kedvenc bevásárló központ vagy üzemanyag töltőállomás. Sajnos a jelenleg felépített hazai hulladékgazdálkodási rendszer esetében ez nem mindenkinek áll módjában, csak néhány szerencsés embernek, akinek a leadási helyszín a közelében van. Ennek köszönhetően sajnos maradnak és szaporodnak a gumi hegyek.

Ebben a helyzetben joggal vetődik fel, hogy alakítsunk a rendszeren. Kézzel fogható megoldás, hogy a meglévő hulladékudvarokon kívül ösztönözni lehetne az önkormányzatokat és az irányításuk alatti település üzemeltető társaságokat, hogy hirdessenek gumihulladék gyűjtési kampányokat. A helyszín megválasztásában csak arra kellene figyelni, hogy a helyszín szilárd

burkolattal és megfelelő erősségű ipari árammal rendelkezzen. Ezek a kampány időpontok lehetőleg a téli-nyári gumibroncs cserélési időszakot követően lehetnének. Külön hangsúlyozni kellene, hogy a korábban levetett koszos telkeken kallódó vagy gyerekek homokozójaként helyezett gumibroncsokat is adják le, csökkentve ezzel az ismeretlen mennyiségű korábban keletkezett hulladék mennyiségét. Ezzel a tevékenységgel javítani lehetne a hiányzó környezettudatos szemléletet. Bízthatni lehetne a szülőket, hogy gyermekeik bevonásával adják le az abroncsokat, amit kedves gesztusként ösztönözni lehetne egy kis csokoládéval, vagy a környezetvédelemmel kapcsolatos újrahasznosított anyagból készült kulcstartóval. Így játékosan kedvet lehetne adni a következő generációknak a megfelelő viselkedési normához való csatlakozásra a környezetvédelem terén is.

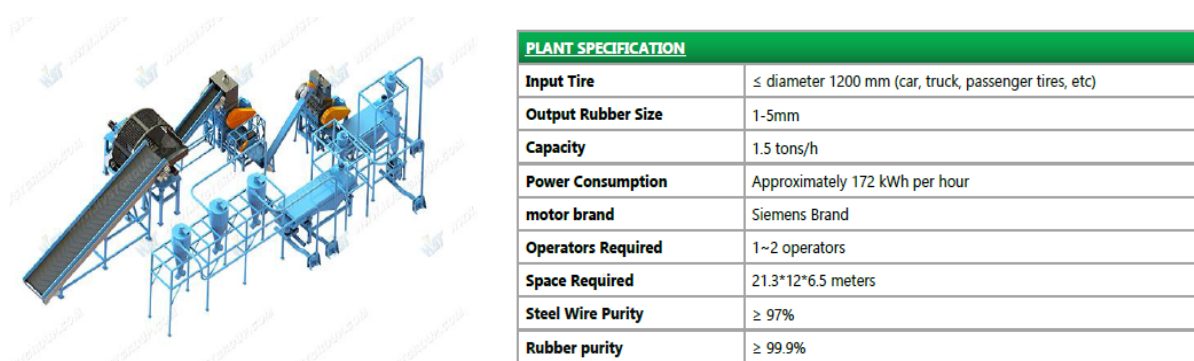
Az így begyűjtött személy és tehergépkocsi gumibroncsokat (átlag súly 8,5-12 kg/db) csak addig az időpontig kellene az ideiglenes helyen tárolni, amíg az összesített mennyiség eléri a minimum 5 tonnát, amit már haszonnal lehetne helyszíni kezelésnek alávetni. Ekkor az összegyűjtött gumihulladék már nem különbözik az ipartelepeken kallódó tehergépkocsi és munkagép abroncsoktól.

Röviden megindokolnám a gumihulladék helyszíni kezelésének részemről felvetődött gondolatát. Az általam irányított és tulajdonolt gazdasági társaságnak a Pannon Útépítő Kft-nek országos, nem veszélyes hulladék gyűjtési és kezelési jogosultsága van. Aktívan dolgozunk az építőiparban bontási építési hulladékok kezelési területén, ahol azt tapasztaltam, hogy a szelektív bontás, majd a helyszíni kezelés, meghatározott későbbi használatra alkalmas frakcióra bontás, csökkenti a tárolási hely igényt és az esetleges fuvarköltséget. Igaz ez az utak, épületek bontására, de még a bozót-, cserjeírtás, vagy a fakivágás során keletkező zöld hulladéokra is. Ez vezetett oda, hogy a munkafolyamataink során a legtöbb szakterületen helyszínen telepített mobil munkabázisokkal dolgozunk, legyen az burkolat marás, beton-kő törés, osztályozás, tuskó-, gallydarálás.

A szakmérnöki képzés során elkezdtem a gumihulladék hasznosítás után érdeklődni, nyitott szemmel járni és gondolkodni, hogy esetleg van-e valami keresni valóm ezen a szakterületen. Azt tapasztaltam, hogy hihetetlen mennyiségű gumibroncs van a lakosságnál és az ipari mezőgazdasági és fuvarozási társaságoknál, még a saját telephelyünkön is.

Ezt követően kezdtem el az után érdeklődni, hogy milyen módon lehetne előre lépni ebben a helyzetben és azt tapasztaltam, hogy a gumibroncs területén a lakosság egy része még csak-csak megoldja a problémáját és ha a közelében leadható a gumi, vagy a gumisnál hagyhatja, akkor azt meg is teszi. De még mai napig erősen foghíjas az ismeret a leadási lehetőségekkel kapcsolatban. Lenne mit tenni a felvilágosítás terén, pl. közérdekű hirdetésekkel a médiában.

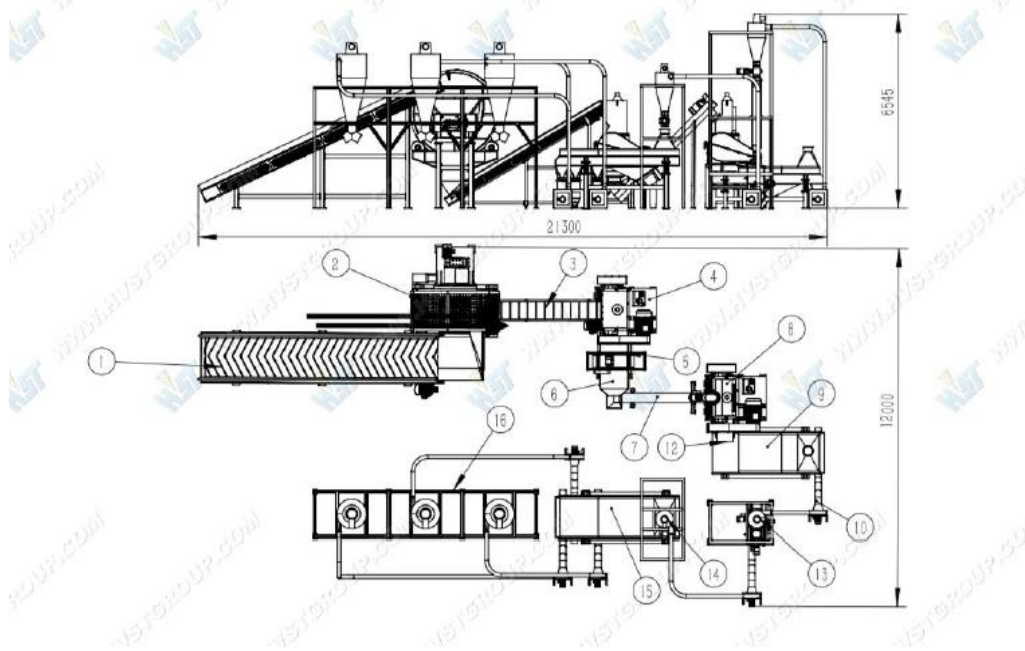
Ekkor tudatosult bennem, hogy más hulladék hasznosítás esetén mi már most is végzünk helyszíni hulladék kezelést, mi lenne, ha ebben megpróbálnánk előrébb lépni. Megnéztünk több komplex gumihulladék hasznosító berendezést gyártó honlapot és azt tapasztaltuk, hogy a közepes teljesítményű (17. ábra) eszközök terén a távolkeleti esetünkben kínai gyártók árszintje lehet a kedvező, elérhető. Árajánlatot kértünk az egyik gyártótól, amit rövid



17. ábra Kínai feldolgozó üzem energia igénye és teljesítmény adatai

időn belül meg is kaptunk, (1 számú melléklet) ebben az ajánlatban azt láttuk, hogy ez a rendszer helyigényénél fogva (18. ábra) nem mobilizálható, csak ennek a kiegészítésével

lehet ettől függetlenül egy mobil egységet összeállítani.



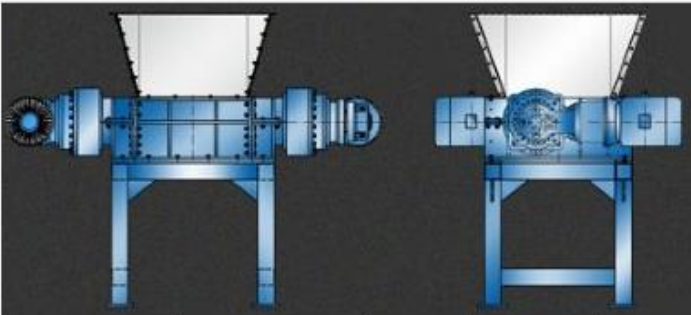
The estimated dimension is 21.3*12*6.5 meters, we can customize the layout according to your real working place.

18. ábra Kínai feldolgozó üzem telepítési helyigénye

A sok tízmilliós beruházási összeg miatt arra a gondolatra jutottunk, hogy a beruházást kitoljuk egészen addig, hogy valamilyen gazdaság élénkítő támogatás keretében a megvalósításhoz kaphatunk segítséget. Viszonylag gyorsan a 2023-as év végén meg is jelent egy pályázat, de a befejezési, megvalósítási határidő olyan rövid volt (év vége), hogy azt nem mertünk felvállalni.

Igy a gumihulladék részünkről történő hasznosítására egyelőre csak ezen dolgozat keretében történő modellezés maradt, az is csak a helyszíni előkezelés, hasznosítás területére terjedt ki.

A dolgozathoz árajánlatot kértem egy hazai forgalmazótól, a Best Machinery Kft.-től, akit jól ismertem az építőgépek piacáról. A Best Machinery Kft. több éve forgalmaz Magyarországon hulladékhasznosító eszközöket jelen esetben a 3E gyártó berendezéseit ajánlotta. Az ajánlat kérés egy multiliftes felépítmény, vagy 20 lábas konténer méretében (6,1 méter*2,4 méter) elférő falckitépő gépre (19., 20. ábra) és egy elsőlépcsős aprítást végző shredderre (18. ábra) vonatkozott. A mellékelt árajánlatokban a 3E YGLJ-1200 típusú falckitépő, a 3E GL40 100 típusú shredder szerepel.

					GL32XX és GL40XX széria Kés vastagság: 15mm, 20mm, 40mm		
Típus	Vágó- szekrény (mm)	Rotor hossz (mm)	Rotor átmérő (mm)	Ford. szám (ford/ perc)	Kések vast. (mm)*	Kések száma (db)	Motor telj. (kW)
GL40100	1000 x 950	1000	514	15	40	25	22+22



19. ábra 3E GL40 100-as 2 tengelyes shredder és 3E YGLJ-1200-as falckitépő-berendezés forrás: Best Machinery Kft.

-	Beépített villamos teljesítmény:	18,5 kW
-	Kapacitás:	15 db/óra
-	Max. abroncs átmérő:	1.200 mm
-	Max. nyomás:	15 MPa
-	Méreték: (mm):	3750x1700x1230
-	Súly:	2500 kg

20. ábra 3E YGLJ-1200-as falckitépő-berendezés műszaki adatai forrás: Best Machinery Kft.

Az ajánlat során a szakmai tanácsadó felhívta figyelmemet, hogy ezen eszközök tevékenységével elérhetem az elvárt 70-75%-os térfogat csökkenést, de a beruházás értéke, az eszközök kapacitása, energia és kiszolgáló személyzet igénye nem lesz versenyképes egy általa ajánlott gumihulladék bálázó gép (21.ábra) által kínált paraméterekkel. Ugyanis a bálázó gép hiába nem tud csak 60-65 %-os térfogat csökkentést előállítani és a falc

kitépésének hiányában egy jelentős súlytól sem szabadítja meg az abroncsot, de a napi teljesítménye és a kiszolgáló személyzet létszám igénye is jelentősen kisebb. Megfordult a fejemben, hogy a peremvas kitépő esetleg a bálázást megelőzően mégis része lehetne a bálázási egységnek, de a tanácsadó azt javasolta, hogy teljesen felesleges lenne, csak lassítanánk a folyamatot. Így ezen ismeretek birtokában a MACFAB 550HD típusú bálázó eszközre is megkértem az árajánlatot (2, 3, 4 melléklet). Az eszközök összeállításának lakatos és gépészeti feladatai ismertek előttem, de jelenleg ebben nem mélyedtem el

Terveim szerint az eredetileg elképzelt munkafolyamat a következő képen alakulna, a gyűjtési helyszínre, vagy valamilyen hulladék gumiabronccsal rendelkező telephelyre szállítanánk a mobil egységet, ahol megfelelő hálózati elektromos áram birtokában, vagy áramfejlesztő segítségével a mobil egység peremvas eltávolító eszközével eltávolításra kerül a peremvas, amit külön deponálva elő lehet készíteni szakcég részére történő átadásra kohászati célra. Következő lépés, az immáron peremvas nélküli gumiabronccsal, hogy bekerül a második eszközbe egy forgótárcsás nyíró-aprító berendezésbe, egy kettő tengelyű shredderbe, az apríték amely 10-70 mm méretű darabokból áll big-bag zsákokba kerül. Az így előkezet anyag töredéke méretű helyen elfér, mint eredeti gumiabroncs állapotában. A folyamat teljesítményét a falckitépő eszköz határozza meg, mivel a teljesítménye óránként max. 15 db gumiabroncs, aminek peremvasát képes eltávolítani. Az így óránként előállított peremvas nélküli gumiabroncs mennyiség 120-150 kg, ami ezután a shredderre feladható. Ez 8 órás munkanap során maximum 960-1.200 kg, ami valljuk be nem túl sok, bőven elmarad a shredder lehetséges teljesítményétől, ami óránként 1-2 tonna mennyiséget tudna aprítani. Így kijelenthetjük, hogy sajnos a falckitépéstől vagy eltekintünk, vagy sok napon át dolgozzuk fel az összegyűjtött gumiabroncsot, ezzel elveszítjük a térfogatcsökkenésből eredő szállítási és tárolási ár előnyt. Ha a technológiai sorból kihagyjuk a falckitépést akkor a shredder teljesítménye bőven elég az elvárt átlag 5 tonna gumiabroncs feldolgozásához, a kérdés csak az, hogy az aprított gumiabroncs ebben az állapotban alkalmas-e a tovább hasznosító részéről történő átvételre. A válasz sajnos a nem, az általam megkérdezett hasznosítók azt a tájékoztatást adták, hogy inkább egészben vennék át a gumiabroncsot. Ebben az esetben jön képbe a forgalmazó kiegészítő ajánlata a bálázó gép.

Gép műszaki adatok	
Típus	MACFAB 550HD
Préselő erő	50 t
Teljesítmény	11 kW 32A, 380-400V
Befoglaló méret	3500x2115x1200 mm
Tömeg	1935 kg

(a fenti adatok változhatnak)

Bála műszaki adatok	
Magasság	1200 mm-ig
Szélesség	1500 mm
Mélység	0,769 mm
Tömeg	kb. 610 kg (alapanyagtól függően)
Ciklusidő	50 másodperc



20. ábra gumihulladék bálázó berendezés forrás: Best Machineti Kft.

A bálázó gép beszerzése és a befektetési költsége jelentősen elmarad az előzőekben bemutatott falckitépő gépnek és a shreddernek (2, 3, 4 melléklet) az áraitól. Az üzemeltetés energia és létszám igénye is sokkal alacsonyabb, míg a teljesítménye lényegesen jobb. Az elvárt teljesítményt (5 tonna) probléma nélkül teljesíti egyetlen munkanap alatt, a térfogat csökkentés minimálisan elmarad, de mégis alkalmas a termék a bála a kistehergépkocsi szállításra.

Tehát arra a következtetésre jutottam, hogy az elképzelésem nem rossz a lokálisan összegyűjtött, vagy telephelyeken betárolt gumiabroncsok térfogatcsökkentése terén, de nem az eredetileg elképzelt technológia a megfelelő, hanem inkább az egyszerűbb bálázás. Tehát a mobil bálázással történő térfogatcsökkentés jó út lehet a gumihulladék országos szintű mennyiség csökkentésére.

10 Záró elemzések összefoglaló

A hulladék gyűjtése, kezelése, ártalmatlanítása, az minden embernek, aki a Földön él kötelessége, ez evidens. Nem szabad, hogy ez csak a gazdaságosság elve mentén működjön, ahogy a kultúra, az egészségügy, az oktatás, a tömegközlekedés sem tud rövid távon profitot termelni, úgy ez globálisan igaz a hulladék gazdálkodásra is. Nem tehetik meg a fejlett gazdasággal, társadalommal rendelkező nemzetek, hogy homokba dugják a fejüket és le tudják az országhatáraik mentén a hulladék gazdálkodást és a vele szervesen összefüggő környezet védelmet. Ahogy a szél, az óceánok, a tengerek, folyók nem ismernek országhatárokat, úgy a szennyezések sem!



22. ábra Dubai gumihulladék, ami még az űrből is látszik forrás: www.gumiabroncs.hu

Mi láttuk ezt 1986-ban a Csernobili nukleáris katasztrófa idején. Nem gondolhatjuk, hogy amikor Dubaiban a homok alá temetik a sok millió gumiabroncsot (22. ábra), amikor a Csendes óceánban úszik a sok millió km² méretű hulladék sziget, hogy minket ez nem fog elérni, hiszen már a növényekben, állatokban és bennünk is jelen van a mikróműanyagok sokasága. Nem mondhatjuk, hogy majd, ha gazdaságos lesz kezelni a hulladékot akkor majd foglalkozunk vele, hát nem! Igenis kutyakötelességünk minimum példát mutatni és megfelelően cselekedni, ahogy tette Szingapúr, ahol a sok évtizedes hulladék halmozásból

egy környezettudatos társadalmat sikerült nevelni, ahol napjainkra szégyen lett a személtelés.

Talán nekünk is sikerülhet! Ne szégyelljünk jó példákat ötleteket átvenni, tanulni másoktól! Jobb odafigyelni és nem ismétetni mások hibáit, mint saját rossz tapasztalatok után, de magunktól eljutni a helyes útra.

Bízom benne, hogy a saját tapasztalatom és az abból levont következtetések, ötletek alkalmasak voltak egy szakmérnök záró dolgozatának megfelelő színvonalú elkészítéséhez. Talán, ha sokan gondolkodunk és beszélgetünk ilyen érdekes témákban, mint a gumihulladék hasznosítás, akkor kicsit mi is hozzá tudunk tenni egy élhetőbb és fenttarthatóbb környezethez.

Lehet, hogy akkor nem csak jópofa mondat lesz a kölcsön kapott bolygó, hanem mindenki érteni fogja a lényegét és tenni is fog érte.

Felhasznált források:

<http://hu.waverubber.com/info/the-history-of-rubber-development-23551164.html> letöltés: 2023. 12. 07

<https://www.televizio.sk/2016/12/250-eve-szuletett-charles-macintosh/> letöltés: 2023. 12. 07

<https://greenfo.hu/hir/gumihegyen-innen-es-tul-hol-tart-az-abroncsok-ujrahasznositasa/> letöltés: 2023. 12. 07

Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2021-2027, forrás: Innovációs És Technológiai Minisztérium
letöltés: 2023. 12. 07.

<https://index.hu/gazdasag/2023/06/19/energiaugyi-miniszterium-gumiabroncs-hulladeggazdalkodas-hulladek-mohu-mol-koncesszio/> letöltés: 2023. 12. 07

<https://fandav.hu/2019/05/27/mezogazdasagi-gumiabroncs-felepítése/> letöltés: 2024. 03. 21

<https://newenergy.hu/hu/> letöltés: 2024. 03. 21

<https://mmaws.bme.hu/2009/eloadasok/day3/5-szekcio/003.pdf> szerzők: Dr. Holló András, Geiger András, Thernesz Artur, letöltés: 2024. 03. 21

http://www.dp-automotive.hu/dpa_futomu_1.html letöltés: 2024. 03. 21

<https://bhpgumi.hu/magazin/cikkek/2662-gumitol-gumiabroncsig.html> letöltés: 2024. 03. 21

<https://www.fkf.hu/hulladekhasznosito-mukodese> letöltés: 2024. 03. 21

<https://humusz.hu/kukabuar/archivum/2003/tavasz/cementgyari-hulladekegetesramp337/> szerző:

Malatinszky Ákos letöltés: 2024. 04. 22

<https://www.gumitegla.hu/blog/mi-az-a-rekortan-burkolat/> letöltés: 2024. 03. 28

<https://www.gumiabroncs.hu/hasznalt-gumiabroncsok-ujrafelhasznalasa> letöltés: 2024. 04. 19

Mellékletek:

1. sz. ZHENGZHOU HARVEST MACHINERY CO. árajánlat 2023. 08. 12.

2. sz. Best Machinery Kft. árajánlata 2024 április 18.

3. sz. Best Machinery Kft. árajánlata 2024 április 22.

2. sz. Best Machinery Kft. árajánlata 2024 április 22.

TIRE RUBBER CRUMBS PLANT (1.5t/h)

Buyer: Pannon Útépitő Kft.
Email: geniusdis1990@gmail.com

Manufactured by: Zhengzhou Harvest Machinery Co., Ltd.
Email: coco@hvtgroup.com
Tel/Whatsapp: +86 - 15188310683

Date: 2023-08-12

Validity: 60 days



ZHENGZHOU HARVEST MACHINERY CO., LTD (LIKE RECYCLING)

Located in Zhengzhou City, Henan province, was established in 1997, one of the earliest leading professional manufacturers of environmental protective equipment, such as tire recycling machines, e-waste recycling machines, copper wire recycling machines.

With advanced production experience, first-class management technology and the professional after-sale service team, our products not only occupy the domestic market, but also export overseas continuously, which has received unanimous praise from our clients. Our factory always aims to put customers' needs at first place, and has consistently tried to upgrade its products for more than 20 years. Our tire recycling production line have already obtained good market for their high quality and reliable technology.



总装备

疫情期同
出入禁止

PRICE LIST

No.	Name	Qty	Motor	Unit Price	Total Price
1	TD-1200 Tire Debeader	1 set	7.5 kW	\$8,000	\$8,000
2	TC-1200 Tire Cutter	1 set	7.5 kW	\$7,000	\$7,000
3	Feeding Conveyor	1 set	3 kW	\$2,500	\$2,500
4	TS-800 Double Shaft Tire Shredder	1 set	2*22 kW	\$38,000	\$38,000
5	Discharging Conveyor	1 set	2.2 kW	\$2,000	\$2,000
6	LK-R90 Rasper	1 set	90+1.5 kW	\$45,000	\$45,000
7	Discharge Vibrating Conveying	1 set	2*0.75 kW	\$3,500	\$3,500
8	Magnetic Separator	2 sets	1.5 kW	\$2,000	\$4,000
9	Screw Feeder Convey	1 set	1.5 kW	\$2,000	\$2,000
10	LK-G90 Granulator	1 set	90+1.5 kW	\$45,000	\$45,000
11	Discharge Conveying	1 set	2*0.75 kW	\$2,000	\$2,000
12	Vibrating Convey Machine	1 set	2*0.75 kW	\$3,500	\$3,500
13	Fiber Removal System+Drum Magnetic Separator	1 set	14.5 kW	\$12,000	\$12,000
14	Multi-Layer Vibrating Screen	1 set	2*0.75 kW	\$3,500	\$3,500
15	Granule Collector Systems	3 sets	/	\$2,000	\$6,000
16	SIEMENS Control Cabinet	1 set	/	/	/
17	Front loader in 5t	1set	162kw	\$5,4000	\$5,4000
18	freight cost (DDP)			\$8,000	
Total DDP Price				\$246,000	

TERMS



PLANT SPECIFICATION

Input Tire	≤ diameter 1200 mm (car, truck, passenger tires, etc)
Output Rubber Size	1-5mm
Capacity	1.5 tons/h
Power Consumption	Approximately 172 kWh per hour
motor brand	Siemens Brand
Operators Required	1~2 operators
Space Required	21.3*12*6.5 meters
Steel Wire Purity	≥ 97%
Rubber purity	≥ 99.9%

1. Trading Terms: DDP (2309 Lórév, Ipartelep 3,Hungary)

2. Terms of Payment: 40% deposit in advance, balance paid when the machines ready to ship.

3. Lead Time: About 2 months after the deposit received.

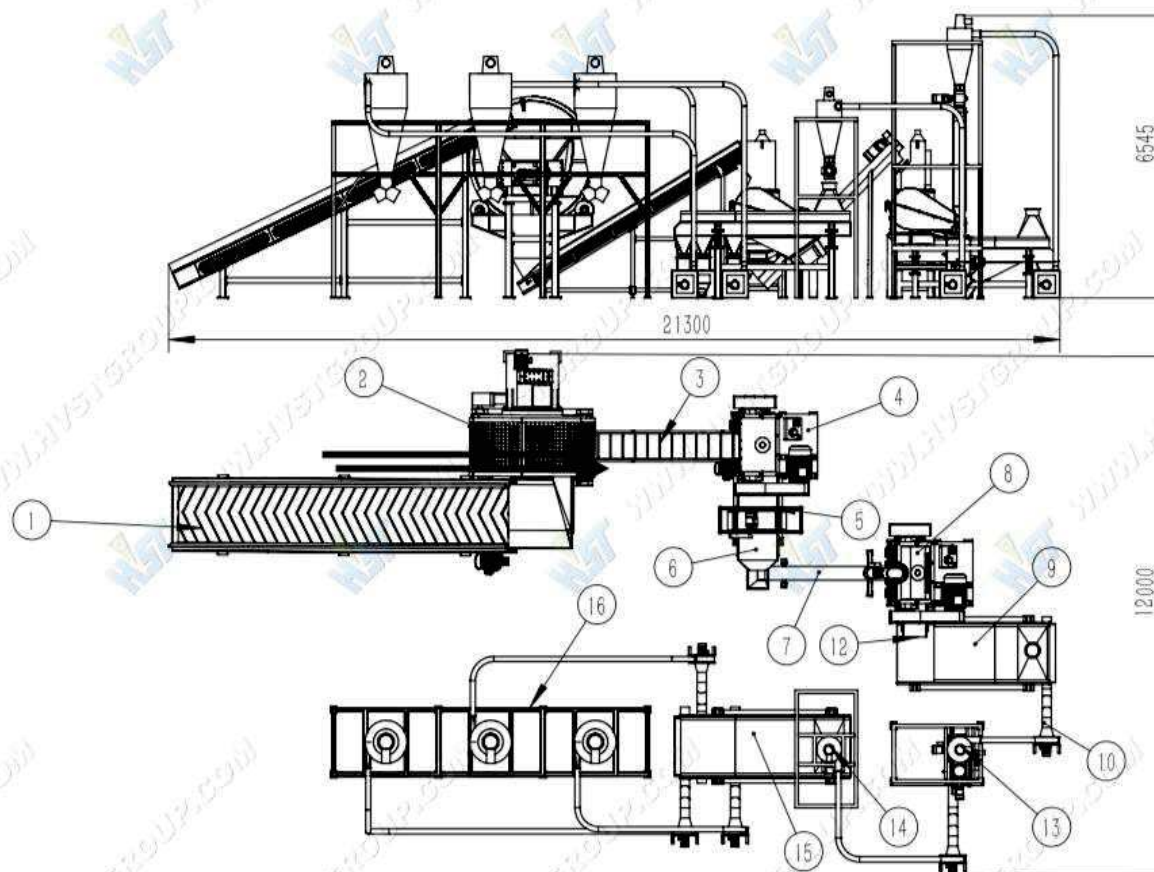
4. Warranty: 2 years of machines

5. Install & Training: 1. We will assemble the main parts, then mark all the joint parts and send videos to guide the installation and training

2. We can arrange our engineer to client's working site, and client needs to afford the air tickets, hotel, meals and salary \$100/day for our engineer

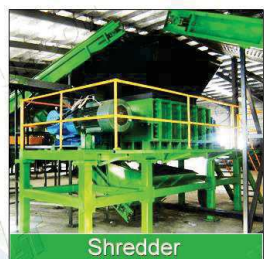
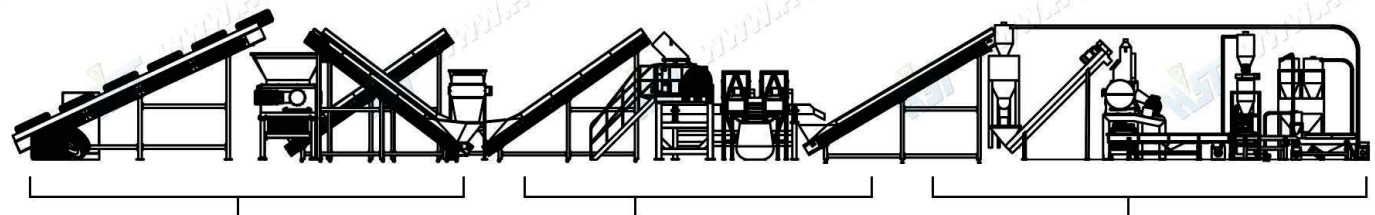
6. Operation manual: yes

LAYOUT DIAGRAM



The estimated dimension is **21.3*12*6.5** meters, we can customize the layout according to your real working place.

TIRE RECYCLING PLANT FLOW CHART



Shredder



50~100 mm tire chips



Rasper



10~30 mm rubber mulch



Granulator



1~6 mm rubber crumbs



Collectors

Preparation Equipment (for truck tires):



Bead Wire

Tire debader: draw out the wire ring from **truck tire** rims, and extend the service life of tire shredder.



Tire Sections

Tire cutter: cut large **truck tires** into small sections to fit the tire shredder.

2. számú melléklet



Geza Borgulya <borgulya.geza@gmail.com>

Árajánlat kérése

Kósa Tamás <kosa.tamas@bestmachinery.hu>
Címzett: Geza Borgulya <borgulya.geza@gmail.com>

2024. április 18. 9:21

Kedves Zoltán Géza!

Az alábbi alap gépeket javasolnám a feladathoz:

3E YGLJ-1200 hidraulikus falckitépő: [REDACTED].- USD+Áfa

3E GL40100 kéttengelyes shredder: [REDACTED].- USD+Áfa. (a késeknek és horgoknak megfelelő méretű csíkokra aprít)

Remélem, hogy tudtam Önnek segíteni.

Kérdésem: Milyen felhasználásra megy majd az apríték?

Üdvözlettel:

Kósa Tamás
Kiemelt ügyfélkapcsolati menedzser

Best Machinery Kft.
H-2310 Szigetszentmiklós Csepeli út 15.
Tel: +36 24 525 920
Fax: +36 24 525 921
Mobil: +36 20 966 28 38
www.bestmachinery.hu

A jelen üzenetben található információk bizalmasak és az üzleti titoktartás körébe tartozhatnak. Kizárólag a címzett, illetve az általa meghatalmazott(ak) használhatja fel. Ha a jelen üzenetnek nem Ön a címzettje, felhívjuk figyelmét, hogy annak jogosulatlan felhasználása, másolása, terjesztése vagy a tartalmával való visszaélés szigorúan tilos. Ha az üzenetet tévedésből kapta, kérjük, hogy haladéktalanul értesítse munkatársunkat az info@bestmachinery.hu e-mail címen, majd törölje / semmisítse meg a kapott dokumentumot. Jelen elektronikus üzenetben szereplő vélemények, következtetések vagy bármely egyéb információ (továbbiakban információ), amely nem kapcsolódik a Best Machinery Kft-hez úgy értelmezendő, hogy annak közléséhez a Best Machinery Kft. nem járult hozzá, nem hagyta jóvá, azt nem a Best Machinery Kft. adta ki. Jelen elektronikus üzenet és csatolmánya vírusellenőrzésen esett át, de kérjük Ön is ellenőrizze azt. A Best Machinery Kft.. nem vállal semmilyen felelősséget, vírusok okozta problémákért, esetleges károkért. A Best Machinery Kft. nem vállal felelősséget az üzenet rendszerhiba miatti illetve esetlegesen a szolgáltató hibájából eredő késedelmes kézbesítésért.

©2011 Best Machinery Kft. Minden jog fenntartva.

Kérjük, legyen környezettudatos: mielőtt kinyomtatná ezt az email-t, gondolja át, hogy valóban szükséges-e. Gondolkozzon zölden. Köszönjük.

From: Geza Borgulya <borgulya.geza@gmail.com>
Sent: Wednesday, April 17, 2024 5:32 PM
To: Kósa Tamás <kosa.tamas@bestmachinery.hu>
Subject: Re: Árajánlat kérése

Kedves Tamás!

Mellékelem a kitöltött adatlapot. Kérdés esetén állok rendelkezésére.

Üdvözlettel: Borgulya Zoltán Géza

Pannon Útéptő Kft.

Mob.: 70-431-9430, Fax: 24-482-520

[Redacted content]

[Az idézett szöveg el van rejtve]

[Az idézett szöveg el van rejtve]

Pannon Útépitő Kft.

2309 Lórév, külterület major 043/7.

Borgulya Zoltán Géza úr részére

Tel: +36 70 431 9430

E-mail: borgulya.geza@gmail.com

Szigetszentmiklós, 2024. április 22.

Ajánlat száma: 023/A/3E/2024

Tisztelt Borgulya Zoltán Géza Úr!

Hivatkozva ajánlatkérésére, ezúton küldöm a cégünk által forgalmazott YGLJ-1200 típusú falckitépőre vonatkozó ajánlatunkat.

Megnevezés:**3E YGLJ-1200** típusú falckitépő gép

A technológia nettó egységára:

[REDACTED] USD

Mennyiségi egység: 1 db.

A technológia gyártási éve: 2024

A technológia vámtarifaszáma: 8465

Az ár az Önök. telephelyére történő szállítással értendő, és nem tartalmazza a beüzemelési költségeket.

Szerviz díjaink: kiszállítás [REDACTED] - HUF+Áfa/megtett km, munkadíj [REDACTED] - HUF+Áfa/fő/óra.

Nyilatkozat: A gépek újak, végfelhasználó tulajdonában nem voltak, pályázati támogatás igénylésére, illetve kiutalására nem került sor. A kiajánlott berendezések kereskedelmi forgalmával Társaságunk üzletszerűen foglalkozik, Magyarországon kizárólagos jogosultsággal. Az ajánlat tárgyát képező gépek, eszközök megfelelnek a vonatkozó európai irányelveknek, szabványoknak, illetve az azokat átültető magyar jogszabályoknak, szabványoknak, környezetvédelmi előírásoknak. A társaság fő tevékenységét tekintve kereskedő.

A gép rendelkezik **CE** megfelelőségi nyilatkozattal is, melyet a gép átvételekor adunk át.

Szállítási határidő:

Megrendeléstől, valamint az előleg számlánkon történt jóváírásától számított 4-6 hónap, gyártói visszaigazolásnak megfelelően.

Jótállás:

A mindenkor hatályos jogszabályoknak megfelelően 1 év vagy 1000 üzemóra, attól függően, hogy melyik következik be előbb. A jótállás a kopó alkatrészekre nem vonatkozik.

Ajánlat érvényessége:

30 nap.

Fizetési feltételek:

50 % előleg megrendeléskor, 50 % gyártói készre jelentéskor esedékes.

Remélem, ajánlatom felkeltette érdeklődését. Állunk szíves rendelkezésére, amennyiben kérdése merülne fel a technológiát illetően. Várjuk mielőbbi válaszát.

Üdvözlettel: Kósa Tamás

BEST MACHINERY
Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.
2310 Szigetszentmiklós,
Külterület 0171/53. Hrsz.

Falc kitépő: 3E YGLJ-1200**Best Machinery Kft.** H-2310 Szigetszentmiklós, Csepeli út 15.

tel +36 24 525 920 fax +36 24 525 921

www.bestmachinery.hu • info@bestmachinery.hu

A falc kitépő gép környezeti hőmérsékleten kiveszi a gumiabroncs peremébe vulkanizált acél merevítő huzalokat. A fő cél az, hogy a gumi későbbi feldolgozása során megvédje az aprító- és őrlőgépek vágóelemeinek életét, meghosszabbítva azok élettartamát.

Műszaki tartalom (adatok változhatnak):

- Beépített villamos teljesítmény:	18,5 kW
- Kapacitás:	15 db/óra
- Max. abroncs átmérő:	1.200 mm
- Max. nyomás:	15 MPa
- Méretek: (mm):	3750x1700x1230
- Súly:	2500 kg

Szállítási feltételek:

Ajánlatunk nem tartalmazza azokat a szolgáltatásokat, amelyeket kifejezetten a jelen ajánlatban nem adtunk meg.

Ezek a következők:

- a technológiához szükséges épületek,
- alapozási munkálatok,
- emelő gépeket,
- vízellátást, sűrített levegő csatlakozást, elektromos csatlakoztatást,
- szükséges engedélyek beszerzését,
- telepítés és beüzemelés.
- A gép ára hidraulika olaj nélkül értendő.

Kérjük figyelembe venni az elektromos csatlakozási pontok kiépítése során a gépegységek indítási áramfelvételének megfelelő kialakítást.



Pannon Útépitő Kft.

2309 Lórév, külterület major 043/7.

Borgulya Zoltán Géza úr részére

Tel: +36 70 431 9430

E-mail: borgulya.geza@gmail.com

Szigetszentmiklós, 2024. április 22.

Ajánlat száma: 014/A/MF/2024

Tisztelt Borgulya Zoltán Géza Úr!

Hivatkozással egyeztetésükre, ezúton küldöm a cégünk által forgalmazott MacFab márkájú hulladék bálázó gépre vonatkozó ajánlatomat.

Megnevezés: MacFab 550HD hidraulikus bálázó

A gép ára: [REDACTED]

Megnevezés: MacFab 550HDASD hidraulikus bálázó
(elhúzható felső ajtóval, PLC vezérléssel)

A gép ára: [REDACTED]

Gyártási éve: 2024

Gyártó/ Származási ország: Lisnakeeny Magheracloone Carrickmacross Co./ Írország

Az ár az Önök. telephelyére történő szállítással értendő, és nem tartalmazza a beüzemelési költségeket.

Szervíz díjaink: kiszállítás [REDACTED] - HUF+Áfa/megtett km, munkadíj [REDACTED] - HUF+Áfa/fő/óra.

Nyilatkozat: A gépek újak, végfelhasználó tulajdonában nem voltak, pályázati támogatás igénylésére, illetve kiutalására nem került sor. A kiajánlott berendezések kereskedelmi forgalmával Társaságunk üzletszerűen foglalkozik. Az ajánlat tárgyát képező gépek, eszközök megfelelnek a vonatkozó európai irányelveknek, szabványoknak, illetve az azokat átültető magyar jogszabályoknak, szabványoknak, környezetvédelmi előírásoknak. A társaság fő tevékenységét tekintve kereskedő.

A gép rendelkezik **CE** megfelelőségi nyilatkozattal, melyet a gép átvételekor adunk át.

Szállítási határidő:	Megrendeléstől, valamint az előleg számlánkon történt jóváírásától számított kb. 4-8 hónap, a gyár leterheltségétől függően.
Jótállás:	A mindenkor hatályos jogszabályoknak megfelelően 1 év vagy 1000 üzemóra, attól függően, hogy melyik következik be előbb. A jótállás a kopó alkatrészekre nem vonatkozik.
Ajánlat érvényessége:	15 nap
Fizetési feltételek:	50% a gép megrendeléskor / szerződéskötéskor 50% gyártói készre jelentéskor

Remélem, ajánlatom felkeltette érdeklődését. Állunk szíves rendelkezésére, amennyiben kérdése merülne fel a technológiát illetően. Várjuk mielőbbi választát.

Üdvözlettel:

Kósa Tamás

BEST MACHINERY
Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.
2310 Szigetszentmiklós,
Külterület 0171/53. Hrsz.

Gép műszaki adatok

Típus	MACFAB 550HD
Préselő erő	50 t
Teljesítmény	11 kW 32A, 380-400V
Befoglaló méret	3500x2115x1200 mm
Tömeg	1935 kg

(a fenti adatok változhatnak)

Bála műszaki adatok

Magasság	1200 mm-ig
Szélesség	1500 mm
Mélység	0,769 mm
Tömeg	kb. 610 kg (alapanyagtól függően)
Ciklusidő	50 másodperc

**MACFAB**

Ajánlatunk nem tartalmazza azokat a szolgáltatásokat, amelyeket kifejezetten a jelen ajánlatban nem adtunk meg. Ezek a következők:

- a technológiához szükséges épületek,
- alapozási munkálatok,
- elektromos csatlakoztatást a gépek vezérlő egységeinek 5m körzetében.
- elektromos kábelezést, vezérlést, kisegítő berendezéseket
- szükséges engedélyek beszerzését

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Borgulya Zoltán Géza
A Hallgató Neptun kódja: HSN2F2
A dolgozat címe: Gumihulladék jelenlegi és jövőbeni hasznosítása
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Miskolci Egyetem
A konzulens tanszékének a neve: Nyersanyagelőkészítés és Környezettechnológia Intézet

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat¹ egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Lórév, 2024. év április hó 29. nap



Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

Borgulya Zoltán Géza (hallgató Neptun azonosítója: HSN2F2) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

Gumihulladék jelenlegi és jövőbeni hasznosítása

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / **nem javaslom**².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Miskolc, 2024. év április hó 29. nap


.....
belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.