

# „TERMELJÜNK EGYÜTT A TERMÉSZETTEL! – AZ AGRÁRERDÉSZET, MINT ÚJ KITÖRÉSI LEHETŐSÉG”

Projektzáró tanulmánykötet



Az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 sz. projekt műhelytanulmányai

**„TERMELJÜNK EGYÜTT A TERMÉSZETTEL! –  
AZ AGRÁRERDÉSZET, MINT ÚJ KITÖRÉSI LEHETŐSÉG”**

**PROJEKTZÁRÓ TANULMÁNYKÖTET**

Lektorált tudományos kiadvány

Szerkesztő: Rétfalvi Tamás



Soproni Egyetem Kiadó

**Sopron, 2021**

**Soproni Egyetem**  
**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus**  
(közreműködő partner)

**Felelős kiadó: Prof. Dr. Fábián Attila**  
**A Soproni Egyetem rektora**

**Szerkesztette:**  
**Dr. Rétfalvi Tamás**

**Lektorálta:**  
**Prof. Dr. Németh Róbert, Dr. Báder Mátyás, Dr. Rétfalvi Tamás (I. fejezet)**  
**Prof. Dr. Gribovszki Zoltán, Horváth Zoltán (II. fejezet)**  
**Dr. Rétfalvi-Szabó Piroska (III. fejezet)**  
**Dr. Gálos Borbála, Dr. Csukás Béla (IV. fejezet)**  
**Dr. Heil Bálint, Dr. Vityi Andrea (V. fejezet)**  
**Dr. Csonka Arnold (VI. fejezet)**

**ISBN 978-963-334-373-9 (online)**

**A tanulmánykötet az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 azonosítószámú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” c. projekt támogatásával jelent meg.**

# FAALAPÚ ÉS KONKURENS TERMÉKEK ÉLETCIKLUS-ÉRTÉKELÉSE – 3. RÉSZ

FOGARASSY RÓBERT-ZSOLT, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

## Eredmények és értékelés

Az egyszerű nagyméretű épületek meghatározása, behatárolása szerint ebben az esetben két, három emeletes épületet vizsgálunk. Mindkét épület 9750 m<sup>2</sup>-es alapterületet fed le (1. táblázat):

- 1. épület felépítése: 1000 tonna fa, 60 tonna acél
- 2. épület felépítése: csak acél.

*1. táblázat A két háromemeletes épület energiaigénye*

Beépített anyag	Anyagmennyiség [Tonna]	Befektetett energia [GJ]	Visszanyert energia [GJ]	Energiakülönbség [GJ]
		<i>1-es épület</i>		
Fa	1000	5100	13600	
Acél	60	360	0	-8150
		<i>2-es épület</i>		
Acél	2800	17000	0	+17000

A 2-es épület elkészítése sokkal több energiát vett igénybe. Az 1-es épületbe pedig ugyanakkor 1000 tonna fa van beépítve, amit fűtőanyagként fel tudunk használni a termék életciklusának a végén. Feltételezve, hasonlóan a korábbi példához, hogy szerkezeti fa égetésekor 16 MJ/kg energiamennyiséget kapunk, amit 85% hatékonysággal tudunk felhasználni, összesen 13 600 GJ energiát tudunk kinyerni. Ez több, mint kétszerese a befektetett energiának. Ebből tehát következtetni tudunk, hogy az életciklusa végén, az épület nem csak CO<sub>2</sub> semlegesnek minősíthető, hanem jelentős mennyiségű fosszilis üzemanyagot tud helyettesíteni, ezáltal tovább csökkentve az atmoszférában jelenlevő CO<sub>2</sub> mennyiségét. Az 1-es épületbe beépített faanyag nettó 8 150 GJ energiát tudna generálni, vagyis ennyi energiának megfelelő fosszilis üzemanyagot tudna helyettesíteni.

Az egyszerű nagyméretű épületek életciklus hatáselemzése: az eredményeket két esetben fogjuk vizsgálni:

- A eset: a beépített faanyagot hulladéknak tekintjük (2. táblázat)
- B eset: a beépített faanyagot elégetjük, energiát nyerve (3. táblázat).

**2. táblázat** A eset – Épületek életciklus hatáselemzése faanyag elégetése nélkül

Hatás	Mértékegység	1-es épület	2-es épület
GWP100	kg CO <sub>2</sub>	1 096 000	3 410 000
AP	kg SO <sub>2</sub>	2 445	7 613
EP	kg SO <sub>4</sub>	208	648
POCP	kg Etén	63	196

Az 1-es épület kivitelezése 5460 GJ energiát vett igénybe, a 2-es épületé pedig 17000 GJ-t. Annak ellenére, hogy 3-szor kevesebb energiát vesz igénybe az acélból készült épület kivitelezése, a potenciális környezeti károkat tekintve, az 1-es épület 3-szor kevésbé kártékonyabb. Nem elég csak a befektetett energiát figyelembe vennünk.

**3. táblázat** B eset – Épületek életciklus hatáselemzése faanyag elégetését beleszámítva

Hatás	Mértékegység	1-es épület	2-es épület
GWP100	kg CO <sub>2</sub>	1 096 000	3 410 000
AP	kg SO <sub>2</sub>	2 445	7 613
EP	kg SO <sub>4</sub>	208	648
POCP	kg Etén	63	196

Ablakkeretek Életciklus értékelése: ebben az esetben, a vizsgált termékek alapanyagai alumínium, PVC és fa. Az egyszerűség kedvéért feltételezzük, hogy az üvegezés mindhárom esetben azonos, így tehát nem fogják az eredményeket befolyásolni. Az ablakok két szárnyúak, méreteik 1650 x 1300 mm. A vizsgált ciklusfázisok: alapanyag beszerzés, megmunkálás, üvegezés, ablak beszerelése, használat, ablak leszerelése és megsemmisítése. Az alumínium és PVC ablakok esetében a keretek újra lesznek hasznosítva, a fakeretek pedig az előzőekhez hasonlóan el lesznek égetve, fűtőenergiát eredményezve. A három alapanyag összehasonlítása a 4. táblázatban látható.

**4. táblázat** Ablakkeretek nettó tömege és U értékek

Keret	Nettó tömeg [kg]	U-érték [W/m <sup>2</sup> K]
<b>Alumínium</b>	31,65	1.9
<b>PVC</b>	43.73	1.5
<b>Fa</b>	26.43	1.5

Befektetett energia, használt anyagok: Richter és tsai. (1996) alapján 28,5 kg alumínium; 26 kg PVC és 20,7 kg faanyag volt szükséges a keretek gyártásához. További információ a használt anyagokat illetően az 5–7. táblázatokban találhatóak.

**5. táblázat** Alumínium ablakkeret gyártásához használt anyagok

Alapanyagok	Szállítási távolság [km]	Alapanyag mennyiség [kg/keret]		
		Ablakkeret	Anyagfelesleg	Összesen
Alumínium profil	150	27,54	1,15	28,69
Alumínium ívek	180	0,65	0,03	0,68
Üvegrost	600	4,88	0	4,88
EPDM Gumi	600	2,84	0	2,84
Alumínium öntvény	600	0,33	0	0,33
Rozsdamentes acél	600	0,38	0	0,38
Galvanizált acél	600	0,22	0	0,22
Bronz	600	0,04	0	0,04
Fröccsöntött cink	600	2,18	0	2,18
Polietilén	100	0,14	0	0,14
Izopropanol	100	0	0,02	0,02
Epoxy gyanta	100	0,07	0	0,07
PES	100	0,38	0	0,38

**6. táblázat** PVC ablakkeret gyártásához használt anyagok

Alapanyagok	Szállítási távolság [km]	Alapanyag mennyiség [kg/keret]		
		Ablakkeret	Anyagfelesleg	Összesen
PVC profil	600	25,57	1,98	27,55
Galvanizált acél	500	14,53	0,06	14,59
Alumínium profil	100	0,42	0,01	0,43
EPDM Gumi	200	0,75	0,03	0,78
PVC-NBR	600	0,45	0,05	0,50
Rozsdamentes acél	700	1,58	0,06	1,64
Fröccsöntött cink	700	0,14	0	0,14
Acél csavarok	700	0,05	0	0,05
Poliamid	700	0,01	0	0,01
Polipropilén	100	0,06	0	0,06
EPS	100	0,05	0	0,05
Acél csavarok	100	0,08	0	0,08
Gumírozási ragasztó	100	0,005	0	0,005
PVC kötőanyag	100	0,01	0	0,01
POM	100	0,01	0	0,01
Poliészter por	100	0,01	0	0,01

7. táblázat Fa ablakkeret gyártásához használt anyagok

Alapanyagok	Alapanyag mennyiség [kg/keret]			
	Szállítási távolság [km]	Ablakkeret	Anyagfelesleg	Összesen
Lucfenyő gerenda	350	19,72	17,14	36,84
Alumínium profil	100	1,25	0,03	1,28
EPDM Gumi	200	0,90	0,05	0,95
Szilikon	100	0,32	0,36	0,04
Acél ív	700	1,56	1,64	0,08
Fröccsöntött cink	700	0,12	0	0,12
Acél csavarok	700	0,05	0	0,05
Poliamid	100	0,01	0	0,01
PVAc ragasztó	700	0,13	0	0,13
Lucfa lécek	100	0,80	0,08	0,88
Bükkfa	100	0,11	0	0,11
Polietilén	100	0,005	0	0,005
Poliamid	100	0,005	0	0,005
Acilát szedőlapát	100	0,005	0	0,005
Töltőanyag	1000	0,44	0	0,44
Lakk	1000	0,99	0,50	1,49
Poliészter por	100	0,04	0	0,04

Életciklus értékelése: a 8. táblázat tartalmazza a különböző anyagokból készült keretek hatásanalízisének eredményeit. Minden kategóriában a fából készült keretek bizonyultak a legkevésbé kártékonyak. A faanyagfelesleget továbbá fellehet használni fosszilis üzemanyag helyett, így tovább csökkentve a nettó hatást.

8. táblázat Ablakkeretek életciklus hatáselemzése faanyag elégetését nem beleszámítva.

Rövidítések: GWP: Globális Felmelegedési Potenciál; AP: Savasodási Potenciál; EP: Eutrofizációs Potenciál; POCP: Fotokémiai Ózonképző Potenciál

Hatás	Mértékegység	PVC	Alumínium	Fa
GWP100	kg CO <sub>2</sub>	997	1090	906
AP	kg SO <sub>2</sub>	4,64	5,09	2,15
EP	kg SO <sub>4</sub>	0,31	0,29	0,20
POCP	kg Etén	2,71	2,33	1,64

Amint az eredmények is alátámasztják, a fakeretes ablak savasodási potenciáljának értéke kevesebb mint fele a PVC és alumíniuméhoz képest. Az eutrofizációs potenciál és a fotokémiai ózonképző potenciál 30%-kal kevesebb.

Az LCA során kapott adatok segítségével összehasonlíthatjuk a faanyagot vetélytársaival. A vizsgált használati területek a családi házak, egyszerű magas épületek és ablakkeretek voltak. A kapott eredmények egy általános rátekintést biztosítanak az alapanyagok és termékek ökológiai hatásaira.

A hatáskategóriák a *GWP*, *EP*, *AP* és *POCP*. További fontos szempontok az emberekre gyakorolt toxicitás mértéke és az alapanyagok elérhetősége, illetve megújulási képességük. A tanulmányban használt adatok és eredmények más intézmények által végrehajtott kísérletek, *LCI/LCA* tanulmányok és mérések eredményei.

A fa, mint alapanyag a megújuló alapanyagok közé sorolható. A megújulás elmélete alapján, lehetséges egy olyan állapotot elérni, ahol a faanyagot biomasszaként tudjuk használni és ugyanakkor biztosítani tudjuk e fontos alapanyag állandó elérhetőségét. Ez fosszilis anyagokkal nem lehetséges. A létező anyagok/üzemanyagok és elérhetőség alapján a 9. táblázat kategóriáiba sorolhatóak be.

**9. táblázat Alapanyag-elérhetőség osztályozási szempontjai**

<b>Kategória</b>	<b>Elérhetőség</b>
Kritikus	Kevesebb mint 50 évre
Kedvezőtlen	További 150 évre
Kedvező	Állandóan elérhető
A legkedvezőbb	Megújuló

Bizonyos szerves anyagok esetében – például PVC – léteznek hatékony újrahasznosítási technológiák. Amennyiben a használt technológia ökológiailag semleges, ezeket a szerves anyagokat is környezetkímélő alternatívaként lehet ajánlani. Amennyiben a fenti feltételek teljesítése nem lehetséges, érdemes faalapú termékeket/megoldásokat keresni. Ezek hosszútávon a természetre – ezáltal az egészségünkre – és költségek szempontjából is hatékonyabbnak bizonyulhatnak.

A családi házak és más jellegű épületek Életciklus értékelése során igazoltuk, hogy a faanyag elégetése jelentős mennyiségű energiát tud generálni. Ekkora mennyiségű energiának megfelelő fosszilis üzemanyagot tudunk „megspórolni”. Ugyanez igaz más faalapú, vagy faanyagtartalmú termékekre is. A faalapú termékek szén-ciklusa a következőképpen írható le: a faanyag életciklusának végén, a széndioxid – melyet a fa magába zárt fotoszintézis során – biológiai lebomlás, vagy égetés formájában vízzel együtt felszabadulnak és visszajutnak az atmoszférába. Ez tehát egy CO<sub>2</sub> semleges zárt kört fog leírni. A fotoszintézis során összegyűjtött energia (kb. 19 MJ/kg száraz faanyag) égetés folyamán felszabadítjuk. Így tehát, valamilyen szinten, az égetett fából kinyert energiát szoláris energiának is tekinthetjük.

A családi házak és egyszerű nagy épületek Életciklus értékeléséhez két esetet vizsgáltunk meg:

- A eset: a beépített faanyagot elégetjük az életciklus végső fázisaként
- B eset: a beépített faanyagot eldobjuk az életciklusa végén.

Az eredményekből arra tudunk következtetni, hogy

- Mindkét esetben kevesebb fosszilis üzemanyagra van szükségünk a kivitelezéshez
- Minél több a használt faanyagunk, annál több energiát tudunk kinyerni, amely helyettesíteni tud egy bizonyos mennyiségű fosszilis üzemanyagot.

Ugyanez elmondható bármilyen faalapú vagy faanyagot tartalmazó termékre.

A fából készült keretek nem csak a legkevesbé kártékonyak, amint ezt a vizsgálati eredmények is bizonyították, de a tömegük is a legkisebb. Emellett a PVC és Fából készült ablakok K értékei jobbák voltak, mint az alumíniumé. A fakeretes ablakok esetében volt a legnagyobb a *GWP*. Ennek a jelenségnek a magyarázata a gyakori kezeléseikben rejlik. Mivel legalább 10 évente az ablakokat újra kell kenni, a használt anyagok miatt a *GWP* is megnő. Ugyanakkor a fakeretek



voltak az egyetlenek, amelynél a nettó *GWP* és energiafogyasztás negatív értékeket mutattak. Ez azért van, mert az életciklus végén, a faanyagot elégetve több energiát szabadítunk fel, mint amennyit befektettünk minden azt megelőző fázisban. Az *AP*, *EP* és *POCP*-t illetően a szállítás és beszerelés a leginkább befolyásosabb tényezők. Mivel a fából készült keretek voltak a legkönnyebbek, az eredmények is kedvezőbbek voltak. Ami a fenti emissziók mértékét az alapanyag előállítás és termék gyártása során illeti, az alumínium és PVC ablakok sokkal kártékonyabbnak bizonyultak.

Az egyértelmű válasz a tanulmány során kimutatott pozitív környezeti hatások és csökkentett költségek lennének. A faanyag környezetbarát természete tudományosan is alátámasztható az *LCA* segítségével. Amint ez említve volt, a faanyag számos vetélytársa került az utóbbi évtizedekben. A fa közismert környezetkímélő hatása viszont csupán nézőpont és vélemény kérdése volt, mivel *LCA* nélkül, ezen hatások számszerűsítése nem volt lehetséges. Ez nem csak tévhírek terjesztéséhez vezetett, hanem kedvezőtlen piaci viszonyokhoz is. Magas árak, nem megfelelő szabványok és előírások, limitált hatáskörű, téves marketing-kampányok és a gyártási technológia lelassulása csak pár példaként szolgálnak.

Az Életciklus értékelést főképp olyan cégek alkalmazták, amelyek szervesen alapanyagokat használtak. Megpróbálták *LCA* eredmények segítségével meggyőzni az embereket, hogy igenis a termékeik környezetbarátok. Hamis adatokkal, részleges információközléssel és szövegmanipuláción keresztül igyekeztek vásárlókat szerezni. A termékek választásában viszont nem csak az alapanyag környezeti hatásai játszanak fontos szerepet. Érdeemes megemlíteni, hogy a faanyag messzemenően nem tökéletes. Zsugorodik, dagad, kényes a biológiai kártevőkkel szemben, megmunkálása magas fokú pontosságot és tudást követel meg, gyúlékony és gyakori fenntartása szükséges. A kényelmi szempontok gyakran fontosabbak a vásárló számára, mint az ökológiai jellemzők. Annak érdekében, hogy gyakrabban tudjunk faalapú termékekkel találkozni, a következőket javasoltak:

- Ahol lehetséges és érdemes, a beépítési szabályzat modifikálása szükséges
- Faalapú termékek tervezése a hosszútávú tartósság és megbízhatóságára való törekvéssel
- Költség-hatékony faalapú termékek tervezése
- Könnyen értelmezhető technikai leírások biztosítása a műépítészek számára; a faanyag előnyeinek megfontolt kiemelése
- Politikusok és természetvédelmi intézmények informálása a szakszerű erdőgazdálkodási eljárásokat illetően.

## Összefoglalás

A különböző iparágakban az utóbbi évtizedekben a műanyagok, fémek és ezekből készült kompozit anyagok sokkal nagyobb sikernek örvendtek a faanyaghoz képest. Ennek fő oka a végtermékek kedvező ára. A piaci monopol állapot csökkenése elérhető, amennyiben a fenntartható erdőgazdálkodás által a faanyag folyamatos megújulása célunkká válik. A faanyag, mint építőipari és épületesztalosi alapanyagként való felhasználásának pozitív hatásai vannak a környezetre, vetélytársaival szemben. E munka ismerteti a faanyagból készült családi házak, egyszerű nagyméretű épületek szerkezetei és nyílászárók kereteinek környezeti hatásait Életciklus-értékelés segítségével. A nagyméretű adatmennyiséget feldolgozva az eredményekből arra lehet következtetni, hogy faanyag felhasználásánál, beépítésénél kevesebb fosszilis üzemanyagra van szükségünk a kivitelezéshez. Ehhez kapcsolódóan minél több a használt faanyagunk, annál több energiát tudunk kinyerni, amely helyettesíteni tud egy bizonyos mennyiségű fosszilis üzemanyagot.



## **Köszönetnyilvánítás**

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

## **Irodalomjegyzék**

RICHTER K. – KÜNNIGER T. – BRUNNER K. (1996): Oekologische Bewertung von Fensterkonstruktionen - Neue Erkenntnisse (pp. E2-41275). Presented at the GUS-Fachtagung Materialien in ihrer Umwelt, im Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt