**Hulladékok termikus kezelése**

Kaszáné Dr. Kiss Magdolna (2013)

Debreceni Egyetem

A hulladékok termikus hasznosítása során a cél az energiatartalom kinyerése olyan körülmények között, amelyek biztosítják a környezet minél kisebb mértékű terhelését. A termikus hasznosításnak többféle módja lehetséges:

* hulladékégetés (tökéletes oxidáció)
* hő bontás (pirolízis = oxigénmentes, ill. oxigénszegény környezetben történő hő bontás; gázosítás = részleges oxidáció)
* plazmatechnika alkalmazása (a szerves anyag plazma állapotban történő teljes oxidatív lebontása)

Ezek közül a leggyakrabban alkalmazott módszer az ***égetés*** (erről a későbbiekben részletesebben szó lesz).

A ***pirolízis*** viszonylag alacsony hőmérsékleten (450-550 oC) megy végbe. Előnyének tekinthető, hogy anyagában és energetikailag is hasznosítható pirolízis gáz és –olaj keletkezik (bár a pirolízis olaj felhasználás komoly emisszióval jár). Jelentős mennyiségű pirolízis koksz is képződik és a salak nehézfém tartalma magas. Leginkább homogén termelési hulladékokat (pl. gumiabroncs, műanyag -, fa- és cellulóz hulladékok) hasznosítanak ilyen módon.

Az ***elgázosítás*** magasabb hőfokon zajlik (850-1700 oC), hátránya, hogy a keletkező gáz kalóriaértéke a földgáznál alacsonyabb és nagyjából csak a hasznosító üzem működéséhez szükséges energiát biztosítja.

Az újabb fejlesztések a hő bontást és a keletkező termékek elégetését kombinálják. A keletkező nagy hőmérsékletű füstgáz energetikai célokra, a szintézisgáz és az üvegszerű salakolvadék vegyipari nyersanyagként hasznosíthatók. Az égetéshez képest a kombinált eljárások jobb környezeti paraméterekkel rendelkeznek.

Az EU által kiadott BAT Referencia Dokumentumban az előbb említett három termikus eljárási módszer szerepel, jellemzőiket az 5. táblázat mutatja.

5. táblázat A pirolízis, gázosítás és az égetés jellemzői (KvVM, 2008)

A ***plazmatechnológia*** még kevéssé ismert és alkalmazott eljárás, de már bizonyított, hogy a szerves ipari hulladékok ártalmatlanítására megfelelő módszer, a magas hőmérsékleten (> 5000 oC) pl. a poliklórozott bifenilek (PCB-k) is elbomlanak. Kevesebb a kibocsátott füstgáz, nagyobb mértékű a térfogatcsökkenés és nagy fémtartalmú szervetlen termelési és veszélyes hulladékok ártalmatlanítására is alkalmas. Kedvező az is, hogy az energia mellett az építőiparban jól használható anyagok (üveg, csempe, kerámia jellegű anyagok) keletkeznek a folyamat során (zoldtech.hu).

**A hulladékok égetése**

A hulladékok szerves anyagai az égetés során oxigén jelenlétében gázokká és vízzé alakulnak át, az éghetetlen szervetlen anyagok pedig a salakban és pernyében halmozódnak fel. A hulladékok – különösen a TSZH (= települési szilárd hulladék) – összetétele erősen változó lehet, ami az égetést nagymértékben megnehezítheti és szükség lehet kiegészítő tüzelésre is. A hulladékégetés során az anyagok mineralizálódnak, jelentős térfogat- és tömegcsökkenés (5-20 térfogat %, 30-40 tömeg % marad vissza) következik be, a felszabaduló hőenergia hasznosítható. A mai, korszerű égetési technológiákkal jó hatásfokú hő hasznosítást lehet elérni. Az eljárás során keletkező szennyezőanyagokról, a füstgáz tisztításáról, valamint a salak és pernye kezeléséről gondoskodni kell.

A hulladékégetőmben a hulladék a mennyiségi és minőségi átvétel után tárolótérbe kerül (TSZH égetésekor 3-5 napi mennyiséget tárolnak a folyamatos üzemeltetés biztosítása érdekében). A minőségi paraméterek közül alapvetően fontos a hulladék anyagi jellemzőinek ismerete: pl. halmazállapot, összetétel, darabosság, fűtőérték, fém/nehézfém tartalom, mérgezőanyag tartalom. A hulladék előkészítés (alapvetően aprítás, homogenizálás) után kerül égetésre. A különböző hulladéktípusok esetében más-más égetési technológia alkalmazható, de alapvetően hasonló műveletekből áll a folyamat (24. ábra).

24. ábra A hulladékégetés általános technológiai sémája (Örvös, 2007)

A minél tökéletesebb égéshez

* elegendő oxigén (150-200 % levegőfelesleg)
* megfelelő tűztér hőmérséklet (min. 800 oC, veszélyes hulladéknál min. 1200 oC)
* a levegő és a keletkező gázok keveredése
* adott időtartam (min. 2-10 s tartózkodási idő) szükséges.

Az égetésre kerülő hulladék fűtőértékének változása miatt póttüzelés kialakítása szükséges olaj- vagy gázégő beépítésével. A tüzelőberendezés első égésterében történő égés az utóégető kamrában még folytatódik. A keletkező forró égési gázok hőenergiájának hasznosítása kazánban, gőz előállítására fordítódik, aminek hatásfoka 75-80%. A kazánból 250-300 oC-ra lehűlve távozik a füstgáz. Ennek energiatartalma már hőveszteségnek számít. A hőhasznosító egységet elhagyó füstgáz tisztítás után kerül a levegőbe.

**Az égetés folyamata és berendezései**

A hulladékégetők típusait a kemencék kialakítása alapján különítik el:

* rostélytüzelésű kemencék
* rostély nélküli (forgódobos) kemencék
* fluid ágyas kemencék

A ***rostélytüzelésű*** berendezések szilárd hulladékok égetésére alkalmasak (a TSZH égetők jellemzően ilyen típusú berendezések), de korlátozottan iszapszerű hulladékok kezelésére is használhatók. A rostélyos kiépítés lényege, hogy az elégetendő anyagot forgassa, lazítsa, és ez által biztosítsa a levegővel való érintkezést, a tökéletesebb égést. A rostélyok kialakítására többféle lehetőség van, az egyik leggyakrabban alkalmazott megoldás az un. hengerrostély (25. ábra).

25. ábra Hengerrostély (Örvös, 2007)

A hulladék 30-90 percet tartózkodik a rostélyon, kiszárad, 100-250 oC-on kigázosodik, 300oC körül meggyullad, 500 oC fölött elgázosodik, végül kb. 1200oC-on a gáz és a szilárd részecskék elégnek. A füstgáz az utóégető tűzteret 800-900 oC körüli hőmérséklettel hagyja el. A viszonylag magas levegőfelesleg (a légfelesleg tényező, λ = 1,6 – 1,9) biztosítása miatt nagy a füstgáz mennyiség és ez megnöveli a tisztítási költséget. A salak, hamu a rostély alatti vizes tárolóba kerül.

A ***rostély nélküli*** tüzelőberendezések hengeres kialakításúak, elsősorban folyékony, iszap és paszta halmazállapotú termelési hulladékok égetésére alkalmasak, azonban szilárd anyag égetésére is megfelelő. Ugyanakkor veszélyes hulladék ártalmatlanítására is használható. Legelterjedtebb típus a *forgódobos kemence*, amelynek hengeres kialakítású tűztere hossztengelye mentén enyhén lejtő pozícióban forog (fordulatszám: 0,2-2 / perc; dőlésszög: 2-4 o). A hulladék 15-70 percet tartózkodik a tűztérben és részben a hengerpalásttal együtt mozog ill. arról visszacsúszik, valamint a lejtés irányába is elmozdul, ami a tökéletes égés szempontjából kedvező. A felszabaduló hő ugyanis a tűzálló falazatot felmelegíti, a dob elfordulásával pedig az elégetendő hulladék alá fordul. Így fokozódik a beadagolt anyag melegedése, kigázosodása, végül kiégetése (26. ábra).

26. ábra A forgódobos kemence hőmérsékleti zónái (a) vízgőz b) éghető anyag c) salak d) salakolvadék e) falazat) (Barótfi, 2000)

A kemence első részében az anyag felmelegedése, kiszáradása történik, a második szakaszban (400 oC felett) a kigázosodás, majd a harmadikban ég el az elkokszosodott szén. Az utolsó szakasz a salak kiégési zónája. A szükséges levegőfelesleg a rostélytüzelésű berendezésekhez képest nagyobb (λ = 2-2,5).

A ***fluidágyas*** kemencében mindenféle halmazállapotú hulladék égethető (aprított szilárd, folyékony, iszap, paszta). A kemence henger alakú, rácsozatán homokréteg helyezkedik el, amit az alulról áramló levegő mozgásban, lebegésben tart. Viszonylag kis hőmérséklet (750-850 oC) és légfelesleg (λ = 1,1-1,3) mellett intenzív és szinte tökéletes égés valósítható meg. Az elégetni kívánt anyag a fluid ágyra esik, vagy a fölött kerül beporlasztásra (27. ábra).

27. ábra Fluid ágyas kemence (1. füstgáz 2. tüzelőanyag/hulladék 3. gőz/víz 4. víz 5. levegő 6. homok 7. égetési maradékanyag 8. rosta 9. homok visszavezetés) (*vki.ejf.hu)*

**Utóégetés**

Az utóégető kamrában fejeződik be az első égéstérben lezajló tökéletlen égés. Gyors reakciók zajlanak, de kevés az oxigén, ezért levegő bejuttatásával (szekunder levegő) kell növelni a mennyiségét, azaz az oxigén:gáz arányt; kevés a még éghető anyagok mennyisége; a nagy hőmérsékletű gázok nehezen keverednek a levegővel. Tehát összességében sokkal rosszabbak az égés körülményei, mint az első tűztérben.

**Hő hasznosítás**

Az égető berendezésből távozó forró (850-1300 oC) füstgázhűtésre kerül. Ha nincs hő hasznosítás, közvetlenül, hideg levegő bejuttatásával vagy víz bepermetezésével oldják meg a hűtést. Hő hasznosításra általában akkor kerül sor, ill. akkor gazdaságos, ha az égető hő teljesítménye eléri a 15-20 GJ/h értéket (Köztisztasági Egyesülés, 2003c). A gőzfejlesztő berendezésekben, kazánokban a hőenergia átadódik a víznek és forró víz vagy gőz keletkezik. A füstgáz a hőcsere következtében 250-350 oC-ra hűl le. Ebben a hőmérsékleti tartományban a savas gázok (SOx, HCl) még nem csapódnak ki, ezért elkerülhető a korrózió veszélye.

**A maradékanyagok kezelése**

**Füstgáztisztítás**

A hulladékégetés legjelentősebb környezeti hatása a füstgázzal távozó szennyezőanyagok kikerülése. A füstgáz összetétel természetesen nagy mértékben függ az elégetett anyag minőségétől és a technológia sajátosságaitól. A TSZH égetésekor keletkező füstgáz átlagos jellemzői a következők:

szilárd anyag 2-5 g/m3

SO2 1000-3000 g/m3

HCl 2000-8000 g/m3

HF 20-100 g/m3

NOx 500-1500 g/m3

CO 500-1000 g/m3

A jellemző szennyező komponensek mellett jelen lehetnek nehézfémek (elsősorban higany, kadmium, ólom, réz, cink, arzén, szelén, nikkel, bárium, króm), valamint szerves szennyezőanyagok (policiklusos aromás vegyületek, dioxinok és furánok). A dioxin szennyezés legfőbb kibocsátója a klórozott szerves vegyületeket tartalmazó hulladékok égetése. A dioxinok leginkább 300-800 oC közötti hőmérsékleten keletkeznek, kibocsátásuk úgy csökkenthető, ha a füstgázt legalább néhány másodpercig 1000 oC fölötti hőmérsékleten tartják, mert ezen a hőmérsékleten lebomlanak. Ugyanakkor a füstgáz szilárd aeroszol részecskéihez is jelentős mértékben kötődnek, ami a hatékony porleválasztás révén távolítható el (Örvös, 2010).

A füstgáz tisztításnál meg kell oldani a szilárd szennyezőanyagok, ill. az azokon adszorbeálódó gáz és gőz halmazállapotú komponensek leválasztását, valamint a folyadékban elnyelődő szennyezőanyagok eltávolítását. Emellett szükség esetén bizonyos anyagok redukcióval történő bontását is meg kell valósítani.

A füstgáztisztítás első lépése a szilárd részecskék eltávolítása, azaz a ***porleválasztás***. Többféle módon történhet: porleválasztó ciklon, elektrosztatikus porleválasztó, szűrő alkalmazásával. A *porleválasztó ciklon* használata a legelterjedtebb, aminek működési elve a centrifugális erő hatásán alapul. A gázt érintőlegesen vezetik a berendezésbe és a szemcsék íves pályán mozogva a ciklon falára jutnak, ahol lefékeződnek és a gravitáció hatására a jellegzetes, fordított kúp alakú alsó részben a ciklon aljára ülepszenek. Ezzel a módszerrel hatékonyan a 10 μm-nél nagyobb méretű részecskék választhatók le. Az *elektrosztatikus porleválasztás* elve, hogy az elektromos térben a szennyező gáz molekulák ionizálódnak és a porszemcsékkel ütközve átadják nekik töltésüket. Ezután a polarizálódott szilárd részecskék a megfelelő elektródán kiválasztódnak. Előnyük, hogy a 0,1 μm-nél kisebb méretű részecskék is leválaszthatók ezzel a módszerrel, azonban a berendezés drága és nagy helyigényű. Legjobb hatásfokot a *porszűrő*kkel lehet elérni. Ezek alkalmasak a 0,1-0,01 μm méretű szemcsék akár 99%-os leválasztására is. Nagy portartalmú gázok esetében a szövetszitákat alkalmazzák, szívó- vagy nyomó üzemmódban.

A füstgáztisztítás második szakasza a ***füstgázmosás***. E folyamat során szilárd (10 μm-nél kisebb méretű), valamint gáz- és gőz szennyezőket lehet eltávolítani. Alapfeltétel, hogy a gáz és a mosófolyadék minél intenzívebben, minél nagyobb felületen érintkezzék. A szilárd részecskék a tehetetlenségi és nehézségi erő hatására, a gázok diffúzió révén kerülnek a mosófolyadékba. Mivel a tisztított gáz folyadékcseppeket is tartalmaz, egy cseppleválasztó beépítése szükséges a mosó után. A füstgázmosás egyik technológiai megoldása a *permetező mosó*, ahol a szétporlasztott folyadékcseppeket (felülről) és a füstgázt (alulról) ellenáramban vezetik a berendezésbe. Másik megoldás a *Venturi mosó*, ahol a füstgáz és a mosófolyadék egy irányba mozog. A gáz bejutása után egy szűk csatornába (torok) kerül, ahová a mosófolyadékot is betáplálják. A szűkebb keresztmetszetben felgyorsuló gázáram cseppekre bontja a folyadékot, ami biztosítja a megfelelő érintkezési felületet (28. ábra).

28. ábra A Venturi mosó működési vázlata (Lábody, 2000)

A folyadékban elnyelődni nem képes szennyezőanyagok leválasztása ***adszorpciós módszer***rel történik. Adszorbensként leggyakrabban aktív szenet, aktivált aluminium-oxidot, szilikagélt vagy zeolitot használnak. Az adszorbeálódott gáz vagy gőz molekula megkötődhet csupán fizikai erők révén, de kémiai kötés is létrejöhet (kémiai adszorpció). Kialakításuk szerint lehetnek nyugvó vagy mozgó ágyas adszorberek, működhetnek folyamatosan vagy szakaszosan (Örvös, 2007).

**A szilárd maradékok (pernye, salak) kezelése**

A nem éghető hulladékrészek salak és pernye formájában maradnak vissza. Ezek környezetszennyező potenciáljuk miatt biztonságos lerakásra kell hogy kerüljenek. A salak a tűztérből általában vizes medencébe esik, ahol megszilárdul. A füstgázból leválasztott pernye az összes égési maradék 5-10 %-a, de egészen más tulajdonságokkal rendelkezik, mint a salak. Nagy gőz-, gáz- és nedvességmegkötő képesség jellemzi, magas lehet a kén, klorid, fluorid és nehézfém tartalma is, ezért lerakási előírása szigorúbb, csak veszélyes hulladéklerakóban lehet elhelyezni. A salak azonban nem csak lerakásra kerül, hanem hasznosítható is. A TSZH égető salakját előkészítés után útépítéshez hasznosítják, egyes alkotókat (pl. üveget, fémeket) pedig ki lehet nyerni és újrahasznosítani.

**Hulladékégetők szennyvizének tisztítása**

A hulladékégetőkben háromféle szennyvíz keletkezik:

* a füstgáztisztítás mosóvize (a legszennyezettebb)
* salakozó hűtő- és mosóvize
* egyéb technológiai vizek (pl. fűtőfelületek tisztítása, kazántápvíz előkészítése)

A szennyvíz kezelésére sokféle technológia áll rendelkezésre, jellemzően semlegesítésből, flokkulálásból, kicsapatásból áll, majd ezt követő ülepítésből, szűrésből. A szennyvízkezelés iszapmaradéka veszélyes hulladékként kezelendő.

**A hulladékégetés előnyei, hátrányai**

Az égetés előnyei:

* az égetéssel keletkező szén-dioxid egyrészt 50-60 %-ban nem fosszilis szén felszabadítását jelenti, azaz nem járul hozzá a klímaváltozáshoz; másrészt mint üvegházhatású gáz, a metánhoz képest kevésbé aktív
* közegészségügyi szempontból is előnyös, hiszen a kórokozók elpusztulnak, és számos szerves szennyezőanyag elveszti biológiai aktivitását
* az égési maradékok általában kis vízoldékonyságúak, így környezeti kockázatuk is kisebb
* az égetőben megtermelt energia hasznosítható, fosszilis tüzelőanyagot vált ki és a mai technológiák mellett biztonságosan, a környezetvédelmi előírások betartásával állítható elő

Az égetés hátrányai:

* másodlagos környezetszennyezéssel jár (légszennyező anyagok, szennyvíz, salak és pernye keletkezik, amelyek kezeléséről gondoskodni kell)
* az égetők építése és üzemeltetése viszonylag nagy költséggel valósítható meg, a bonyolult rendszer meghibásodása, a hulladék előkészítése ugyancsak többletköltséget jelent és társadalmilag sem igazán elfogadott (Bokányi és M. Üveges, 2008)

A hulladékégetést csak abban az esetben kellene alkalmazni, ha más hulladékkezelési technológiákkal összehasonlítva adott körülmények között kedvezőbb. A hulladék égetőmű létesítésekor számos szempontot kell figyelembe venni, ezek közül néhány általánosabb (Köztisztasági Egyesülés, 2003c):

* a költségek miatt elsősorban nagyvárosokban és sűrűn lakott régiókban érdemes létrehozni, a működtetés legalább 80000 – 100000 t/év kapacitás esetén gazdaságos
* fontos a hulladék fűtőértéke, ami jellemzően 6000-6500 kJ/kg érték felett legyen, hogy ne kelljen póttüzelést alkalmazni
* alapfeltétel a keletkező hő hasznosítása, ami leginkább a távhő termelést vagy a villamosenergia és távhő kombinált előállítását jelenti
* törekedni kell az amortizációs költségek csökkentésére
* az üzemelő égetőműnek be kell tartani a szennyezőanyag kibocsátásokat, ezért környezeti szempontból minél jobb füstgáz- és az égési maradékanyag kezelési technológia beépítése kívánatos (pl. szennyvízmentes füstgáztisztítási módszer)

**Hulladékégetés Magyarországon**

A települési szilárd hulladék kb. 10 %-a kerül égetésre (2009-es adat), ami fele az EU-ban jellemző értéknek. Hazánkban egyetlen települési szilárd hulladék égetésére létesített égetőmű létezik, ez a Fővárosi Hulladékhasznosító Mű (29. ábra), amelynek kapacitása 420 000 tonna/év.

29. ábra A Fővárosi Hulladékhasznosító Mű ([www.fkf.hu](http://www.fkf.hu/portal/page/portal/fkf/HUHA))

30. ábra Fővárosi Hulladékhasznosító Mű technológiája ([www.fkf.hu](http://www.fkf.hu/portal/page/portal/fkf/HUHA))

A hulladékégető technológiája (30. ábra) röviden a következő. A beszállított hulladékot a hídmérlegen történő mérés után kiürítik a hulladékbunkerbe. A kemencébe történő beadagolást végző híddaru egyben a hulladék homogenizálását is végzi. Az égéslevegőt a bunkertérből szívják el, ami egyúttal azt is megakadályozza, hogy az ürítéskor keletkező por és a bomlásból eredő gázok a környezetbe jussanak. A hulladék égése hengerekből álló rostélyrendszeren történik, 1000-1100 oC hőmérsékleten. A bunkertérből származó, ~ 140 oC-ra felmelegített levegő, az un. primer levegő a rostélyhengereken keresztül jut az égéstérbe, annak felső részébe pedig még további levegő befúvatás történik (szekunder levegő). Ez utóbbi biztosítja az utóégést, azaz a még éghető anyagok ill. gázok elégetését. A visszamaradó salak – kb. 23 %-a az eredeti tömegnek – vízfürdőbe hullik, ahol lehűl, granulálódik és végül a salakbunkerbe jut. A salakból mágneses módszerrel eltávolítják a vasat (ami újrafelhasználásra kerül), a maradék salakot pedig hulladéklerakón, takaróanyagként helyezik el. A berendezés kialakítása biztosítja, hogy a füstgáz hőmérséklete legalább 2 mp-ig 850 oC fölött legyen és ezzel a dioxinok és furánok mennyisége csökkenjen. A keletkező nitrogén-oxidok redukciójához karbamidot fecskendeznek a tűztér felső részébe. A füstgáz a kazánból 200-220 oC-osan kerül a füstgáztisztító rendszerbe (31. ábra), amely négy egységből áll: (1) kettős ciklon a pernyeleválasztásra, (2) mésztejes abszorber a savas gázok semlegesítésére, (3) aktív lignitkoksz-adagoló rendszer a dioxinok, furánok és a gőz halmazállapotú higany megkötésére, (4) zsákos szűrő a maradék anyagok (pernye, abszorbens, adszorbens, reakciótermékek) leválasztására. A pernye és a füstgáztisztítási maradék külön tárolásra kerül, majd konténerekben elszállításra, kezelésre és ártalmatlanításra.

31. ábra A fővárosi Hulladékhasznosító Mű füstgázkezelése [(szemet361.blogter.hu)](http://szemet361.blogter.hu/191387/a_fovarosi_hulladekhasznosito_mu)

3,5 tonna vegyes települési szilárd hulladék energiatartalma kb. 1 tonna fűtőolajjal egyenértékű (Borda et al., 2009). A hulladék elégetésével megtermelt energia villamosenergia-termelés, illetve távhőszolgáltatás formájában hasznosul. Az égetőmű a főváros kommunális hulladékának 60-65%-át hasznosítja és 120000 lakos éves villamos energia fogyasztását, valamint 200 000 lakos távhő igényét fedezi (www.fkf.hu).

Magyarországon a hulladékok égetőművekben történő felhasználása és a kinyert energia hasznosítása kismértékű. Az energetikai hasznosítás lehetőségeinek újragondolása mindenképpen célszerű lenne, hiszen Magyarország hosszútávon a TSZH 20-25 %-ának termikus hasznosítását vállalta az EU felé. Ennek érdekében legalább 4-5 regionális hulladékégető építése lenne szükséges, ez azonban a közeljövőben nem várható, bár már felvetődött egy újabb budapesti égetőmű létesítésének és egy RDF hulladék tüzelésű erőmű létrehozásnak lehetősége a Dunántúl területén (RDF= refuse derived fuel, azaz hulladékból nyert fűtőanyag). Az égetőművekkel szemben mutatkozó ellenállás és a beruházások nagy költségigénye akadályozza a létesítést, de előbb-utóbb szükségessé válik az energetikai hasznosítási kapacitások bővítése (már csak az ország energiaellátási biztonságának növelése céljából is) (Groniewsky, 2011). Az égetőművek hiányában a termikus hasznosítás fokozása érdekében jobban ki kell használni az un. együttégetési lehetőségeket (cementiparban, acéliparban, szenes és biomassza tüzelésű villamos erőművekben). Szénerőműveknél 5-10 %-os, cementműveknél akár 50 %-os tüzelőanyag kiváltást lehet elérni.

Az EU-ban a hulladékégetés mértéke növekvő tendenciát mutat, mivel a lerakás alternatívájaként tekinthető. Azokban az országokban, ahol a szelektív gyűjtés rendszere jól működik, az égetés nagyobb jelentőséget kap a hulladékgazdálkodásban. A szelektív gyűjtés nagy mértékben befolyásolja a maradék hulladék tulajdonságait, amelyek az égetésre is befolyással lehetnek (6. táblázat).