



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Hulladékkezelési és – hasznosítási szakmérnök Szak

**Durvakerámia hulladékok feldolgozási és hasznosítási
lehetőségei**

Belső konzulens:

Dr. Mucsi Gábor
Egyetemi tanár,dékan

Készítette:

Felső Anett
O4WWR7
Levelező

Intézet/Tanszék :Környezettudományi Intézet
Környezetanalitikai és Környezettechnológiai Tanszék

Gödöllő-Miskolc

2022/2023

TARTALOMJEGYZÉK

1	BEVEZETÉS	3
1.1	A TÉMA FONTOSSÁGA.....	3
1.2	CÉLKITŰZÉS	4
2	DURVAKERÁMIA BEMUTATÁSA.....	5
2.1	KERÁMIA TÖRTÉNETE.....	5
2.2	DURVAKERÁMIA, MINT ÉPÍTÉSI KERÁMIA	5
2.3	DURVAKERÁMIA ELŐÁLLÍTÁSA	6
3	ÉPÍTÉSI HULLADÉK FOGALMA, FAJTÁI	8
3.1	ÉPÍTÉSI-BONTÁSI HULLADÉKOK TÍPUSAI.....	8
4	HULLADÉKGAZÁLKODÁS JOGI SZABÁLYOZÁSA.....	9
4.1	ÉPÍTÉSI-BONTÁSI HULLADÉK JOGI RENDSZERE.....	10
4.2	HULLADÉKJEGYZÉK BEMUTATÁSA	10
4.3	ÉPÍTÉSI-BONTÁSI HULLADÉKOK HELYZETE HAZAI VISZONYLATBAN	12
5	BONTÁSI HULLADÉKOK KEZELÉSI LEHETŐSÉGEI	15
5.1	A HASZNOSÍTÁS KÖVETELMÉNYEI MŰSZAKI ÉS ALKALMAZÁSTECHNIKA SZEMPONTBÓL	15
5.2	CDW DURVAKERÁMIA ELŐKÉSZÍTÉSE	15
5.3	APRÍTÁSI ELJÁRÁSOK ÉS BERENDEZÉSEK	17
5.3.1	<i>Aprítás</i>	<i>17</i>
5.3.2	<i>Az anyagok alakváltozása, repedése és törése</i>	<i>18</i>
5.3.3	<i>Aprítási munkatörvények jellemzői</i>	<i>18</i>
5.3.4	<i>Aprító- és őrlőgépek</i>	<i>19</i>
6	FELHASZNÁLÁSI TERÜLET LEHETŐSÉGEI FORRÁS.....	24
6.1	ÉPÍTŐIPARI ADALÉKANYAGKÉNT VALÓ HASZNOSÍTÁS (BETON).....	24
6.2	TALAJSTABILIZÁCIÓ TÉGLA-, ÉS CSERÉPTÖRETEKKEL	25
6.3	BONTOTT TÉGLAPOR, MINT ADALÉKANYAG AZ ASZFALTKEVERÉKBEN	26
6.4	KERÁMIAHULLADÉK ALKALMASSÁGA GEOPOLIMERKÉNT	27
7	SWOT ELEMZÉS.....	28
8	ÖSSZEFOGLALÓ.....	30
9	IRODALOMJEGYZÉK	31

1 BEVEZETÉS

A kerámia szó görög eredetű, jelentése égetett agyag. A téglák és a cserép a kerámiához tartoznak, azon belül az égetett agyag építőanyagok közé. A föld, víz, levegő és tűz felhasználásával készült égetett agyag jelentős múlttal rendelkező építőanyagok, amelyek folyamatosan fejlődnek. Az évezredek óta használt téglákat és csempéket az építőipar durvakerámiának nevezi, és ma is nélkülözhetetlen anyag az építőiparban. Magyarország hagyományosan a téglák és csempék országa, éghajlatunkon az égetett kerámia gyakori építőanyag. A téglából és cserépből épült épületek bontás után, életciklusuk végén vagy rekonstrukció után nem válnak környezetszennyező hulladékká: szinte teljesen újrahasznosíthatók vagy újrahasználhatók, így hozzájárulnak a környezet védelméhez és a fenntartható jövő biztosításához.

A hagyományos téglák előállításához felhasznált természetes alapanyagokból a világ számos részén már hiány van. A környezet védelme és a fenntartható fejlődés érdekében kiterjedt kutatásokat végeztek a hulladéktégla-gyártással kapcsolatban. Sokféle hulladékanyagot vizsgáltak téglagyártáshoz különböző módszerekkel. A hulladékanyagokból történő téglakészítés módszere szerint a kutatás három kategóriába sorolható: égetési módszer, cementálási módszer és geopolimerizációs módszer. A kiterjedt kutatások ellenére a téglák hulladékokból történő kereskedelmi előállítása még mindig nagyon korlátozott. Lehetséges okok a hulladékból téglakészítés módja, a használt hulladék esetleges szennyeződése és a vonatkozó szabványok hiánya.

1.1 A téma fontossága

A hulladék és a hulladékgazdálkodás napjaink egyik meghatározó környezetvédelmi kérdése. Az újrahasznosított hulladékok felhasználásának mennyisége még napjainkban is minimális. Hazánkban évente több, 10 millió tonna bontási hulladék keletkezik, amelyből 70% a kitermelt föld mennyisége (Innovációs és Technológiai Minisztérium). A probléma fő forrása a jelenleg alkalmazott lineáris gazdaságból származó hatalmas hulladék. A hulladékok újrahasznosításának elősegítésére a körforgásos gazdaság megoldásokat keres arra, hogy az általunk már hulladéknak tekintett anyagokból hasznos tárgyakat, anyagokat hozzon létre, visszaállítva azokat a gazdasági körforgásba. A körforgásos gazdaságra való átállás, az illegális

szemétlerakók visszaszorítása, az illegális szemétlerakókra kiszabott szigorú büntetések, a visszaváltási rendszerek és a kiterjesztett gyártói felelősség, valamint a hulladékgazdaság ésszerűsítését célzó jogszabályi változások mind hozzájárulnak ahhoz, hogy megőrizzük a környezetünket és azok értékeit.

Európában, számos országban a másodnyersanyagra nagyobb hangsúlyt fektetnek, „rákényszerítik” a vállalatokat a bontási termékek újrafelhasználására. A depónia lerakó díját megemelték, meghaladja a kezelési költség díját. Többféle támogatással ösztönzik a cégeket a hulladékok hasznosítására, például: helyi beruházási támogatással, nyereség- és forgalmi adómentességgel, így olyan rendszert teremtettek egyes országok, ahol a bontási hulladékok felhasználása gazdaságosabb megoldást biztosít, mint annak lerakása. (Csőke, Olessák 2003)

Nemzetközi törekvés és Magyarország is elkötelezett az építőipari hulladékok újrahasznosítás mértékének növelésében, ezért is választottam ezt a témát.

1.2 Célkitűzés

A dolgozatomban a durvakerámia, mint hulladék újrahasznosításának és feldolgozásának különböző lehetséges megoldásait ismertetem és SWOT elemzéssel mutatom be, hogy milyen tényezők befolyásolják a másodnyersanyagok elterjedését.

2 DURVAKERÁMIA BEMUTATÁSA

A kerámiák alapvetően két csoportra oszthatók, a finomkerámiákra, ahol az alkotóelemek szemcsemérete 0,1-0,2 mm-nél kisebb, valamint a durva kerámiákra, ahol a töredezett alkotórészek szemcsemérete 0,1-0,2 mm-nél nagyobb. Az előbbi csoportba tartozik a mázatlan égetett kerámia (terrakotta), valamint a mázas kerámia, fajansz, majolika, porcelán, keménycserép és kőedény, míg a durva kerámia az építészeti kerámiákat, téglákat és kőagyagcsöveket. (Szakmány 2008)

2.1 Kerámia története

Építési kerámiákat már időszámításunk előtt 3000-ben a Sumer Birodalomban is használták építmények falazóelemeként. A sumér mesterek templomok és paloták építésénél égetett és mázzal bevont téglákat használtak. Ezeket a téglákat még alacsony hőfokon 5-600 °C-on égették, így kis szilárdsággal rendelkeztek. Egyiptomban i.e. 2000 körül már kis és nagyméretű téglákat gyártottak, amelyeket akár 5 évig is a napon szárítottak, így azok szilárdsága már megfelelőbb volt. A rómaiak az építési kerámiát több területen is alkalmazták, utak burkolásához, padlófűtés kialakításához, lakóépületek falaihoz és kupolák kiépítéséhez is. (Bálint 2014)

2.2 Durvakerámia, mint építési kerámia

Építési kerámiák azok a kerámiai termékek, amelyeket az építési munkálatok során építési céllal és feladattal használnak fel. Az építési kerámia nyersanyagai az agyag, a kaolin és a földpát, ezek törmelékes üledékes kőzetek, amelyek vulkáni kőzetek mállásakor keletkeztek. Az agyagásványok kaolinitek, illitek és montmorillonitok. Az utóbbi kettő a téglá és a cserépgyártás alkotóelemei. (Bálint 2014)

A kerámiatermékeket többféle módon kategorizálják: szín, tömörség, tűzállóság, felhasználási terület és nyersanyag szerint is. A gyakorlatban leggyakrabban durva- és finomkerámia terméket különböztetünk meg. A durvakerámia törésfelülete érdes és durva, ezek a tulajdonságok főként a nyersanyagok szemcsefinomságától és az agyagmassza megmunkálástól függenek. Az alkotók szemcsemérete 0,1-0,2 mm-nél nagyobbak, amik ennél kisebbek azok a finomkerámiák közé sorolhatóak. Az építési kerámiát vízfelvételük alapján

tudjuk csoportosítani, ami lehet tömör kerámia, magasabb hőfokon égetik, így a vízfelvételük kisebb vagy porózus anyagú kerámiák. (Bálint 2014)

Durvakerámia	
Porózus Vízfelvétel > 8%	Tömör Vízfelvétel < 8%
Falazótégla	Épületkerámiák
Tetőcserepek	Klinker
Csövek	Keromit
Tűzálló téglák	Fagyálló burkolatok
Vázkerámiák	Saválló burkolatok

1. táblázat: Durvakerámia csoportosítása vízfelvétel alapján (Forrás: Bálint 2014)

A tetőcserep és falazótégla magas szilárdságát, fagyállóságát és kis porozitását az agyag finomszemcséivel érik el. Ebből következik, hogy a tömör téglák gyártásakor túlnyomórészt a durva szemcseméret jelenik meg. Korábban a falazóelemek gyártása kizárólag tömör típusban készült, ez mára már megváltozott, a technológia fejlődés révén olyan üreges téglák gyártása lehetséges, amelyeknek a hőszigetelő képessége -, súlya kedvezőbb, előállításához kevesebb nyersanyag szükséges és szárításukhoz és égetésükhöz kevesebb hőenergia szükséges. (Bálint 2014)

2.3 Durvakerámia előállítása

A gyártási folyamat a nyersanyag megválasztásával és bányászatból való kitermeléssel kezdődik. Az alapanyag ezután készen áll a formázásra, amely technológiától függően kezdődhet szállítással és tárolással, aztán aprítással és keveréssel folytatódik, miközben az alapanyagot nedvesítik és homogenizálják. A következő lépésben az anyagot az adott terméknek megfelelően formálják. A téglá- és földemeleknek ezt általában extruderprésekkel, tetőcserepeknél pedig revolverpréssel végzik. Előbbinek az elve: a csavar előretolja a műanyag tömböt és úgynevezett nyíláson préseli át, ami keresztmetszetet ad a terméknek. Vázkerámiáknál a massa vákuum alatt van, így a felesleges levegő könnyebben kiszorul és szilárdabb lesz a végtermék. Ezt a végtelenül hosszú téglacsíkot ezután dróttal méretre vágják. Revolverprés esetén előre a meghatározott mennyiségű masszát két forma közé helyezik, így kisebb levegőtartalmú termékek is előállíthatók. (Bálint 2014)

A kialakított anyagtömb ezután szárításra kerül, ügyelve arra, hogy a folyamat ne legyen túl gyors, és ne legyen kitéve hősokknak, mivel egyenetlen száradási folyamat során könnyen repedések keletkezhetnek, és a termék deformálódik. Száríthatók természetesen vagy mesterségesen, például egy szemétiégetőből származó hulladékhő felhasználásával. Ha a szárított termék vizet kap, újra agyagcsomókká gyúrható. Ami az agyagból kerámiát csinál, az az égetés. A 900-1100°C-os égetés során az agyagszemcsék felforrósodnak és tartósan összetapadnak. Az elkészült kerámia elnyeri szilárdságát, megfelelő porozitását, alak- és térfogatállóságát. (Bálint 2014)

3 ÉPÍTÉSI HULLADÉK FOGALMA, FAJTÁI

3.1 Építési-bontási hulladékok típusai

Az építési hulladék fogalma az épületek, építmények átalakítása vagy bontása során keletkező szilárd hulladék általános kifejezésére utal. Az építési hulladékok következő négy fontos csoportját különböztetjük meg (1. ábra). A kitermelt talaj mélyépítési, útépítési és egyéb építési munkák során keletkezik. A kiemelt terület termőföldből, homokból, kavicsból és más kőzetanyagokból, kőzetdarabokból áll. A bontási munkálatok során építési hulladék keletkezik. Legfontosabb alkotóelemei: beton, vasbeton, téglá, habarcs, csempe, kerámia. A legértékesebb alkotóelemek a beton és a téglá, ezek aránya 80%. A hulladék szennyező anyagokat is tartalmaz, amelyeket gondosan szét kell választani az újrahasznosítás előtt. Ebbe a csoportba tartozik a fa, üveg, fém, papír, műanyag. Építéshelyi/munkahelyi hulladék keletkezik új épületek építése, régi épületek rekonstrukciója és helyreállítása során. Ezeket a hulladékokat általában konténerekben gyűjtik, ezért is nevezik építési konténerhulladéknak. Nagyon változatos összetételű hulladék, melynek fő összetevői csomagolóanyagok - fa, műanyag, kábel, üveg, vas, papír, lakk és festékdobozok -, de ide tartozik a beton, téglá, habarcs, homok, kavics, kerámia stb. Az útépítés során útbontási törmelék keletkezik. Pályaszerkezet függő, hogy a kitermelt anyag mekkora arányban tartalmaz aszfaltot, beton, zúzottkővet és homokos kavicsot. (Csóke & Olessák 2003)



1. ábra: Építési hulladékok csoportjai (Forrás: <http1>)

4 HULLADÉKGAZDÁLKODÁS JOGI SZABÁLYOZÁSA

A hulladék környezetkímélő ártalmatlanítása és a másodlagos anyagok felhasználása az EU környezetvédelmi politikájának kulcselemei. Az EU hulladékpolitikájának célja a körforgásos gazdaság előmozdítása azáltal, hogy a lehető legtöbb jó minőségű erőforrást vonják ki a hulladékból. Az európai zöld megállapodás célja a növekedés fellendítése a modern, erőforrás-hatékony és versenyképes gazdaságra való átálláson keresztül. Az átállás részeként módosulnak egyes uniós hulladéktörvények.



2. ábra: Körforgásos gazdaság modellje (Forrás: <http2>)

Magyarországon a hulladékgazdálkodást a 2012. évi CLXXXV. törvény szabályozza. A törvény célja, hogy elősegítse a hulladék mennyiségének csökkentését, valamint a hulladék kezelése során a környezet védelmét és a természeti erőforrások fenntartható használatát. (2012. évi CLXXXV. törvény)

A hulladékgazdálkodási célok elérése érdekében megfogalmazásra kerülnek a hulladékgazdálkodás alapelvei is, amelyeket a 2008/98/EK Hulladék Keretirányelv és a Hulladéktörvény tartalmaz, ezek tartalmukban és jogi kötőerejükben sem egyeznek. A hulladékokról szóló keretirányelv preambuluma rögzíti a költségfelosztás, a „szennyező fizet” és az elővigyázatosság elvét. (2008/98/EK irányelv)

A Hulladéktörvény a 2008/98/EK irányelvvel szemben pontosan nyolc alapelvet határoz meg, amelyeket a normaszöveg tartalmaz, az alábbiak szerint:

- hulladékképződés megelőzésének elve

- kiterjesztett gyártói felelősség elve
- az önellátás elve
- a közelség elve
- a szennyező fizet elve
- a biológiailag lebomló hulladék hasznosításának elve
- a költséghatékony hulladékgazdálkodási közszolgáltatás biztosításának elve
- a keresztfinanszírozás tilalmának elve. (2012. évi CLXXXV. törvény)

4.1 Építési-bontási hulladék jogi rendszere

Az építési-bontási hulladékok jogi rendszere Magyarországon számos jogszabályban található meg, amelyek összességében a hulladékgazdálkodás, az építési tevékenységek és az épített környezet védelmének szabályait állapítják meg. A legfontosabb jogszabályok közé tartoznak az alábbiak:

- 2011 évi LXXXV. törvény a környezetvédelmi termékdíjról: Ez a törvény szabályozza a termékdíjat, amely az építési-bontási hulladékok kezelésekor fizetendő. (2011 évi LXXXV. törvény)
- 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezetről: Ez a törvény az építési tevékenységek és az épített környezet védelmének szabályait állapítja meg, és előírja az építési-bontási hulladékok szelektív gyűjtését és kezelését. (1997. évi LXXVIII. törvény)
- 310/2013. (VIII. 16.) Korm. rendelet a hulladékképződés és kezelés ágazati tervéről: Ez a rendelet a hulladékképződés és kezelés ágazati tervének kidolgozását és végrehajtását szabályozza, amelynek része az építési-bontási hulladékok kezelése is. (310/2013. (VIII. 16.) Korm. rendelet)

4.2 Hulladékjegyzék bemutatása

Az építési-bontási anyagokat inert hulladékoknak nevezzük. Nem mennek keresztül jelentős fizikai, kémiai vagy biológiai változásokon; jellemzőjük, hogy oldhatatlanok, nem éghetők, nem mennek keresztül más fizikai vagy kémiai reakciókon, biológiailag nem bomlanak le, és nem ártalmas más anyagok károsan nem befolyásolják a környezetszennyezést vagy az

emberek egészségét, további jellemzője, hogy teljes oldhatósága, szennyezőanyag-tartalma és a csurgalékvíz ökototoxicitása elhanyagolható, nem veszélyezteti a felszíni vagy a felszín alatti vizek vízminőségét. (20/2006. (IV.5.) rendelet)

Az építési bontási hulladékok azonosító kódok szerinti besorolása és a hulladékfajták meghatározása a hulladékjegyzékről szóló 72/2013. (VIII.27) VM rendelet ezt lehetővé teszi. A hulladékjegyzékben a hulladéktípusokat hatjegyű kódok határozzák meg. A kód első két számjegye a hulladéktípus főcsoportját, az utolsó két számjegye pedig a főcsoporton belüli alcsoportot jelöli. A főbb hulladékkategóriák a keletkezésükhöz vezető tevékenységektől függenek. Az építési és bontási hulladék a hulladékjegyzék szerint a 17. csoportba tartozik. Természetesen a hulladékjegyzékben szereplő anyag meghatározása nem jelenti azt, hogy egy adott anyagot minden esetben hulladéknak kell tekinteni. Az anyag, tárgy a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény szerint csak akkor minősül hulladéknak, ha tulajdonosa elhelyezi, ártalmatlanítani szándékozik vagy köteles elhelyezni. A keletkezés helyén keletkező hulladékok az adott hulladék jellemzői szerint több fő kategóriába sorolhatók. A 17 01 06* azonosító kódú veszélyes hulladékok, (beton, téglá, csempe és kerámiatöredékek vagy ezek veszélyes anyagokat tartalmazó keverékei) a hulladékjegyzék szerint építési bontási hulladéknak minősülnek. Az 2. táblázat szemlélteti a hulladékjegyzék szerkezetét, példaként az építési és bontási hulladékot használva. (72/2013. (VIII. 27) VM rendelet)

A	B	C
Azonosító kód		Hulladéktípus megnevezése
Főcsoportszám	Alcsoport szám	
17		ÉPÍTÉSI-BONTÁSI HULLADÉK (BELEÉRTVE A SZENNYEZETT TERÜLETEKRŐL KITERMELT FÖLDET IS)
	17 01	beton, téglá, cserép és kerámia
	17 01 01	beton
	17 01 02	téglá
	17 01 03	cserép és kerámia
	17 01 06*	veszélyes anyagokat tartalmazó beton, téglá, cserép és kerámia frakció vagy azok keveréke
	17 01 07	beton, téglá, cserép és kerámia frakció vagy azok keveréke, amely különbözik a 17 01 06-tól

2. táblázat: a 72/2013. (VIII. 27) VM rendelet alapján

(Forrás: saját szerkesztés)

A táblázat jól mutatja, hogy a fő- és alcsoportszámon kívül a hulladéktípus megnevezését is feljegyezzük. Az 1. táblázat nem az összes építési-bontási hulladéktípust reprezentálja, számos más típusú hulladékot is tartalmaz a rendelet.

A főcsoportok 6 számjegyű kóddal, az alcsoportok 4 számjegyű kóddal rendelkeznek. A veszélyes hulladéknak minősülő anyagok a csillaggal jelölt alcsoportok. Veszélyes anyagok konkrét vagy általános hivatkozással a hulladékjegyzékben csak olyan hulladék minősíthető veszélyes hulladéknak, amely veszélyes anyagot tartalmaz. Rendelkezik veszélyes tulajdonságok közül egy vagy több HP1 - HP8 és/vagy HP10 - HP15. Ezek a veszélyes tulajdonságok lehetnek HP1 (robbanásveszély), HP2 (oxidáló) és HP3 (tűzveszélyes) stb. A bontási hulladékoknál a veszélyes anyag az azbeszt, festék, toxikus nehézfémek, oldószerek, kátrány és a szénhidrogén származékok. (72/2013. (VIII. 27) VM rendelet)

4.3 Építési-bontási hulladékok helyzete hazai viszonylatban

Magyarországon az építési-bontási hulladékkal kapcsolatos jogi szabályozások nem képeznek egy egységet. Az építési bontási hulladékkal kapcsolatos szabályokat nem egy, hanem több jogág és minisztérium által irányított kormányrendeletek tartalmazzák. Az egyes építményszakmákra vonatkozó építésügyi eljárási szabályokat is külön rendelet szabályozza. (Innovációs és Technológiai Minisztérium)

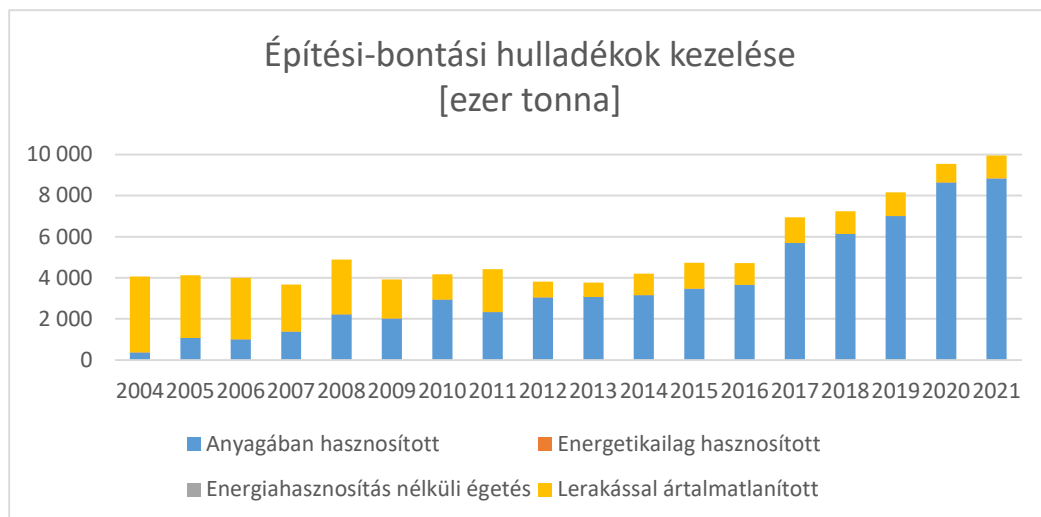
A magyarországi hulladékgazdálkodási területen dolgozó szakemberek számára is jelentős problémát jelent az építési és bontási hulladék. A „Nemzeti Hulladékgazdálkodási Terv 2021–2027” című jelentés megállapította, hogy még mindig kevés megoldás létezik az építési és bontási hulladékok osztályozására, fogadására és hasznosítására hazánkban. Az építési és bontási hulladékok elkülönített gyűjtése és megfelelő szakszerű kezelése révén nagy mennyiségű, jó minőségű alapanyag kinyerhető költséghatékonyan. Számos európai példa bizonyítja, hogy az építési és bontási hulladékok akár 80%-a is újrahasznosítható megfelelő eljárások és jogszabályi háttér mellett, ahogyan azt korábban a bevezetésben is ismertettem. (Innovációs és Technológiai Minisztérium)

Magyarországon az adatszolgáltatási és nyilvántartási hiányosságok miatt, nehezen kontrollálható a hulladék képződés helye és hiányosságok vannak a termelők, feldolgozók és felhasználók közötti információáramlásban is. A probléma az, hogy az építési engedélyt nem igénylő építési-bontási tevékenységre nincs egyértelműen meghatározott és előírt eljárási

szabályzat. Erre vonatkozóan pedig jelenleg nincs külön szabályozás a lakossági építési-bontási hulladékra, amely döntő többségben kis mennyiségben jelentkezik, és a nagy beruházások esetén a jóval nagyobb volumenű hulladék szabályozására sem. Ennek okán a gyakorlatban is problémák merülnek fel. Az egyik legnagyobb probléma, hogy egyes hulladékokra vonatkozóan nincsen előírva megfelelő szétválasztás, szelektív bontására és azok szelektív gyűjtésére, ennek okán, Magyarországon a hulladéklerakókban való ártalmatlanítás jellemzőbb. (Innovációs és Technológiai Minisztérium)

Az építési hulladék feldolgozásának és feldolgozásból előállított termékeinek részletes szabályai és feltételei sem teljes körűek. Ki kell dolgozni a hulladéknak megszűnt állapotára vonatkozó szabványokat és a kapcsolódó tanúsítási rendszereket is. Az építési hulladék hulladéklerakókba történő elterelésének és a másodlagos nyersanyagok hasznosításának műszaki feltételei nincsenek meghatározva. A meglévő feldolgozó üzemek nincsenek felszerelve az országban keletkező építési és bontási hulladék mennyiségének kezelésére, ami komoly akadályt jelent a körforgásos gazdaság elképzelése előtt az EU-ban. (Innovációs és Technológiai Minisztérium)

A 3. táblázat jól mutatja az elmúlt majdnem kettő évtized építési-bontási hulladékok mennyiségét és azok kezelési módjának változását. Az adatokat a KSH honlapjáról gyűjtöttem és erre vonatkozóan készítettem el az oszlop diagrammot. Az építési-bontási hulladékok mennyisége 2010-2014-ben lényegében stagnált, 2012-2013-ban pedig mérséklődött a többi évhez képest. A lényeges növekedés 2017-ben mutatkozott meg, több mint 65 ezer tonna építési-bontási hulladék keletkezett, amelynek 82%-a anyagában került hasznosításra. Ebben az évben több építési-bontási vonatkozó hulladékgazdálkodási engedélyt adtak ki. 2018-ban kismértékű növekedés látható, 2017-es évtől egészen 2019-ig a magyar gazdaság fő növekedési területévé vált, mindig meghaladva az előző évi növekedést. A diagramon az is megfigyelhető, hogy az anyagában hasznosított építési-bontási hulladék az elmúlt évtizedben exponenciálisan növekedett, 2021-ben már a hulladékok 87%-a vált részévé körforgásos gazdaságnak. (<http3>)



3. táblázat: Építési-bontási hulladékok kezelése (saját szerkesztés) (Adatok: <http3>)

5 BONTÁSI HULLADÉKOK KEZELÉSI LEHETŐSÉGEI

5.1 A hasznosítás követelményei műszaki és alkalmazástechnika szempontból

Az építési hulladék újrahasznosítását három kritérium határozza meg: 1. Műszaki minőség, amelynek pontosan meg kell egyeznie az elsődleges nyersanyag követelményeivel, 2. A környezettel való összeférhetőség; 3. Kompatibilis az elsődleges ásványok versenyképességgel. (Csőke & Olessák 2003)

Az újrahasznosításhoz gondosan meg kell határozni azokat a területeket a gazdaságban, ahol az előkészített hulladékból származó termékek felhasználhatók. A termékeknek meg kell felelniük a környezetvédelmi és építési műszaki előírásoknak. Meg kell ismerni az anyag tulajdonságait, amit általában megfelelő anyagvizsgálattal és kísérletezéssel készítenek. (Csőke & Olessák 2003)

Másodnyersanyag hasznosításhoz vizsgálandó műszaki anyagtulajdonságok:

- anyagi összetétel (ásványi komponensek, szennyezők fajtái és tömegarányai);
- finom agyagos szemcsék részaránya;
- ásványi és nem ásványi anyagok (fém pl. vasbeton) összenövése, kapcsolata;
- szemcseméret eloszlás;
- szemcsék alakja;
- fagyállósága; szemcseszilárdság;
- Deval kopás elleni ellenállás;
- Los Angeles ütési szilárdság;
- szemcsesűrűség, halmazsűrűség és tört (aprítással) szemcsék részaránya. (Csőke & Olessák 2003)

5.2 CDW durvakerámia előkészítése

Újrahasznosítani a szelektíven gyűjtött tiszta, durvakerámia hulladékokat lehet, ezek a lépések elengedhetetlenek a többi építési-bontási hulladékra vonatkozóan is. Fontos, hogy már

bontáskor megfelelően legyenek elkülönítve egymástól az építési hulladékok az építkezésen belül, konténeres/depós elkülönítés, ez megkönnyíti a további folyamatok elvégzését. Kettő típusú újrahasznosítást különböztetünk meg, közvetlen és közvetett, vagyis valamilyen előkészítési, feldolgozási művelet megelőzi annak beépítését. A durva kerámiát főként valamilyen előkészítési folyamat után hasznosítják, eseti alkalom amikor közvetlenül a bontás során újra is használják. Ez a fajta újrahasznosítás háztartásokban lévő építkezések során jellemző gazdasági szempontból, pl a bontott téglá és/vagy bontott cserép újbóli beépítése. (Csőke & Olessák 2003)

A durvakerámia mint, bontási hulladék első lépése a másodnyersanyag felé az előkészítéstechnika. A hulladékok javarészt többkomponensű heterogén szemcsés-darabos anyagok. A szilárd hulladékok szemcserendszerek. Mivel több alkotóból állnak, ezért annak fizikai jellemzők szerinti eloszlásának a jellemzése elengedhetetlen. Ezek a fizikai tulajdonságok a strukturális tulajdonságok (kristályos állapot, kötési energia, felületi szabadenergia), összetétel tulajdonságok (alkotórész tartalom, tömeg és térfogati koncentráció) és a fizikai tulajdonságok (sűrűség, fajhő, vezetőképesség, hővezetőképesség stb.). Az alkalmazása történhet szeparálással vagy őrléssel, aprítással vagy ezek egymásutáni lépésekből. Az aprításon belül is a technológia lehet száraz, nedves vagy kombinált, a törési fokozatok alapján pedig egy-, két- vagy három lépcsős. A jobb minőségű végtermék érdekében több lépcsős aprítási folyamat javasolt, így az anyag szemcsemérete értelemszerűen kisebb lesz, tisztább és szilárdsági és fagyállósági tulajdonsága is kedvezőbb. Az aprítógép típusát a végtermék minősége határozza meg, vagyis azt, hogy mobil vagy fix gépet kell alkalmazni az előkészítéshez. (http1) (Csőke 2023)

Az építőipari hulladékot az előkészítés során össze kell gyűjteni, és megfelelő ellenőrzés mellett előválogatni, amelyet egy következő lépésben egy vagy több részben kell törni. Eközben szennyezőanyagoktól dúsító-berendezések segítségével meg kell tisztítani, aztán szitával frakciókra bontani. Fontos, hogy a finom anyagrészt már az előszortírozás során le kell választani, mivel olyan anyagokat tartalmazhat, amely káros, pl szerves anyagok vagy nehézfémek. A károsanyagtartalommal rendelkező feladott anyagok műszaki minőségét rontja. Az aprítás történhet több lépcsőben, az aprítás után (ha a másodnyersanyag igényli, akkor plusz őrlési folyamat) osztályozzuk frakció szerint a töreket, a végtermékeket megtisztítjuk, ezután készen áll az újrahasznosításra a hulladék. (http1) (Csőke 2023)



4.ábra: Az építési hulladékok feldolgozásának általános folyamata (Csőke 2005b)

5.3 Aprítási eljárások és berendezések

5.3.1 Aprítás

Egy adott anyag szemcseméretének csökkentésének folyamatát, jellemzően fizikai igénybevétellel, aprításnak nevezzük. Ez a folyamat különböző szerkezetű aprítógépek használatát foglalja magába. A gépeken belül megkülönböztetünk törő és őrlő berendezéseket. A törőnek a végterméke a töret, szemcsemérete pedig $A > 0,5-1$ mm, az őrlőnek a végtermékét őrleménynek hívjuk és szemcsemérete $A < 0,5-1$ mm. Az őrlő berendezéseket más néven malmoknak is nevezzük. (Olajos 2016)

Az aprítási mértéket az aprítógépek feladásnak és termékének (d) szemcseméretének hányadosa és az aprítási fok jellemzi.

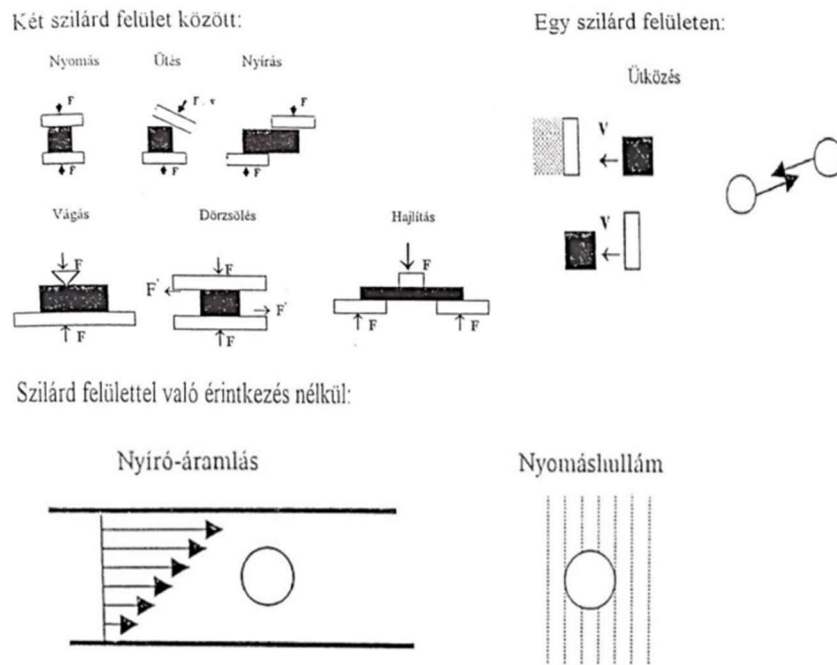
Aprítási területeket különböztetünk meg, a töret 80%-os szemcsemérete alapján:

Durva aprítás	> 50 mm
Középaprítás	$5 < d_{80} \leq 50$ mm
Finomaprítás	$0,5 < d_{80} \leq 5$ mm
Őrlés	$0,05 < d_{80} \leq 0,5$ mm
Finom őrlés	$0,05$ mm

(Olajos 2016)

5.3.2 Az anyagok alakváltozása, repedése és törése

Igénybevételek szerint az aprítás történhet két szilárd felület között, ez lehet nyomás, ütés vagy nyírás; egy szilárd felületen, ez az ütközés és szilárd felület nélküli aprítás, ami nyírásáramlás vagy nyomáshullám segítségével történik. (Olajos 2016)



4. ábra: Szemcse-igénybevételi módok (Csőke 2005a)

5.3.3 Aprítási munkatörvények jellemzői

Az aprítási munkatörvényt akkor alkalmazzuk, mikor egy végtelen nagy szemcseméretű anyagot bizonyos szemcseméretre szeretnénk aprítani. Ehhez szükséges befektetett munkát képletekkel írjuk fel. Az aprítás a következő elmélettel foglalkozik, az őrlendő anyag energiaigénye nem egyezik az őrlőgépbe juttatott energia mennyiséggel. Az őrlési folyamat összetettsége miatt több mint 1600 munkatörvényt találunk. (Mucsi 2006)

Az aprítási munka több részből áll: a rugalmas alakváltozás munkája; a törésfelületek változtatása; szívós anyagok makroszkopikus deformációja, illetve a munka, ami a felületi energia növelésére fordítódik. (Mucsi 2006)

Ahhoz, hogy egy adott törés bekövetkezzen, addig kell munkát befektetnünk, amíg el nem érjük a test rugalmassági határát. Az őrlés során nem jön létre teljes megfeszítés, így itt kevesebb energia kerül felhasználásra. A hátránya azonban az, hogy miközben az eljárás hatékonyabb, egyúttal lassabb is. (Mucsi 2006)

Rendkívül fontos az energia és a részecskeméret kapcsolatának vizsgálata, ahol egyes tényezőket kell figyelembe venni. A meghatározó tényezők:

- az anyag homogenitása és heterogenitása
- az anyag szerkezetében rejlő vagy létrehozott hibák
- az anyag szerkezeti tulajdonságai
- az anyagsűrűség
- az őrlőberendezés tulajdonságai
- a fajlagos felület növekedés problémájának meghatározása
- nyitott vagy zárt körfolyamotokról van-e szó?
- száraz vagy nedves őrlést végzünk?
- finom frakciók flokkulálása vagy diszpergálása a használt közegben

A szakmában a három legismertebb munkatörvény: a Rittinger-féle, Kick-Kirpicsev és a Bond-féle munkatörvény. Ezen aprítási munkatörvények az építési hulladékok aprítási energia igényének, üzemeltetési költségei meghatározásában hasznos. (Mucsi 2006)

5.3.4 Aprító- és őrlőgépek

A bontási hulladékok rideg anyagok, ennek megfelelően olyan aprítógépeket kell alkalmazni, amelyeknek fő erőhatásai nyomás, ütés vagy ütközés. Ahogy azt korábban megírtam, ahhoz, hogy jobb a végtermék műszaki minősége jobb legyen, nem elég az egyszeri aprítás. Felhasználás függvényében aprítjuk a megfelelő frakciókra a hulladékot. Előfordul, hogy malommal por állagúra kell őrölni, más esetekben durva vagy középaprítás után nincs szükség több folyamatra.

A durvakerámia aprításához szükséges aprítógépekre jellemző igénybevételeket, szemcseméretet és aprítási munkát a 4.táblázat mutatja be. Az aprítási területekhez tartozó aprítógépeket a 6. táblázat szemlélteti.

Aprítógép	Fő Erőhatás	Szemcsenagyság [mm]		Aprítási munka [kWh/t]
		Feladás	Töret, őrlemény	
Pofástörő	Nyomás	150-1800	25-250	0,2-07
Röpítő törő	Ütközés, ütés	20-1200	5-80	0,4-3
Kalapácsörő	Ütés, ütközés, nyírás	1-500	0,1-50	0,7-50
Kúpos törő	Nyomás, ütés	25-250	5-40	0,4-2,2
Ütőmalom	Ütés-ütközés,dörzsölés	2 -20	0,01-0,5	5-50

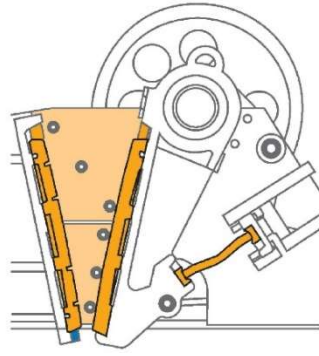
4. táblázat: Durvakerámiát aprító berendezések jellemző igénybevételei (Csőke 2005a)

Aprítási terület	Aprítógép
Durvaaprítás >50 mm	Pofástörő, Röpítő törő, Kalapácsos törő
Középprítás 5...50 mm	Kúpos törő, Röpítő törő, Kalapácsos törő
Finomaprítás <5 mm	Kalapácsmalom, Kúpos törő

5. táblázat: Aprítási területek alapján besorolt aprítógépek (Csőke & Olessák 2003)

Pofástörők

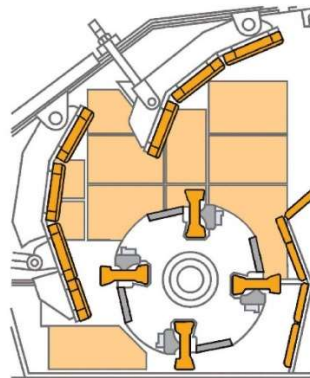
A pofástörőket durvatörésre alkalmazzák, két meredek, alul hegyesszöget bezáró törőfelületük van, az egyik függőlegesen áll, a másik pedig felváltva közeledik és távolodik tőle. A törés a törőerő hatására következik be, így a törött él éles profilú. A törőpofák távolsága állítható így a töret mérete is változtatható. A pofástörő sematikus ábráját az 5.ábra mutatja be. (<http4>)



5. ábra: Pofástörő ([http5](#))

Röpítő törő

Több aprítási területen alkalmazzák, durva-, közép-, és finomaprításra is használható. Durvatöréshez kisebb rotorsebességet kell választani, a finomaprításhoz pedig nagyobbat. A röpítő törők egyetlen felületen aprítanak ütés hatására: a forgó rotor dobólécei által meghajtott darabok az álló páncéllemez elemekkel való ütközés hatására eltörnek. A 6. ábra a röpítő törő vázlatát ábrázolja. ([http4](#))

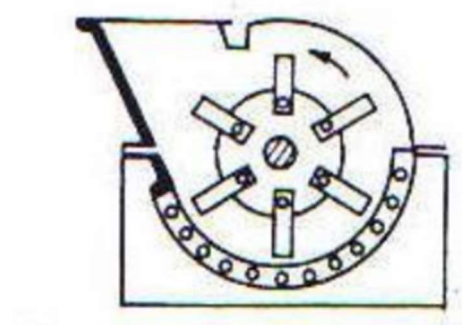


6. ábra: Röpítő törő ([http6](#))

Kalapáctörő

Ezt a típusú aprítóberendezést is széles körben alkalmazzák, használják durvatörésre, finomaprításra és száraz őrlésre is. Az aprítás a kalapácsok ütése és az őrlőtér falához való ütközés által jön létre. A kalapáctörő ütés-ütközés alapuló aprítógép, az anyagok tartózkodási

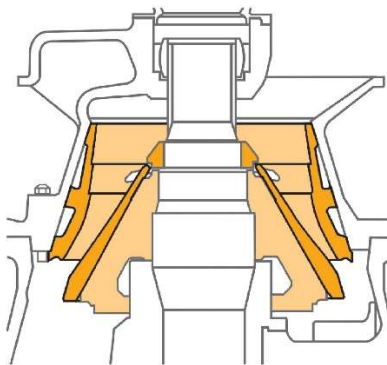
idejét a gépben a rosták perforációja határozza meg, így az elérendő szemcseméretet is. A 7.ábra a kalapáctörő vázlatát ábrázolja. ([http4](#))



1. ábra: Kalapáctörő (Csőke 2005a)

Kúpos törő

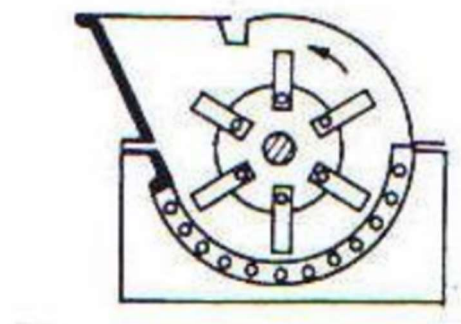
A kúpos törő a legszélesebb körben használt gép a kemény anyagok aprítására középaprítás során. Az anyag kettő kúpos felület között törik el, miközben a körtörő elliptikus mozgást végez. Ez az aprítóberendezés nyomás és ütés erőhatáson alapul. A 8.ábra a kúpos törő vázlatát ábrázolja. ([http4](#))



2. ábra: Kúpos törő ([http7](#))

Kalapácsmalom

A malmokat finomaprításra és őrlésre kerül felhasználásra. Itt a lengőkalapácsokat ütőtestek váltják fel. Ezek az ütőtestek lehetnek verőlécek, verőlapok és verőcsapok is. Sematikus ábrája megegyezik a kalapácsörőjével, amit az 9. ábrán látható. (http4)



3. ábra: Kalapácsmalom (Csőke 2005a)

6 FELHASZNÁLÁSI TERÜLET LEHETŐSÉGEI

A téglahulladék a legtöbb építkezésen előforduló építési-bontási hulladék, amely jelentős mennyiségű szilárd hulladékot jelent. A téglák újrahasznosítása és újrafeldolgozása számos előnyt kínál az építőiparban és a környezetvédelemben, nemcsak csökkenti a szilárd hulladék mennyiségét, hanem megtakarítja az új építőanyagok költségeit és csökkenti a környezeti hatásokat. (Csőke & Olessák 2003)

Ebben a fejezetben bemutatom a durvakerámiák hasznosítási lehetőségeit, ami lehet talajstabilizálás, építőanyag adalékanyag vagy akár geopolimerek előállítása is. Ezekből a kutatásokból mutatok be egy-egy példát.

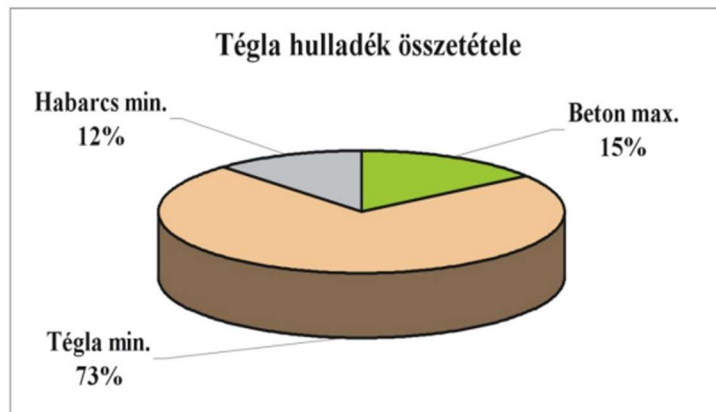
6.1 Építőipari adalékanyagként való hasznosítás (beton)

Az újrahasznosított beton készítésekor figyelembe kell venni azt, hogy a bontott anyag, vagyis az esetben a téglá adalékanyagnak a kavics adalékanyaghoz képest legtöbbször: kisebb a testűrűsége, az önszilárdsága, inhomogénebb az összetétele, nagyobb a vízfelvétele és a cementigénye, nehezebb a bedolgozása és tört a felülete. Ezek a tulajdonságok változóak, hiszen függenek a bontott anyag tulajdonságaitól is. A téglá felhasználása jelentősen rontja a beton fagyállóságát és korlátozott a hasznosítása is. ([http8](#))

A beton-adalékanyagként újra hasznosított bontott anyag lehet téglatörmelék vagy vegyes törmelék (beton + téglá) is. A téglatartalmú újrahasznosított anyag alkalmas lehet számos könnyűbeton készítésére, könnyűbeton elemek és szerkezetek gyártására is. ([http9](#))

A zúzott téglá habarcs szennyeződése maximum 15 tömeg% lehet, erre törekedni kell a bontás után. ([http8](#))

Az újrahasznosított beton kúszásának értéke nagyobb, mint a kavicsbeton kúszása. 100%-ban téglá hulladék adalékanyagú beton kúszási tényezője 65%-kal nagyobb (1,12), mint a kavicsbetoné (0,68). Ennek oka az, hogy a téglának nagyobb habarcestartalom (10. ábra), kisebb a rugalmassági modulusa és nagyobb a víztartalma. Ez összefügg azzal, hogy az újrahasznosított beton tartós szilárdsága mindössze 80%-a a kavicsbetonnak. ([http9](#))



4. ábra: Téglahulladék összetétele ([http9](#))

Néhány adat a zúzott téglá adalékanyag tulajdonságáról:

- testsűrűség: 1950-2150 kg/m³
- halmazsűrűség: 980-1250 kg/m³
- Vízfelvétel: 15-25%
- Könnyűbeton testűrűsége: 1800-1900 kg/m³
- Könnyűbeton nyomószilárdsága: 12-25 N/mm²

([http8](#))

6.2 Talajstabilizáció téglá-, és cseréptöredékekkel

A feladott anyagokat, a téglákat és a cserepeket, aprító berendezésekkel 19-25 mm frakciókra törték. Ehhez a kutatáshoz persze szárították is a mintákat, azután pedig homogenizálták őket. (Cesar et al. 2022)

Az eredmények azt mutatták, hogy a felhasznált anyagok tartalma növelte a maximális száraz anyagtömeget és az optimális nedvességtartalom pedig csökkent. Továbbá az figyelhető meg a 6. táblázaton, hogy a CBR-értékek exponenciálisan nőnek a CDW tartalommal. 70%-os CDW tartalomnál 120%-ra nőtt a CBR érték. A talaj teherbírását CBR vizsgálattal állapítják meg. A CBR vizsgálatok (Cesar et al. 2022)

Elmondható, hogy az anyagkeverékek olyan mechanikai jellemzőkkel rendelkeznek, amelyek segítenek a talaj/aljzat javítására kisebb terhelésű pályaszerkezeteknél, pl járdaépítés. Műszakilag megvalósítható alternatívát kínálnak a CDW mérnöki projektekben történő újrafelhasználására, és lehetővé teszik a szerkezeti burkolat vastagságának csökkentését. (Cesar et al. 2022)

Egy másik kutatás csak a bontott téglát használta fel a talaj megerősítésére, mint kötőanyag. A kémiai vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy a bontott téglából magas alumínium-oxid tartalma miatt növeli a tartósságot és ellenáll a magasabb hőmérsékletnek. Az eredmények azt mutatták, hogy az optimális 60:40 a talaj és a bontott téglahulladéktartalom aránya. A nyomószilárdság vizsgálat eredménye alapján is a 60:40 arány a legmegfelelőbb, ami a 6. táblázat is szemléltet. (Anand 2018)

Mix proportion (soil:DBW)	CBR 2.5mm (penetration)	CBR 5mm (penetration)
100:0	2.69	2.43
90:10	5.01	4.87
80:20	11.71	10.08
70:30	12.13	11.82
60:40	13.86	13.10
50:50	7.32	7.06

6. táblázat: CBR vizsgálat eredményei (Forrás: Anand 2018)

6.3 Bontott téglapor, mint adalékanyag az aszfaltkeverékben

Ezen kísérleti eredmények bemutatják a hulladéktéglapor alkalmasságát ásványi töltőanyagként aszfaltkeverékekben, összehasonlítva a hagyományos mészkő töltőanyagot alkalmazó kontroll keverékkel. (Mei et al. 2010)

Anyagok: aszfalt kötőanyag, aggregátum (bazalt), töltőanyag (CDW téglából). A hulladéktéglát mosták, 80°C-on 10 órán át szárították, aztán pofástörővel aprították majd 15 percig golyósmalomban aprították. Ezután több vizsgálatnak is alávetették a mintákat, amik alapján a következő konklúziókra jutottak: (Mei et al. 2010)

- a téglaporról kevert anyag segítségével az aszfalt maradandó alakváltozása magas hőfokon (60°C) alacsonyabb, ami azt jelenti, hogy az aszfaltkeverék jobb nyomványúsodási ellenállást eredményez magasabb hőmérsékleten.
- az újrahasznosított téglatöltőanyagot tartalmazó keverék rugalmassági modulusa magasabb volt 40°C-on, ami arra következtet, hogy ennek az anyagnak a gördülési ellenállása jobb, mint a mészkővel kevert anyagé.

- a kontroll keverékkel összehasonlítva az téglapor hozzáadásával az aszfalt keverék vízerzékenységét és fáradási élettartamát javíthatja. (Mei et al. 2010)

6.4 Kerámiahulladék alkalmassága geopolimerként

Geopolimerek amorf alumínium-szilikátokat tartalmazó nyersanyagok lúgos közegben (NaOH, KOH oldatok) történő oldásával állíthatók elő, melynek során az alapanyagokból oldott alumínium- és szilíciumtartalmú vegyületek térhálós szerkezeteket alkotnak. A geopolimerek előállíthatók szobahőmérsékleten vagy magasabb hőmérsékleten is (30-100°C). Az előállításához ásványi nyersanyagok (perlit), ipari hulladékok (erőművi pernye, kohászati salak, vörösiszap, kerámiahulladék) és kalcinált agyagásványok (metakaolin) használhatók fel. (Mucsi 2021)

A téglahulladékot többféle módon is lehet hasznosítani a geopolimerekben. Először is prekurzorként, hiszen a téglá nagy mennyiségben tartalmaz SiO_2 -t és Al_2O_3 -t. Hátránya, hogy előállítása költséges, mivel a szilárdságfejlődése kicsi a hulladéktéglaiban lévő alacsonyabb amorf koncentráció és a magas ásványi anyag tartalom miatt. Érdekesebb és költséghatékonyabb, ha a hulladéktégla mellett más reaktív anyagok is jelen vannak, pl metakaolin vagy pernye. E képpen hatékony geopolimerizációs folyamatot kapunk magas hőmérséklet nélkül. (Mucsi 2021)

7 SWOT ELEMZÉS

A dolgozatom megírása folyamán sikerült közelebb kerülnöm a másodnyersanyagok, azon belül is a durvakerámia újrahasznosításához. SWOT elemzéssel szeretném bemutatni, hogy milyen erősségek, lehetőségek, gyengeségek és veszélyek vonatkoznak a másodnyersanyagok előállításával kapcsolatban.

ERŐSSÉGEK	GYENGESÉGEK
• CO₂ kibocsátás csökkentése=kisebb környezetszennyezés • Erőforrások felhasználásának visszaszorítása • Körforgásos gazdaság fellendítése • Hulladékkeletkezés megelőzése • Hosszútávon költséghatékonyabb a másodnyersanyag felhasználása	• Bizalmatlanság a másodnyersanyagok felé, ezáltal kisebb a keresletek • Építési hulladékok válogatása nem megfelelő • Kevés vállalkozás foglalkozik durvakerámiai másodnyersanyagok előállításával és felhasználásával • Több munkát igényel az előkészítés, mint az ártalmatlanítás • Egyszerűbb megoldás vonzóbb (lerakókban való deponálás) • Jogi szabályozások Magyarországon-nem képez egységet • Anyagok újra hasznosítása helyspecifikus és időfüggő lehet
LEHETŐSÉGEK	VESZÉLYEK
• Zöld beruházások, közbeszerzések népszerűsítése • Kedvezmények bevezetése vállalatok részére, mint külföldön • Szelektív bontás és szétválogatás előmozdítása • Másodnyersanyagok felhasználásához stabil piac kiépítése • Minőség-ellenőrzés fejlesztése	• Nagy versenypiac kialakulása a vállalatok között (másodnyersanyag-elsődleges nyersanyag) • Szürke-, és feketegazdaság jelenléte

A másodnyersanyag előállítás erősségei közé tartozik, hogy a másodnyersanyag előállításához kisebb energiaigény szükséges, mint az eredeti nyersanyag előállításához, ezért van létjogosultsága és így a környezetszennyezés is redukálódik. Ezáltal a hulladékképződés is jelentősen vissza lesz szorítva, amellyel a körforgásos gazdaság is fellendül. Ezenkívül a hulladéklerakók is tehermentesítve lesznek, túlságosan sok építési-bontási hulladékot ott deponálnak. Hosszútávon költséghatékonyabb tud lenni az építési-bontási hulladékok újra hasznosítása.

Probléma azonban, hogy Magyarországon az építési-bontási hulladékkal kapcsolatos jogszabályi környezet nem képez egységes egészet. További gyengeség, hogy a vállalatok bizalmatlanok tudnak lenni a másodnyersanyagok felé, így a kereslet is kisebb. Legtöbbször a kivitelezés helyszínén mobil gépekkel aprítják a hulladékot és ott helyszínen fel is használják, azonban ha olyan termékeket kell előállítani, amikhez nem elég a mobil üzem (stacioner üzem szükséges), akkor az időkorlátok és a távolság miatt (kevés vállalkozás foglalkozik ezek aprításával és őrlésével) a deponálás egy kedvezőbb opciónak tűnik a vállalatoknak és ezt is alkalmazzák. A téglák újra hasznosításához elengedhetetlen a bontási után szelektívgyűjtés, válogatás és mosás. Ezen anyagok habarccsal és vakolattal vannak bevonva, ezért a válogatása is hatványozottan körülményesebb.

A gyengeségek ellenére az előttünk álló években törekedni kell az építési-bontási hulladékok szelektív gyűjtésére és válogatására. Fontos lenne, hogy a vállalatok ösztönzéseket és motivációkat kapjanak, mint a nyugati országokban, a bontási hulladékok használatára, például adókedvezmények. A zöld közbeszerzések és pályázatok kiírása is ösztönző lehet a vállalatoknak. Ezek a tényezők véleményem szerint pillérei lehetnek a zöldebb építőipar felé.

Azonban veszélyként azonosítható a nagy versenypiac kialakulása, például a cementgyárak és geopolimer előállító vállalatok között, ahol a portlandcementet helyettesítve készítenek nagy szilárdságú betonokat, durvakerámia esetén pedig kisebb szilárdságú betonokat. További veszély a szürke-, és feketegazdaság jelenléte, ezek miatt az építési-bontási hulladékok mennyisége sem ellenőrzött, így azok újra hasznosítása sem lesz megoldva.

8 ÖSSZEFOGLALÓ

A lineáris gazdasági modell nem fenntartható, mert folyamatos hulladéktermelés szennyezi földünket és a természetes erőforrás tartalékok is végesek. A körforgásos gazdaságra való törekvés az egyik legfontosabb környezetvédelmi szempont, alapelve, hogy nincsenek hulladékok, a mai termékek a jövő alapanyagaiként szolgálnak. Az építési-bontási hulladékok jelentik a legnagyobb mennyiséget a körforgásos gazdaságban. Újrahasznosítása számos lehetőséget rejt magában, már hazánkban is egyre jobb tendenciát mutat ezek felhasználása. Leggyakrabban az útépítési hulladékokat (adalékanyagként) és a kitermelt földet (töltésepítésre) használják újra vagy hasznosítják újra, ha van rá lehetőség már az adott építkezésen. A magasépítési hulladékok, mint például a durvakerámia anyagok másodnyersanyag felhasználása még nem nagymértékben elterjedt, erre is nagy szükség van, hiszen a beton után a téglát a második legnagyobb mennyiségben kitermelt építési-bontási hulladék. A felhasználás mellett egy versenyképes, költséghatékony és mindig megfelelő minőségű rendszer kialakítás szükséges. Dolgozatomban bemutattam az építési-bontási hulladékok jelenlegi jogi rendszerét Magyarországon, az előkészítési lehetőségeit és hogy a durvakerámia, mint másodnyersanyag rendelkezik potenciállal. Útalapba, talajstabilizációra, újrahasznosított betonba és még geopolimer előállításra is alkalmas lehet. A sok lehetőség ellenére az építőipari szakmában még nem találkoztam a durvakerámia újrahasznosításával. Az ágazat jelenlegi helyzetét pedig SWOT elemzéssel szemléltettem, hogy milyen erősségek, gyengeségek, lehetőségek és veszélyek vonatkoznak a másodnyersanyagokra.

Az elemzés alapján rövid és középtávú célkitűzéseket és javaslatokat fogalmaztam meg a durvakerámia, mint másodnyersanyag előállítása és felhasználás növelésének lehetőségeire:

1. Olyan feltételek megteremtése, amelyek ösztönzik a vállalkozásokat a durva kerámiák másodlagos újrahasznosító anyagként való feldolgozására és felhasználására
2. Egységesíteni kell a magyarországi törvényeket, előírásokat, egyértelművé kell tenni a szabályozást
3. Az innováció elősegítése: Humán erőforrás fejlesztése, készségek fejlesztése
4. Az elvárt minőség, sőt az exportpiaci lehetőségek javítása egyértelmű szabványosítással
5. Környezetvédelem, a durva kerámiák újrahasznosításának és hatékony termelésének ösztönzése

9 IRODALOMJEGYZÉK

1. 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezetről
2. 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet a hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről 93-101 p.
3. 2011. évi LXXXV. törvény a környezetvédelmi termékdíjról
4. 2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról
5. 310/2013. (VIII. 16.) Korm. rendelet a hulladékképződés és kezelés ágazati tervéről
6. 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet a hulladékjegyzékről
7. Ananad Kumar B.G, Shashank Agrawal, Ankur Dobriyal (2018): Stabilization of Cohesive Soil using Demolished Brick Waste, Bangalore
8. Az Európai Parlament és a Tanács 2008/98/EK irányelve a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről
9. Bálint Julianna (2014): Építőanyagok II, TERC, Budapest, 77-100 p.
10. Cesar Hidalgo, Gloria Carvajal, Angela Hinvapie, Fredy Munoz, Mario Hernandez (2022): Ground Improvement by Construction and Demolition Waste (CDW) Soil Mixture Replacement, Colombia
11. Csőke Barnabás, Olessák Dénes (2003): Az építési, bontási hulladékok kezelése, Köztisztasági Egyesülés, 3-39p.
12. Csőke Barnabás (2005a): Aprítás és Darabosítás, Miskolc
13. Csőke, Barnabás (2005b): Építési hulladékok előkészítése építési, utépítési célra. Építőanyag (HU ISSN 0013-970x),
14. Csőke Barnabás (2023): Hulladékok előkészítése, feldolgozása technológiai folyamatának tervezési alapjai 1-3 előadás
15. http1: Csőke Barnabás: Hulladékok ártalmatlanítása, kezelése és hasznosítás eljárásai, <https://hulladekonline.hu/files/173/> 40-54p. (Letöltve: 2023.04.)
16. http2:<https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/economy/20151201STO05603/korforgasos-gazdasag-mit-jelent-miert-fontos-es-mi-a-haszna> (Letöltve: 2023.04.)
http3: Az egyes hulladékfajták mennyisége a kezelés módja szerint, https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0029.html (Letöltve: 2023.04.)
17. http4: <https://hulladekonline.hu/files/173/> (Letöltve: 2023.04.)
18. http5: <https://vbpartner.hu/termek/pofas-toro-alkatreszek/> (Letöltve: 2023.04.)
19. http6: <https://vbpartner.hu/termek/ropito-toro-alkatreszek/> (Letöltve: 2023.04.)
20. http7: <https://vbpartner.hu/termek/kupos-toro-alkatreszek/> (Letöltve: 2023.04.)
21. http8: Adalékanyagok fajtái és néhány tulajdonsága, <https://www.betonopus.hu/szakmernoki/kozut-5-adalekanyag-fajtak.pdf> (Letöltve: 2023.04.)
22. http9: Építőanyagok újrahasznosítása, <http://www.betonopus.hu/szakmernoki/133-epitoanyagok-ujrahasznositasa.pdf> (Letöltve: 2023.04.)
23. Mucsi Gábor (2009): Vizsgálati eljárások fejlesztése finom szemcseméretű anyagok örölhetőségének, valamint különleges körülmények mellett történő energiaszükségletek meghatározása, Doktori (PhD) értekezés, Miskolc, 132-136 p.

24. Mucsi Gábor (2021): Bányászat és kapcsolódó iparágak hulladékainak szerepe a körforgásos gazdaságban, Miskolc, 15-16p.
25. Mei-zhu Chen, Jun-tao Lin, Shao-peng Wu, Cong-hui Liu (2010): Utilization of recycled brick powder as alternative filler in asphalt mixture, China
26. Olajos Ákos (2016): Szemcsealak hatása az Univerzális Hardgrove malommal mért őrlhetőségi mutatókra, Szakdolgozat, Miskolci Egyetem, Miskolc, 3 p.
27. Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2021-2027 (2018), Innovációs és Technológiai Minisztérium, 93-101p
28. Szakmány György (2008): Kerámia nyersanyagok, kerámiák a mai Magyarország területén a neolitikumtól a XVIII. század végéig, A Miskolci Egyetem Közleménye A sorozat, Bányászat, 74. kötet, 50-52p.

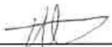
4. sz. függelék – Hallgatói és konzulensi nyilatkozat minta

NYILATKOZAT

Alulírott TELSŐ ANETT, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, GÖDÖLLŐ Campus, HULLADÉKKEZELÉSI ÉS - HASZNOSÍTÁSI SZAKMÉRŐK szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023 év 05 hó 05 nap


Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023 év 05 hó 08 nap


Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!