



NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézet

# Jelentés

„Kistelepülések mezőgazdasági melléktermékekből és hulladékok keverékéből, pirolízis útján történő energia nyerése” című projekt EnviroVid, HUSK/1101/1.2.1/0358

Tóvári Péter

Kiértékelésre került részünkről a gázosítási technológiák széles irodalma, a jelenleg alkalmazott eljárás technológiák. Mindezek ismeretében a konzorciumi megbeszélések alkalmával folyamatosan egyeztettünk a konzorciumi partnerekkel. Az áttekintő irodalom feldolgozás a csatolt anyagok közt megtalálható.

A vizsgáltba vont minták a hazai alapanyag potenciál és a projekt munkaterve alapján került összeállításra. Elsődleges szempontként azokat a mezőgazdasági melléktermékeket válogattuk össze, melyek tüzeléstechnikai szempontból nem, vagy korlátosan alkalmazhatók, így megvizsgálva a termokémiai, ezen belül a gázosítással történő hasznosíthatóságukat. A másik kiválasztási szempont a lakossági eredetű hulladék, mint tüzelőanyag alkalmazás volt, ezen belül a szelektíven válogatott hulladékból képzett SRF (solid recovery fuel) mintát vizsgáltuk, valamint a nagy mennyiségben rendelkezésre álló szennyvíziszapot. A fászszerű mintákat elsősorban kontroll mintaként alkalmaztuk, valamint azzal a megközelítéssel, hogy potenciális mennyiségben a jövőben energetikai ültetvényekről származtatva rendelkezésre állhat.

Mindezek alapján 13 darab minta került kiválasztásra és vizsgálatra, melyet az 1. számú táblázat mutat be.

1. számú táblázat

<b>Minta neve</b>	<b>Minta száma</b>
Gabonaszalma pellet	1
Repceszalma pellet	2
Napraforgó ocsú pellet	3
70%+30% Repceszár+kukoricaszár pellet	4
Repceszár+kukoricaszár+fa pellet	5
Repceszár+kukoricaszár pellet	6
Energiafű pellet	7
Fűzfa apríték	8
Nyárfa apríték	9
Fa+papír keverék	10
Szennyvíziszap	11
Papírbrickett	12
SRF hulladék	13

A kiválasztott minták energetikai vizsgálata elkészült, a mérés kori nedvességtartalomhoz tartozó eredményeket a 2. számú táblázat mutatja be. A 3-as számú táblázatban az abszolút száraz állapotra számított mérési eredmények láthatók. A részletes mérési sorozatot mellékeljük.

2. számú táblázat

	w(C) <sub>m</sub> (%)	w(H) <sub>m</sub> (%)	w(N) <sub>m</sub> (%)	w(S) <sub>m</sub> (%)	w(O) <sub>m</sub> (%)	w(Cl) <sub>m</sub> (%)	A <sub>m</sub> (%)	M (%)	q <sub>v,gr</sub> (MJ/Kg)	q <sub>p,net,ar</sub> (MJ/Kg)
<b>1</b>	41,738	5,002	0,496	0,206	36,008	0,591	7,690	8,270	16,748	15,393
<b>2</b>	41,459	4,938	0,473	0,270	35,047	0,563	8,200	9,050	16,472	15,128
<b>3</b>	47,879	6,139	2,171	0,254	24,946	0,331	7,400	10,880	20,202	18,612
<b>4</b>	37,098	4,421	1,059	0,128	31,449	0,226	16,100	9,520	14,422	13,225
<b>5</b>	39,976	4,698	0,360	0,117	34,316	0,264	9,710	10,560	15,421	14,139
<b>6</b>	41,832	4,776	0,352	0,261	34,823	0,206	6,990	10,760	16,240	14,936
<b>7</b>	42,225	4,963	0,820	0,180	35,682	0,400	5,670	10,060	16,631	15,302
<b>8</b>	44,465	4,906	0,445	0,090	36,639	0,005	2,050	11,400	17,536	16,188
<b>9</b>	44,411	4,826	0,591	0,084	36,193	0,005	1,750	12,140	17,536	16,188
<b>10</b>	36,031	3,041	0,229	0,085	27,396	0,010	3,269	29,940	15,010	13,597
<b>11</b>	21,314	2,877	2,904	1,689	12,256	0,071	36,490	22,400	9,103	7,937
<b>12</b>	39,818	5,129	0,090	0,114	37,808	0,021	12,211	4,710	15,593	14,380
<b>13</b>	64,630	7,123	0,265	0,428	11,817	0,947	13,950	0,840	27,708	26,167

**A mérési eredményekből megállapítható:**

- A különböző minták alkalmazáskori nedvességtartalma jelentősen szóródik, ennek eredményeként a minták konzekvens összehasonlíthatósága nem lehetséges.
- Megállapítható, hogy a pellet formájú tüzelőanyagok nedvességtartalma 0-10 % között szóródik, míg az aprítékok és keverékek nedvességtartalma magasabb.
- Mindezek figyelembe vételével a legmagasabb fűtőértéke az SRF hulladék mintának adódott, míg a legalacsonyabb a szennyvíziszap mintának volt.
- A teljes összehasonlíthatóság érdekében, az abszolút száraz állapotra vonatkoztatott mérési eredményeket kell figyelembe venni.

### 3. számú táblázat

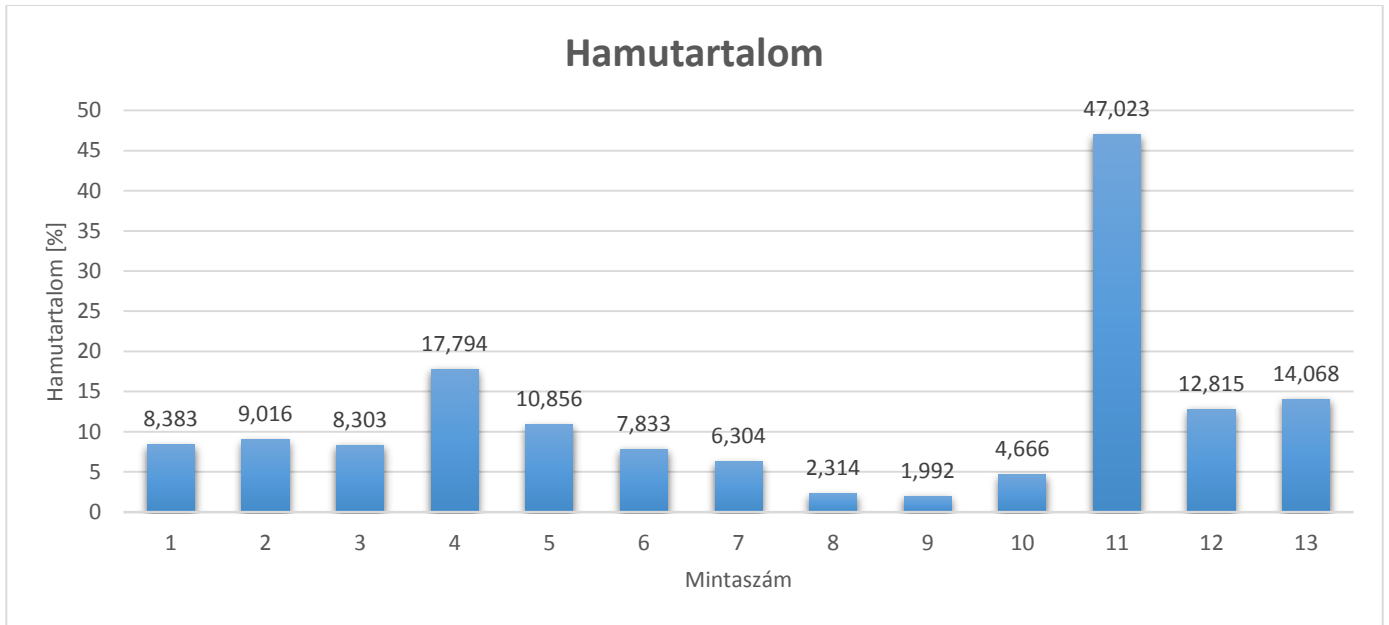
	w(C) <sub>m</sub> (%)	w(H) <sub>m</sub> (%)	w(N) <sub>m</sub> (%)	w(S) <sub>m</sub> (%)	w(O) <sub>m</sub> (%)	w(Cl) <sub>m</sub> (%)	A <sub>m</sub> (%)	M (%)	q <sub>v,gr</sub> (MJ/Kg)	q <sub>p,net,ar</sub> (MJ/Kg)
<b>1</b>	45,501	5,453	0,540	0,225	39,254	0,644	8,383	0,000	18,258	17,069
<b>2</b>	45,584	5,429	0,520	0,297	38,534	0,619	9,016	0,000	18,111	16,928
<b>3</b>	53,725	6,889	2,436	0,285	27,991	0,372	8,303	0,000	22,669	21,183
<b>4</b>	41,001	4,886	1,170	0,142	34,757	0,249	17,794	0,000	15,939	14,874
<b>5</b>	44,696	5,252	0,402	0,131	38,368	0,295	10,856	0,000	17,242	16,097
<b>6</b>	46,876	5,352	0,395	0,292	39,022	0,231	7,833	0,000	18,198	17,031
<b>7</b>	46,948	5,519	0,912	0,200	39,673	0,444	6,304	0,000	18,491	17,287
<b>8</b>	50,186	5,527	0,503	0,102	41,363	0,006	2,314	0,000	19,792	18,586
<b>9</b>	50,548	5,482	0,673	0,095	41,205	0,006	1,992	0,000	19,959	18,762
<b>10</b>	51,429	4,340	0,327	0,121	39,103	0,014	4,666	0,000	21,425	20,472
<b>11</b>	27,467	3,684	3,742	2,176	15,816	0,091	47,023	0,000	11,731	10,934
<b>12</b>	41,787	5,379	0,095	0,120	39,784	0,022	12,815	0,000	16,364	15,190
<b>13</b>	65,178	7,184	0,268	0,431	11,917	0,955	14,068	0,000	27,943	26,409

#### A 3. számú táblázat alapján tehető megállapítások:

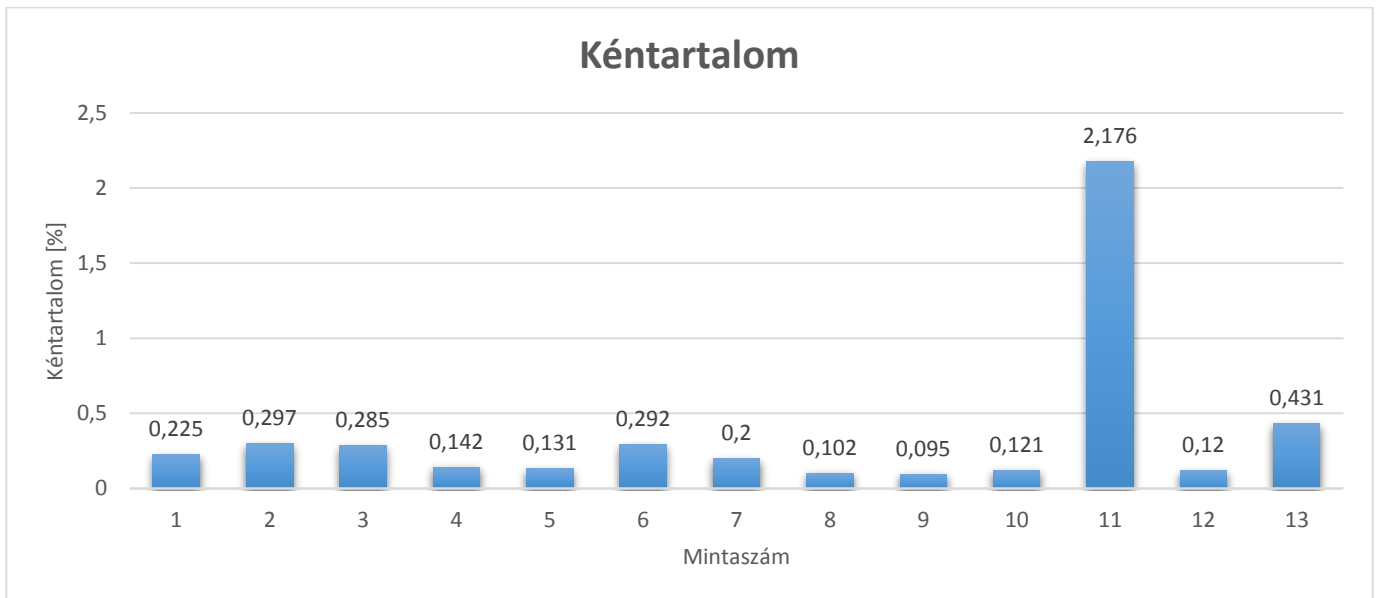
- Megállapítható, hogy az SRF hulladéknak van a legmagasabb fűtőértéke, mely a magas széntartalomnak köszönhető.
- A fa+papír keverék esetében az anyagösszetétel, míg az ocsúnál a magas törtszem, illetve olajtartalom okozza a kiemelkedően magas fűtőértéket.
- A szennyvíziszap esetében volt a legalacsonyabb a fűtőérték, mivel anyagtartalmának közel a fele éghetetlen. Innen a magas hamutartalom. A többi minta a megszokott értékeket mutatja.
- Az agripellet minták kéntartalma az MSZ EN 14961-1:2010 szabvány szerint a 2+ kategóriába tartozik.
- A 11-es minta kéntartalma igen magas, mely nem meglepő a minta eredetét tekintve.
- A fa aprítékok és a fa+papír keverék elfogadható, klórtartalmat tekintve. A mezőgazdasági melléktermékeknél a megszokott magas klórtartalom jelentkezik, amely tüzeléstechnikailag előnytelen a magas korrodáló hatása miatt. Ezért ajánlott ezen anyagok gázosítással történő hasznosítása.
- Az SRF hulladék klórtartalma a legmagasabb, a vegyes összetétel (többféle műanyag) miatt.

A fenti megállapításokat az alábbi grafikonok szemléltetik.

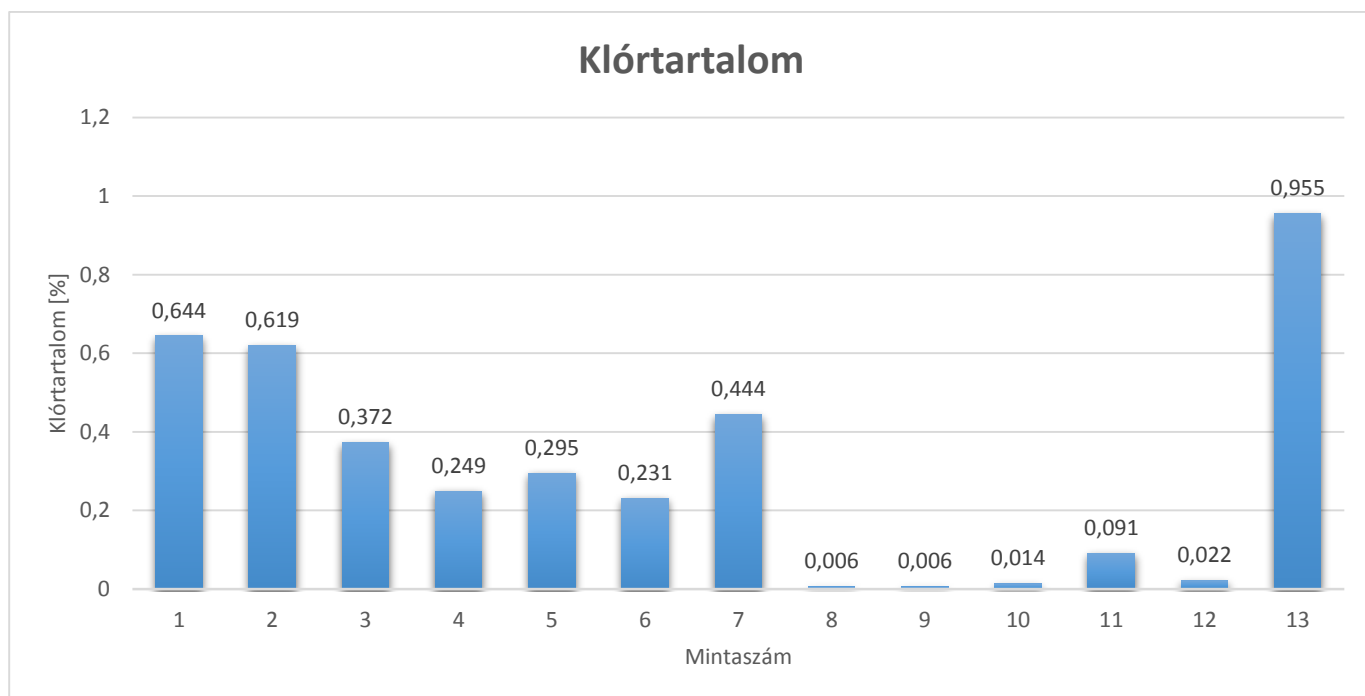
## Hamutartalom



## Kéntartalom



## Klórtartalom



A kiválasztott mintákon hamu olvadáspont mérést is végeztünk, amely tüzeléstechnikai szempontból egy jelentős gátló tényező. (A részletes mérési eredményeket és jegyzőkönyveket a melléklet tartalmazza.)

A hamuolvasás vizsgálat során a következő mintáknál volt tapasztalható olvadás:

- Szennyvíziszap
- Energiafű
- Repceszár-kukoricaszár-fa
- Repceszalma
- Gabonaszalma

A legalacsonyabb deformációs hőmérséklete a gabonaszalmának volt, 729 °C. A legmagasabb deformációs hőmérséklete az 5-ös mintának volt, 1142 °C. A minták átlagos folyási hőmérséklete 1200 – 1400 °C között alakult.

A további nyolc mintánál olvadás nem volt tapasztalható. Folyási hőmérséklet 1500 °C- ig nem volt detektálható. Ezen minták közül a 3-as és 6-os minták deformációs hőmérséklete volt 700 °C körüli. A többi minta 1000 – 1100 °C- on deformálódott.

A részletes jegyzőkönyveket a melléklet tartalmazza.

A technológiai partner tervei alapján a technológiai sorhoz illesztve 2 hőmérsékleten kerültek modellezésre a kiválasztott minták. Az alacsonyabb kezelési hőmérséklet 300 °C, míg a magasabb 600 °C.

A 300 °C-os mérési sorozat kiértékelő diagramja alapján az alábbi megállapítások tehetők:

1. A 300 °C-on végzett mérési sorozatok igen nagy szórást mutattak, következetes kiértékelésük rendkívül nehéz. Ez azt is mutatja, hogy a 300 °C-on történő „előkezelési” folyamat inhomogén anyag esetében rendkívül nehéz technológiai feladat, hiszen az eltérő nedvességtartalom, az anyagok frakciómérete, és nem utolsósorban a fajlagos sűrűsége teljes eltérést mutat még a közel azonos anyagok és keverékek esetében is. Lásd repce és keverékei, vagy a fa és keverékei.
2. a csoportosítást megpróbálva azt lehet mondani, hogy a repce+kukorica+fa keverék, az energiafű, a szalma, és a repce+kukorica, valamint repce minták reakció egyenletének lefutása mutat azonosságot, míg egy másik csoportba tartoznak a fa, papír, ocsú tüzelőanyagok.
3. mindezek megerősítik a szakértői véleményt, amely leírja, hogy az eltérő nedvességtartalmú anyagok együttes kezelése nem javasolt, valamint hogy a 180 °C feletti hőntartás már elindítja a gázosodási folyamatokat, azonban az eltérő nedvességtartalom hatására ezek a reakciós görbék az anyagok jellemzőitől függetlenül más lefutási görbéket eredményeznek. Mindezek azért fontosak, mert így egyes anyagok kigázosodása hamarabb történik meg, ezzel rontva mind a kihazatali eredményt és hatásfokot, valamint olyan, a technológiára káros gőzök csapódnak ill. csapódhatnak ki, melyek negatív hatásúak a működésre.

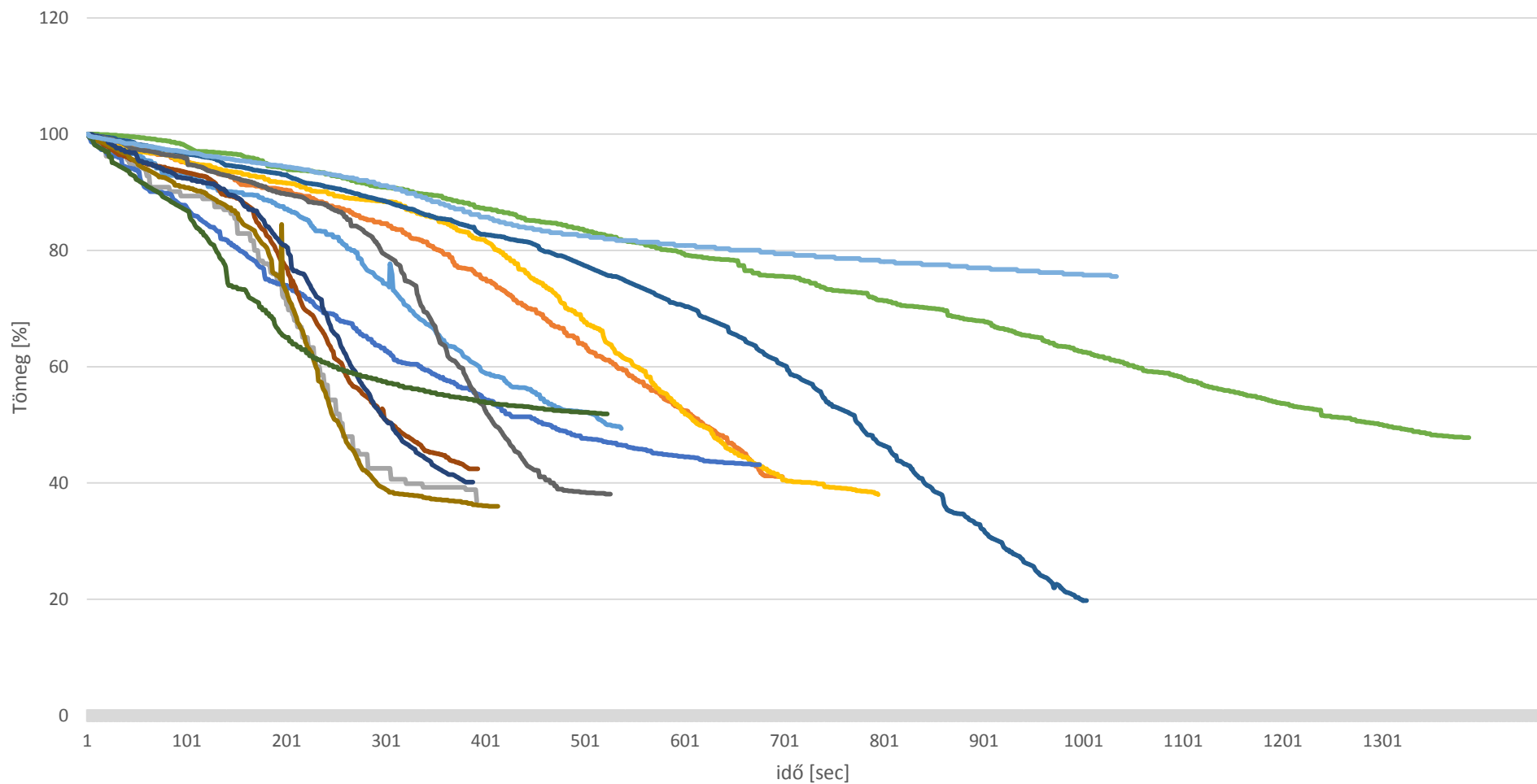
A modellezést követően visszamaradó „hamumintákon” is elvégeztük a hamuolvadási pont meghatározást.

**A 300 °C -os kezelés után visszamaradó aktív szénminták hamuolvadási tulajdonságai:**

- megolvadás öt mintánál következett be (1-es, 2-es, 6-os, 7-es, 13-as minták), melyek átlaghőmérsékletei 1146 - 1336 °C
- további nyolc mintánál a deformáció 575 °C és 1300 °C között volt detektálható
- a fűzfa mintánál nem volt tapasztalható deformáció
- a papírbrickett esetében a deformáció 293 °C –on következett be
- három minta (9-es, 11-es, 4-es minta) deformációs pontja 570 °C és 650 °C közé esett

A mérési sorozat részletes jegyzőkönyveit a melléklet tartalmazza.

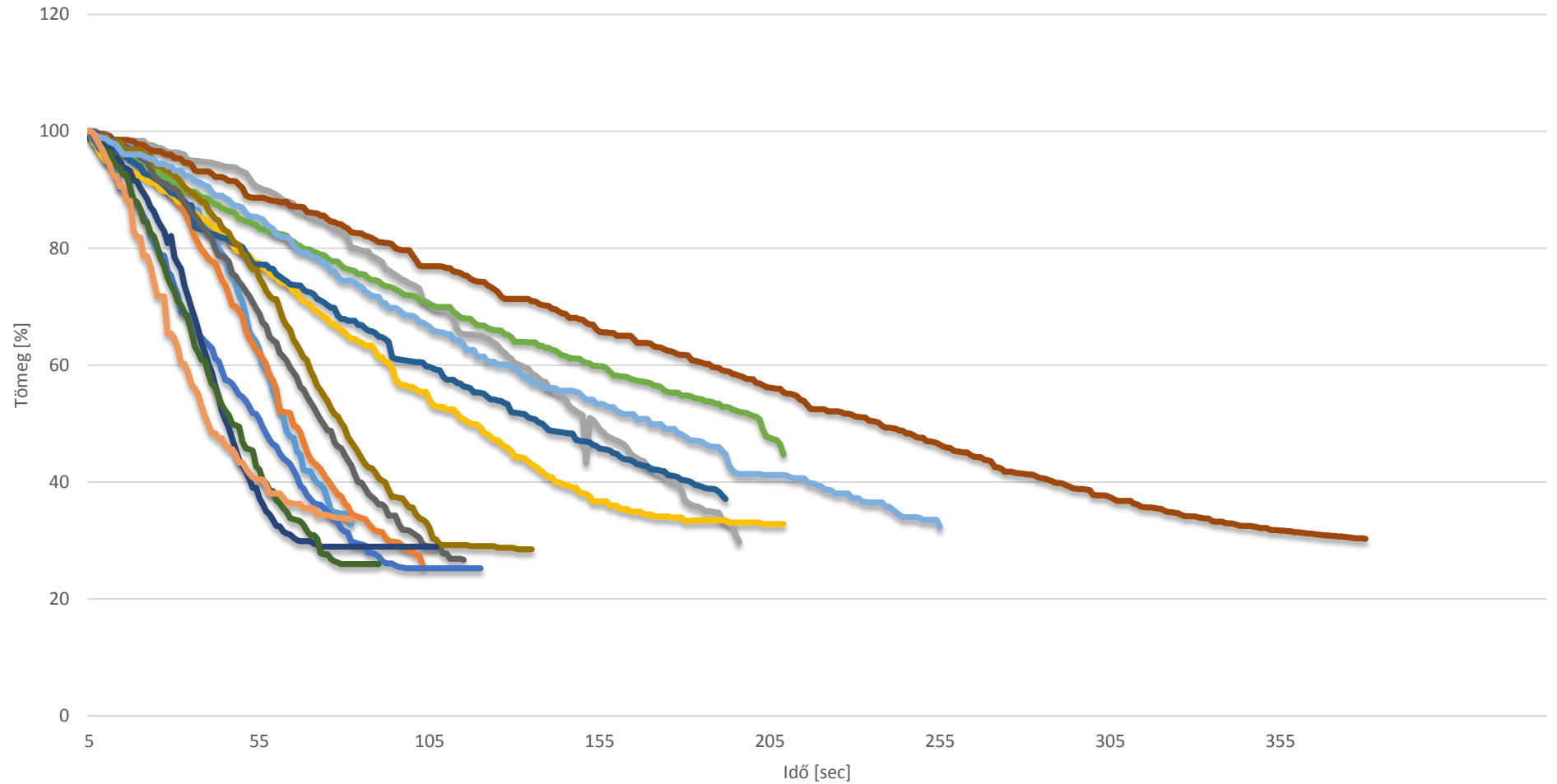
### 300 °C-os mérési sorozat



- |                |               |             |                     |              |
|----------------|---------------|-------------|---------------------|--------------|
| 70-30Kuk.+Rep. | Fűz           | Efű+Fa      | Fa+Papír nagypellet | Nár          |
| Ocsú           | Papírbrickett | Repceszalma | Rep.+Kuk.           | Rep.+Kuk.+Fa |
| Szalmapellet   | Szennyvíz     | Szemét      |                     |              |



### 600 °C-os mérési sorozat



- 70-30 kuk.+rep.
- Efű+Fa
- Fa+papír nagypellet
- Fűz
- Nyár
- Ocsú1
- Ocsú2
- Papírbrickett
- Rep.+Kuk.
- Rep.+Kuk.+Fa
- Repceszalma
- Szalma
- Szemét
- Szennyvíz

A 600 °C-os mérési sorozat már teljesen eltérő eredményeket mutat. Itt már megfigyelhető, hogy az eltérő nedvességtartalomnak nincs akkora hatása a reakciókra, s az alkalmazott tüzelőanyagok anyag- és energetikai jellemzőik szerint elkülönülnek egymástól.

Itt két nagy csoportot lehet megkülönböztetni:

1. csoport: a gyors lefolyású reakciójú anyagok, melyek meredeken csökkenő diagramot mutatnak. Ezt a következő anyagok alkotják:
  - 70/30 kukorica-repce keverék minta
  - repce minta
  - repce- kukorica keverék minta
  - repce-kukorica-fa keverék minta
  - szalma minta
  - energiafű-fa keverék minta
  - szennyvíz minta
  - nyárfa minta
2. csoport: a lassabb lefolyású reakciójú anyagok, melyek jobban elhúzódnak, kevésbé meredek diagramot mutatnak. Ezek a következő minták:
  - Ocsú minta
  - fa-papír keverék minta
  - papír minta
  - kommunális szemét minta
  - fűzfa minta

Az 1. csoportba sorolt minták közül talán egyedül a nyárfa minta az, amelyik jellegénél fogva kiemelhető és eltérő, hiszen a többi minta többségében lágyszárú anyagból készített keverék minta.

#### **A 600 °C –os kezelés után visszamaradó aktív szénminták tulajdonságai:**

- kezelés után az 5-ös és a 11-es minta olvadt meg 1356 °C és 1435 °C-on
- további tizenegy minta deformációja 225 °C (12-es minta) és 1263 °C (10-es minta) között történt meg
- a papírbrikettől eltekintve a nyárfa minta 650 °C-os deformációs hőmérséklete alacsony, a többi minta átlagos deformációs hőmérséklete 1100 °C körül alakult

A részletes jegyzőkönyveket a melléklet tartalmazza.