

# A fatüzelésről körültekintően

**Az energiatakarékosság, a megújuló energiaforrások minél szélesebb körű alkalmazása mindennapi életünk meghatározó részévé vált. Magyarország sajátos földrajzi adottságainak köszönhetően jó feltételekkel rendelkezik a biomassza energetikai célú hasznosításához.**

**A** biomassza energetikai hasznosításának legegyszerűbb módja a fa tüzelése. A fa a legrégebb tüzelőanyag, ennek ellenére a fa újkori, célszerű használatához az eddigi tapasztalatok, ismeretek rendszerezésére, néha a korábbiaknál tudatosabb mérlegelésre van szükség. Nem engedhető meg, hogy a fát ne hatékonyan vagy a környezet követelményeit figyelmen kívül használjuk.

## A fatüzelés alapösszefüggései

A fa energetikai hasznosításánál a legfontosabb jellemző a fa égéshője. A fa égéshőjében meghatározó, hogy a fotoszintézis során létrejövő szerves anyag 40-45%-a karbon, és ennek megfelelően a fa égéshője 18 MJ/kg. A különböző fafajokban a karbonon kívül még kismértékben található cellulóz (4,8 kWh/kg = 17,28 MJ/kg), lignin (7,5 kWh/kg = 27 MJ/kg), poliszacharidok (4,5 kWh/kg = 16,2 MJ/kg) és gyanták, viaszok (10 kWh/kg = 36 MJ/kg).

A fa fűtőértékét az éghető komponenseken kívül a nedvességtartalom befolyásolja. Általában elmondható, hogy 10% felett minden 10% nedvességtartalom kb. 9% fűtőérték-csökkenést okoz. A légszáraz állapot kb. 15-20% nedvességtartalmat jelent.

*A légszáraz állapotú fára jellemző fűtőértékek:*

- keményfa 4,2 kWh/kg = 15,2 MJ/kg,
- fenyőfa 4,4 kWh/kg = 15,8 MJ/kg,
- kéreg 4,1 kWh/kg = 15 MJ/kg,
- búzaszalma 4,0 kWh/kg = 14,8 MJ/kg.

A légszáraz fa kis (0,5...0,7 Wh/kg) fajhőjének köszönhető, hogy már kevés hő közlése is elegendő a mintegy 230 °C gyulladási hőmérséklet túllépésére. A fa gyulladási hőmérséklete 500 °C.

A fa különféle összetevőinek nemcsak a fűtőértéke eltérő, égési tulajdonságok is különböznek.

A fa égésénél a fűtőértékből a hasznosítható hőenergiát az égés során szükséges, illetve megvalósított légfelesleg határozza meg. A fa tüzeléséhez (természetesen a tüzelőanyag formától és a tüzelőberendezéstől függően eltérően) a légfelesleg-tényezők:

- begyújtási fázisban 2,5-7,
- égési főfázisban 1,5-2,5,
- leéges fázisban 2,5-5.

A nagy légfelesleg-tényező egyúttal azt is jelenti, hogy a hatásfok értéke kb. 65-85% körül, és ezzel a hasznosítás főbb paraméterei is becsülhetők. Lakások fűtése esetén a tüzelőanyag mennyisége az előző adatok alapján számolható. A jobb érzékelhetőség érdekében fűtött alapterület egységre vonatkozó éves famennyiséget határozzuk meg.

A tüzelőanyag mennyiségét a fűtendő létesítmény éves hőszükséglete és a tüzelőanyag fűtőértéke alapján lehet meghatározni:

$$Q_{\text{évi}} = C_1 G_{\text{évi}} \frac{Q_{\text{kazán}}}{t_b - t_{\text{km}}} \quad \text{MJ/év} \quad (1)$$

ebből az éves tüzelőanyag-mennyiség:

$$m_{\text{évi}} = \frac{Q_{\text{évi}}}{H_a \cdot \eta_{\text{át}}} \quad (2)$$

ahol:

$H_a$  a tüzelőanyag fűtőértéke (kJ/kg),

$\eta_{\text{át}}$  átlagos hatásfok.

Két hazai jellemző épülethőszigetelés-érték esetén a fontosabb tüzelőanyaggal kapcsolatos átlagos számadatok:

**1. az épület fajlagos fűtési teljesítményigénye 80-150 W/m<sup>2</sup>**

- éves fűtési energiaszükséglet: 60-80 kWh/m<sup>2</sup>,év,
- éves hozam energiaerdőknél: 5m<sup>3</sup>/ha,év, 12,5-14 kWh/ha,
- éves famennyiség: 14-18 kg/m<sup>2</sup>,év,
- max. teljesítményhez tartozó tüzelőanyag: 0,02-0,03 kg/m<sup>2</sup>,h.

**2. az épület fajlagos fűtési teljesítményigénye 150-180 W/m<sup>2</sup>**

- átlagos hatásfok: 60-65%,
- éves fűtési energiaszükséglet: 120-150 kWh/m<sup>2</sup>, év,
- éves szükséges famennyiség: 46-60 kg/m<sup>2</sup>, év.

A számadatokból jól érzékelhető: nem mindegy, hogy milyen hőszigetelésű épületről/lakásról van szó. Egy jobb hőszigetelésű kb. 100 m<sup>2</sup> fűtött alapterületű háznál 14-18 q fa elegendő évente, míg egy rosszabb hőszigetelésű, azonos méretű háznál 46-60 q fára van szükség évente.

## A fa mint tüzelőanyag

Az erdőszetben a megtermesztett faanyag vágáslap alatti és vágáslap feletti részét különböztetik meg. A vágáslap alatti rész a tuskó és gyökérzet, amely a klasszikus erdőgazdálkodás során vagy a sarjztatásban hasznosul, vagy évek során lebomlik, de mennyiségével nem számolnak, hiszen kiszedése igen energiaigényes, és előkészítése az energiatermeléshez szakmai, technológiai szempontból komplikált feladat, valamint igen költséges tevékenység.

Egy esetben számolhatunk a tuskók felhasználásával, ha a korábbi állomány végvágása utáni felújítás teljes talajelőkészítéssel, vagy teljes talajelőkészítéssel és fafajcserével történik. Ekkor ugyanis a tuskókiemeléssel jelentős mennyiségű faanyaghoz juthatunk, melynek költségei az erdőfelújítást terhelik.

*A föld feletti farész a teljesfa, melyből jelenleg*

- ipari felhasználásra szánt választékokat és
  - tűzfát
- termelnek, miközben a vékony gally, a kéreg, valamint a felkészítés során keletkező eselékeket apadékként számolják el.

Az eddigiekből következik, hogy az erdőgazdálkodásban és a fafeldolgozásban tulajdonképpen hulladékok nincsenek, csak olyan farészek, melyek az adott időszakban gazdaságosan nem gyűjthetők össze, illetve nincs gazdaságos felhasználási lehetőségük.

*A fatermés a különböző termőhelyi osztályokban eltérő:*

- a jó termőképességű erdők átlagosan 370 m<sup>3</sup>/ha,
- a közepes termőképességűek 235 m<sup>3</sup>/ha,
- a gyenge termőképességűek 120 m<sup>3</sup>/ha élőfakészlettel vehető számításba.

A magyar állományszerkezetet figyelembe véve az erdők éves hozama átlagosan 5 m<sup>3</sup>/ha/év értékre tehető.

*A fabázisú energiahordozók a felhasználónál*

- hagyományos tűzifa,
- darabolt és hasított kandallófa,
- faapríték,
- fabrikett és
- fapellet formájában jelenhetnek meg (1. ábra).



1. ábra. Fatüzelőanyag-formák (pellet, apríték, hasábfa)

## A fa előkészítése tüzelésre

A felhasználás szándéka és a különböző technikai lehetőségek kedvező tüzeléstechnikai adottságai miatt a fát tüzelésre általában elő kell készíteni.

Száritás közben a fa alig veszít térfogatából (legfeljebb 10%-ot), annál inkább víztartalmából (legfeljebb 40%-ot). Ha fával szeretnénk fűteni, létesítsünk magunknak rakodóteret, ahol évi tűzifaszükségletünknek legalább másfélszerese elfér. Csak ekkor lehet mindig elegendő száraz fánk. Ezer liter fűtőolaj helyettesítésére 5 ürméter lombos fa kell. Ennek másfélszerese 7,5 ürméter. Ezer liter fűtőolaj helyettesítésére tehát legalább 8 m<sup>3</sup>-es rakodótér fogatra van szükségünk.

A frissen kitermelt „zöld” (élőnedves) fa tömegének a felét víz adhatja. Az egy éven át jó szellős helyen tárolt és teljesen száraznak látszó tűzifa még mindig 15–20% vizet tartalmaz, ekkor „légszáraznak” nevezzük. Száraz nyári napok után a víztartalom 15% körüli lehet, ködösen nedves őszi napokon a nedvességtartalom ismét nő, és meghaladhatja a 20%-ot. A fa ugyanis a környező levegővel kicseréli a nedvességet: (gyengén) higroszkópos, a levegő természetes páratartalmának megfelelően 15–20%-os fanedvesség közötti „nedvességi egyensúlyra” áll be.

Nedves fával drágán tüzelünk. A frissen kitermelt, „zöld” fában vagy a helytelenül tárolt fában túl sok a víz, ezért saját érdekünkben soha ne tüzeljünk ilyenekkel. A tűzifában levő víz ugyanis sokba kerül. A fa csak akkor ég el, ha a vizet előbb kifőzzük” belőle. Ez hővesztéssel jár, a vizet ugyanis előbb

forráspontig kell hevíteni, majd el kell párologtatni, végül a gózt is tovább kell hevíteni. Minden liter víz ezért mintegy 700 Wh energiát emészt fel, ez a vízgőzzel együtt a kéményen át távozik.

A víztartalom azonban nemcsak a fűtőértéket csökkenti, hanem az égéskamra hőmérsékletét is. Kisebb hőmérsékleten az égési folyamat már többnyire nem tökéletes, a fa néhány összetevője nem ég el. El nem égett fagázok távoznak a kéményből, vagy csapódnak le kátrány és korom formájában a füstgázcsappantyún és a kéményben. Energiában gazdag farészek nem égnék el, ezáltal további faenergia megy veszendőbe.

Az el nem égett kátrány és korom beszenyvezi a füstcsatornákat és a kéményt, „szigeteli” a hőleadó fűtőfelületet, megakadályozva a teljes hőleadást. Ez már a harmadik hővesztésforrás, amely a túl nedves fa eltüzeléséből ered. Az el nem égett korom és a fagáz el nem égett részei környezetünk levegőjét szennyezik.

A friss, nedves fa rosszul ég, és terheli a környezetet. Csak szárítással válik a faanyag értékes tűzifává.

## Pellet, brikett

A mezőgazdasági és erdészeti melléktermékek eltüzeléséhez hagyományos tüzelőberendezésben az egyik lehetőség az anyag tömörítése. Ezt a gyakorlatban brikettálásnak vagy pelletálásnak nevezik.

- Brikettnek nevezzük – az ismert prések adottságaiból kiindulva – az Ø50 mm vagy ennél nagyobb kör, négyszög, sokszög vagy egyéb profilú tömörítvényeket, melyeket mező- és erdőgazdasági melléktermékekből állítanak elő. Brikettet dugattyús és csigás préseken gyártanak.
- Pellet elnevezést kapott a körcellás, görgős préseken készített Ø3–25 mm-es tömörítvény, melyet a takarmányliszt-üzemek létesítése tett széles körben ismertté. A tüzelésre szánt nagyobb tömörségű Ø10–25 mm-es pelletnek (tűzipellet) megnevezést adták. Ez ma már szabványosított termék.

A tüzelési célra alkalmas biobrikett vagy tűzipellet legfőbb jellemzője a nagy sűrűség, tömörség (1–1,3 g/cm<sup>3</sup>), melyet 800 bar-nál (800 kg/cm<sup>2</sup>-nél) nagyobb nyomással lehet elérni. A melléktermékekből a biobrikettet, ill. pelletet rendszerint kötőanyag nélkül készítik.

A különböző melléktermékek nedvességtartalma és tömöríthetősége igen változó, de az előállítás során a végtermék, a biobrikett vagy tűzipellet 1–1,3 g/cm<sup>3</sup> tömörségű, és nedvességtartalma legfeljebb 10–12% lesz. A tömörségen kívül az alacsony nedvességtartalom az, mely igen kedvező tüzeléstechnikai tulajdonságokat ad a brikettált és pelletált mellékterméknek.

## A fa tüzelése

Minél nagyobb a fadarab térfogathoz viszonyított felülete, annál könnyebben gyullad meg. Ezért a vékonyra hasított gyűjtős vagy a rözse különösen alkalmasak begyűjtásra. A sűrűbb és több ásványi anyagot tartalmazó fa – mint pl. a tölgy gesztfája – lassabban gyullad meg. Ennek oka valószínűleg az, hogy az ilyen fa hővezető képessége nagyobb, ezért a hő kevésbé halmozódik fel a gyűjtőlánggal érintkező felületen. A sűrű és ásványi anyagokban gazdag faanyag felülete ezért éri el lassabban

a gyulladáshoz szükséges hőmérsékletet. A farost irányában az átlagos hővezetési együttható kétszer akkora (0,27 Wh/mh, °C), mint a reá merőleges irányban (0,13 Wh/mh, °C).

Bár a fa szilárd tüzelőanyag, meggyújtva mégis túlnyomórészt fagázként ég el. Éghető összetevőinek tömeg szerinti kéreken 83%-a ég el gáz alakban. A fűtőanyagok közül a fa ezért a szalma mellett a gázokban leggazdagabb tüzelőanyagnak számít. Ez a gázalakban elégtő adja a fa fűtőértékének 70%-át. Ezzel ellentétben a kőszén éghető anyagainak nem egészen 10%-a ég el gáz alakban. Ebből következik, hogy a jó fatüzelő berendezéseknek más műszaki tulajdonságokkal kell rendelkeznie, mint a széntüzelőknek. Fagáz nélkül a nyitott fatűznek nem lennének hosszú lángjai és meleget sugárzó színei.

Mivel a fa túlnyomórészt a fagáz nagy lángjaival ég el, jó elégéshez nagy égésterre van szüksége. A gázláng köré felhevített, oxigénben gazdag friss többletlevegőt is kell juttatni. Erre az előmelegített „másodlagos” (szekunder) levegőre azért van szükség, mert a képződött, energiában gazdag fagáz csak így ég el maradéktalanul.

A fa a természetben nőtt heterogén anyag. Ezért a fatüzelés fejlődési szakaszai nem írhatók le egész pontosan. A fadarabról fadarabra változó összetételű anyagok és égési tényezők a folyamatok áttekinthetetlen keverékére vezetnek. Ehhez járul még az is, hogy az égő fadarabban az egyes égési fokozatok időnként közösen lépnek fel. A növekvő hőmérséklet és maguk az égési folyamatok is fokozatosan nyomulnak a fa felszínétől befelé.

**A fa elégésének fokozatai**

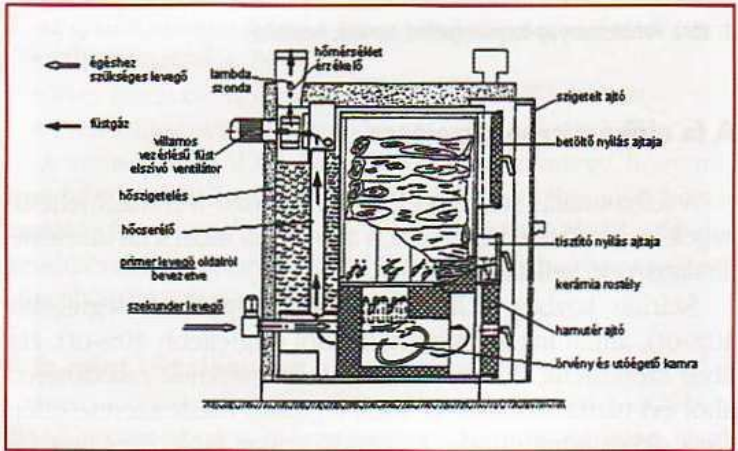
- A maradék nedvesség kiszáritása: a légszáraz fában visszamaradt nedvesség még mindig a tömeg 15...20%-a. Ez a nedvesség csak 100 °C körüli hőmérsékleten távozik a fából.
- A bomlás kezdete: a fa összetevői nagyjából egy időben kezdenek folyékonnyá válni; molekuláik hasadni és párologni kezdenek, 100...200 °C-on a képződő gázok a fát még nagyon lassan hagyják el.
- Fagáz keletkezik: a legkorábban képződő fagázok a gyújtópapír lángjától gyulladnak meg, de ha a gyújtólángot elvennénk, maguktól már nem égnének tovább. Mintegy 225 °C-ig kell a fával hőenergiát közölni, hogy az égési folyamat folytatódjék. Eddig a hőmérsékletig tehát endoterm reakció megy végbe.
- Hőenergia szabadul fel: 260 °C-tól a fatűzben végbemenő átalakulás (pirolízis) során hőtöbblet keletkezik, a reakció már exoterm. Mivel a gyorsan bomló fadarab közelében oxigénhiány van, a képződő fagázok gyakran jóval odébb lobbannak lángra, ott, ahol már elegendő oxigéntartalmú levegővel keverednek. Mintegy 1000 °C lánghőmérséklet kell ahhoz, hogy a fagáz reakcióképes összetevőire - szénre és hidrogénre - tökéletesen felbomoljon és oxidálódjék.
- A fában lévő fűtőenergiát csak akkor hasznosíthatjuk maradéktalanul, ha a fagáz oxigénnel keveredve magas hőmérsékleten éghet el. Már csak ekkor nem szállnak tökéletlenül hasadt szénhidrogén-(oxigén)-vegyületek a kéményen át a tiszta levegőbe. A fagázok tökéletes elégésekor szén-dioxid (CO<sub>2</sub>) és víz (H<sub>2</sub>O) keletkezik, mindkettő természetes, a környezetet nem szennyező anyag.

- A faszén elég: hő hatására a fa szénhidrogén-vegyületeinek hidrogéntartalmú összetevői lehasadnak, és gáz formájában elégnek. A gyorsan távozó fagáz miatt nem jut elegendő oxigén a fadarab felületére, ezért ez egyre inkább faszénné alakul át. A gázok eltávózása után a faszén 500...800 °C hőmérsékleten elizzik. A tiszta faszén ugyanis jóformán láng nélkül ég el, ezért a faszén kandallóba nem való.

A fa vékonyra hasítása többletmunka, de mivel a kisebb fadarabok egyenletesebben égnék el, együttes elégésük folyamata is jobb, a tűz könnyebben szabályozható.

**Fatüzelésű berendezések**

A tűzifa vagy hasábfá eltüzelésére hagyományos berendezések is alkalmasak, de ma már általában egyedi vagy kis teljesítményű központi fűtésekhez kifejezetten a tűzifa eltüzelésére kialakított kazánokat alkalmaznak (2. ábra). A tüztéri kialakítás az utóbbi években megváltozott elsősorban a használat kényelme, szabályozhatósága és a környezetvédelem követelményei miatt. Ma már egy fatüzelésű kazán tüztérét, ill. a beadagolás lehetőségét úgy oldják meg, hogy lehetőleg napjában csak egy alkalommal kelljen a kazánba tüzelőanyagot berakni, a tüzelést pedig a levegőbevezetés szabályozásával a mindenkori hőelvételhez igazítani. Gyakran a füstgázelvezésnél ún. lambda-szondát építenek be az emissziós értékek és a hatásfok javítása érdekében.



2. ábra. Hasábfatüzelő vázlat

A fatüzelésű berendezésekben a tűzifa helyett ún. biobrikettet is lehet használni. A biobrikett gyártása és alkalmazása azonban energiaigényes, és csak azokból az anyagokból érdemes brikettet készíteni, melyek más módon nem égethetők el.

**DR. BARÓTFI ISTVÁN**  
intézetigazgató, egyetemi tanár  
(Szent István Egyetem)

