

2011 az erdők éve

Örök társunk a fa

Szerkesztő: Molnár Sándor



Kiadja: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó
Felelős kiadó: Prof. Dr. Neményi Miklós

Szerkesztő: Molnár Sándor

Kiadás éve: 2011

© Copyright - Minden jog fenntartva.

ISBN XXX-XXXX-XXXX

Nyomda: PALATIA Nyomda és Kiadó Kft.
Design és kiadványszerkesztés:
EFFIX-Marketing Kft.



.Szerzők

Alpár Tibor PhD
Bednár Éva PhD
Börcsök Zoltán PhD
Csitári Csaba doktorandusz
Führer Ernő PhD
Kocsis Zoltán doktorandusz
Lakatos Ágnes doktorandusz
Molnár Sándor MTA doktora
Németh Gábor PhD
Pakainé Kovács Judit CSc
Pásztory Zoltán PhD
Schiberna Endre PhD
Schöberl Miklós PhD
Tolvaj László MTA doktora
Varga Mihály CSc



.Lektorálta

Führer Ernő
Schöberl Miklós



.Technikai szerkesztő

Börcsök Zoltán

A kiadvány felhasználja a TÁMOP 4.2.2 kutatási projekt Faipari alprogramjának eredményeit. Oktatási segédletként szolgál a Faipari Mérnöki Karon az „Erdő- és fagazdasági alapismeretek”, „A faanyag műszaki és ökológiai tulajdonságai” és a „Fahasznosítás” c. valamint az Erdőmérnöki Karon a Faanyagismeret c. tárgyakhoz.



Hűs árnyékot vet nyári délben;
tűzzel engesztel fagyos télben;
virágot ad a szerelmesnek,
gyümölcsöt – makkot az éhesnek,
ágyat az ifjú párnak,
bölcsőt a kisbabának,
koporsót – fejfát a halottnak;
szolgál minden elevent;
sátorfát és szelement,
hajót, árbócot és vitorlát,
kútágast, gémet és sudárfát,
kútostorra vedret,
házba teknőt – csebre,
jármot – rudat – szekeret,
ásónyelet – gerebent,
vesszőt a rossz gyereknek,
fegyvert a hadseregnek,
asztalt – széket, hegedűt,
kerítést és fabetűt,
annyi mindent ad a fa;
úgy áll felettünk áldó kézzel,
mint egy ősapa,
ágán gyümölccsel és odvában mézzel,
mint ősanyánk maga...

Erdélyi József: Fa

Tartalomjegyzék

Bevezetés (Molnár S.).....	6
1. Erdőgazdálkodás az ember szolgálatában (Schiberna E.)	8
2. Fenntartható (tartamos) erdőgazdálkodás (Schiberna E.).....	11
3. A fa a jövő stratégiai nyersanyaga (Molnár S., Tolvaj L.)	16
4. Erdő és a faanyag lehetséges szerepe a klímavédelemben (Schöberl M., Börcsök Z., Führer E.)	21
5. Fafeldolgozás, fatermék gyártás (Pásztory Z.)	27
6. Újrahasznosítás, hulladékmentesség, a faanyag csodálatos adottsága (Alpár T.).....	31
7. A fatermékek gyártási energiaszükséglete (Varga M., Németh G., Kocsis Z.)	35
8. A fa mint megújuló energiaforrás (Varga M., Németh G., Csitári Cs.)	38
9. Fatermékek ökológiai mérlegen (Schöberl M., Lakatos Á.)	44
10. Az erdőgazdálkodás és a fafeldolgozás a vidékfejlesztés nagy lehetősége (Pakainé Kovács J., Bednárík É.)	51

Bevezetés

Őszinte örömünkre szolgál, hogy felismerve az erdő és fa kiemelkedő klíma- és természetvédelmi, valamint gazdasági jelentőségét az ENSZ a 2011. évet az Erdők évének nyilvánította. Ennek megfelelően hazánkban és külföldön egyaránt nagyszámú rendezvény és kiadvány foglalkozik az erdők sokoldalú szerepével, jelentőségével. Központi gondolatként az kerül megfogalmazásra, hogy erdeinket óvni, védeni kell, mert az emberiség nem létezhet erdők nélkül!

Azonosulva ezzel a gondolattal fontosnak ítéltük, hogy a Társadalmi Megújulás Operatív Program (TÁMOP 4.2.2) keretében végzett kutatásaink eddigi eredményeit feldolgozva, elsősorban a klímaváltozás, az erdő és a faanyag

hasznosítása oldaláról közelítsük meg a témát. Ezt azért is rendkívül időszerűnek tartjuk, mert sajnálatos módon a társadalom jelentős része ma abban a tudatban él, hogy nem szabad a fát kivágni (a motorfűrész közellenség). Ezzel szemben mély meggyőződésünk, hogy az emberi civilizáció hosszú távú létfeltétele az újratermelhető faanyag fokozottabb felhasználása. Óvjuk erdeinket, de használjunk több faanyagot!

E látszólagos ellentmondás miként oldható fel? Meglévő erdeinket a mindenkori erdőtörvénnyel összhangban fenntartható módon kell kezelni, s közben kihasználva adottságainkat egyre több új erdőt kell létesítenünk. Ennek szellemében fogalmaztuk meg kutatási programunk jelszavát:

„Küzdj a klímaváltozás ellen, ültess és használj több fát!”

E gondolatok jegyében állítottuk össze „Az erdők éve 2011” ünnepi kiadvány tartalmát. Így szeretnénk információkat adni az erdők fenntartása és a fahasználat lehetséges összhangjáról a korszerű tartamos erdőgazdálkodás keretében.

A munka alapvető részét a faanyaghasznosítás és a fatermékgyártás klímavédelmi és környezetvédelmi jelentőségének bemutatása képezi. Ebből egyetlen tényrt ragadtunk ki, mivel köztudott a szén-dioxid kibocsátás kiemelkedő negatív szerepe a klímaváltozásban. Egy tonna faanyaghoz a különböző fák a fotoszintézis során átlagosan 1851 kg CO₂-t használnak fel a légkörből. Ez a szén-dioxid pedig csak akkor kerül ismét vissza a légkörbe, amikor a kitermelt faanyagból készült termékek az életút végén (átlagosan 30 év után) égetéssel vagy természetes lebomlással megsemmisülnek.

A fatermékek előállításakor a közhiedelemmel ellentétben nem keletkezik hulladék, a másodnyersanyagokból papír, falemezek gyárthatók! Egy-egy fatárgy, építmény előállításának

energia igénye pedig töredéke a hasonló funkciójú fém, műanyag és beton termékekének.

Sorolhatjuk a szenzációs klíma- és környezetvédelmi előnyöket, ezeket látványos ökológiai mérlegekben is összesíthetjük (mint ahogy tettük is), mégsem lehetünk sikeresek a fafelhasználás fokozásában, ha szavunk nem jut el a lakosság széles rétegeihez és nincs hatással a közgondolkodás alakításában.

Az erdő- és a fához kapcsolódó szakmák ma közel százezer fő részére biztosítanak megélhetést. E látszólag nagy szám többszörösére növelhető. Ennek módjait közvetlenül is tanulmányozhatjuk osztrák szomszédjainknál. Ők húsz év alatt megduplázták a fa felhasználásukat, mi pedig 30-40%-kal csökkentettük. Hengeresfa egyenértékben kifejezve a fatermék felhasználást, ma hazánkban ennek egy főre eső évenkénti értéke 0,7 m³ körüli (közel azonos a Földünk átlagával). Ezzel szemben ez az érték Ausztriában duplája a miénknek. Ma oda jutottunk, hogy a legnagyobb mértékű fafelhasználá-



lást az erőművi blokkok produkálják. Az erdőtervek szerint évente kitermelhető 9 millió m³ fa helyett csak 6-7 millió m³-t termelünk ki. Nem élünk a fakitermelési lehetőségeinkkel, mert nincs a fára kereslet. Fából készült faablakok tízezreit dobáltuk tüzre, ahelyett, hogy javítottunk volna a hőszigetelésükön. Beépítjük helyettük az olcsóbb műanyag ablakokat, melyek fosszilis nyersanyagbázison készültek.

A bemutatott példák jól mutatják, hogy az erdő- és a fagazdaság, a fatermékek gyártása, a klímavédelem és a vidékfejlesztés igazi nagy lehetősége. Európában egyedülálló fajgazdagságú, sokszínű lombos erdeink gyönyörű fáinak termesztése és okos, jó minőségű feldolgozása

nemcsak új munkalehetőségeket, de komoly export lehetőségeket is teremthet.

Az 1., 2. és 5. fejezetek közvetlenül nem kapcsolódnak a TÁMOP 4.2.2 kutatási programhoz, de szükségesnek találtuk ezeket, hogy teljes áttekintést adjunk a hazai erdőgazdálkodásról és fafeldolgozásról.

Azon bizakodással adjuk közre szerény munkánkat, hogy aki azt elolvassa, a jövőben tudni fogja: egy-egy fatermék, faépítmény felhasználása nemcsak szép, bensőséges környezetet eredményez számunkra, hanem egyúttal hozzájárult klímánk, környezetünk hosszú távú védelméhez és nemzetgazdaságunk fejlesztéséhez is.

Sopron, 2011. március 16.

Prof. Dr. Molnár Sándor
TÁMOP 4.2.2 Faipari alprogram vezetője

1. Erdőgazdálkodás az ember szolgálatában

.Az erdők és az ember

Az ember – bármilyen modernnek valljuk is jelen világunkat – a természet része. Függsünk tőle és jelentős mértékben át is alakítjuk. Így történik ez az erdőkkel is, amelyeket hasznosítunk, hogy fát nyerjünk belőlük, hogy gombát és erdei gyümölcsöket ehessünk, és hogy alkalmasak legyenek a kirándulásra. De mindezt szakszerűen tesszük annak tudatában, hogy a jövőnk biztosítása érdekében vigyáznunk is kell rájuk.

Magyarországon minden lakosra körülbelül egy fél focipálya területű erdő jut, köszönhetően annak, hogy az erdeink területe hosszú évtizedek óta folyamatosan növekszik. A legjobban erdősült vidékek az Északi- és a Dunántúli-középhegység, illetve a Nyugat- és Dél-Dunántúl, azonban az észak-alföldi területeken is megközelíti az erdősültség a 12%-ot (1.1 ábra).



Az erdőket az erdészek gondozzák. Munkájuk lényege, hogy a fakivágás olyan gondosan történjen, amely mellett az erdő életközössége nem károsodik. Ennek érdekében a kivágott fa helyére mindig újakat ültetnek, és addig ápolják, amíg az ismét nagy fává nő. Csemetét nevelnek, tudják, hogy hová milyen fa való, őrzik az erdőt a fatolvajoktól, és ismerik a fák betegségeit.

Amikor kívágnak egy fát, az erdész meg tudja mondani, hogy mi készíthető belőle, és annak megfelelően darabolják fel. A gerendához és a deszkához vastag és egyenes törzseket válogatnak, amelyeket hosszú darabokra váganak. A papírgyártáshoz, kisebb bútordarabok készítéséhez és a tűzfához a rövid és vékony fák is megfelelnek. Az erdész mindig úgy gondolkodik, hogy csak annyi fát vágjon, amennyi az erdőben nő. Így érhető el, hogy nemcsak ma tudunk épületet, bútort és sok egyéb fából készülő eszközt készíteni, hanem a jövőben is lesz elég. Ez a tartamosság alap gondolata, és az ennek követésére szolgáló szabályokat az erdőtörvény rögzíti.

1.1 ábra:
Magyarország erdőterületei

.Erdei melléktermékek

Az alapanyagként vagy tüzelőként szolgáló fa mellett az erdő finom és egészséges étkeket is kínál. Kirándulás közben jól esik szedret vagy málnát csipegetni. Naposabb erdőségeken megterem az erdei szamóca, utak mentén lehet találkozni a csipkebogyóval, áfonyával. Kevésbé ismert, de nagyon finom a som termése is. Az



1.2 ábra Sokak kedvelik és gyűjtik a vargányát

erdei gyümölcsök frissen szedve fogyaszthatók, de finom csemegének számítanak a belőlük készült befőttök és lekvárok is. Az erdőben találhatók olyan fák – mint a hársak és az akác – amelyek virágában található nektárból a méhek finom mézet készítenek, és ezek a termékek szerte a világban keresettek.

A gombák nagyon népszerű étkek, de fontos, hogy csak olyan gombát szedjünk, amelyet teljes biztonsággal felismerünk! A legtöbb ember általában a csiperkét, a nagy őzláb gombát, a rókagombát és a vargányát (1.2. ábra) gyűjti. Ezek közül például a vargányát is könnyű összetéveszteni egyes mérgező tinóru fajokkal, ezért a szedett gombákat minden alkalommal vizsgáltsuk meg gombaszakértővel! Őket a nagyobb piacokon és vásárcsarnokokban mindig megtalálhatjuk.

.Erdők a közjóért

A városban élő és kevés testmozgást végző emberek számára nagy felüdülést jelenthet egy erdei kirándulás, amely során a család minden tagja kapcsolódhat. Rengeteg tér jut a gyerekeknek, hogy szaladgáljanak, és sok megfigyelni való az idősebbek számára. Emellett mindenkinek egyaránt jólesik a friss levegő, az árnyas és csendes környezet (1.3 ábra).

Az erdők akkor is védelmeznek minket, amikor éppen nem a lombok alatt sétálunk a nap elől elbújva. Környezetükben lecsökkentik a szél sebességét, hűtik és párasítják a levegőt, nem utolsósorban pedig megtisztítják a portól és más szennyeződésektől. A talaj vízforgalmát is kedvezően befolyásolják azáltal, hogy lassítják a csapadékvíz felszíni elfolyását, és ezzel együtt a talaj lemosódását is megelőzik.



1.3 ábra
Idős kocsányos tölgy

Alapvető jelentőségű, hogy a fák a fotoszintézis folyamatában a napenergia segítségével szén-dioxidot és vizet vesznek fel, végeredményül pedig oxigént lélegeznek ki. A szén-dioxid megkötésének jelentőségéről a klímavédelemről szóló részben lesz több szó.

Az erdők mindezek felett olyan életközösségek, amelyekben megszámlálhatatlan növény, állat, gomba, és megannyiféle mikroorganizmus él együtt. Olyan rendszert alkotnak, amelyben mindennek szerepe van, és kölcsönös egymásra hatásuk révén a kapcsolatok bonyolult hálóján keresztül hozzák létre mindazt, amit mi erdőnek hívunk. Az élet itt megjelenő sokszínűsége évmilliók fejlődésének eredménye, és tisztelnünk kell e felbecsülhetetlen értéket, amely egyúttal magában hordozza a jövőnket is.

.....

Magyarország 1/5-öd részét erdők borítják. Szakszerű, tartamos kezelésüket az erdészek (technikusok, mérnökök) végzik. Az erdőgazdálkodás legfőbb célja az emberiség faszükségeinek kielégítése oly módon, hogy biztosítva legyen az erdők folyamatos (tartamos) fenntartása, a természetvédelmi és ökológiai szempontok figyelembe vételével. Az erdők növényzete gyógyszert, élelmet, vadtáplálékot és méhlegelőt is biztosít. Az erdők tisztítják a levegőt, védenek az erózió ellen és nem utolsósorban pihenésre, felüdülésre nyújtanak lehetőséget.

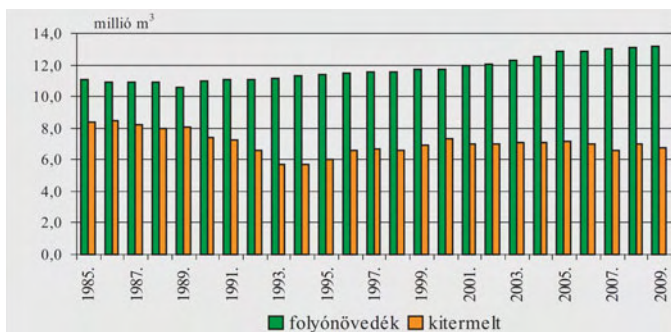
2. Fenntartható (tartamos) erdőgazdálkodás

.Természeti erőforrások az ember életében

A természeti rendszerek, mint például a rétek, az erdő és az élővizek, folyamatosan képesek számunkra hasznot termelni. A legelőn a fű újrasarjad, a kivágott fa helyére ültetett csemete újra nagy fává nő, a halak a vízben szaporodnak, amelyeket ki lehet fogni. Ezért az ilyen erőforrásokat megújuló természeti erőforrásnak nevezzük. Az ember akkor használja bölcsen ezeket, ha mindig csak annyit vesz el belőlük, amennyi bennük megtermem: csak annyi halat halászunk, amennyi szaporodott, csak annyi fát vágunk, amennyi megnőtt és így tovább. Amikor a természet megújulása, és annak emberi használata azonos mértékű, a természeti környezet állapota egyensúlyban van. Ennek az állapotnak a fenntartásával megőrizhetjük a számunkra ma rendelkezésre álló természeti erőforrásokat a következő generációk számára. Ezt nevezzük fenntartható gazdálkodásnak.

A megújuló erőforrások esetében is nagyon fontos a takarékos felhasználás, hiszen akkor ugyanannyi erőforrás nagyobb népesség eltartására képes. Ehhez az embereknek saját fogyasztásukat kellene korlátozniuk.

Hajlamosak vagyunk azt gondolni, hogy fát kivágni barbárság és természetrombolás. Sőt, nagyon sokszor halljuk is, hogy fogynak az er-



Forrás: MgSzH „Beszámoló az erdősitésekről és a fakitermelésekről a 2009. évben”
MgSzH Adattár 2009. XII. 31.

2.1 ábra: Évi folyó növedék és kitermelés

dők. Az eddig olvasottak alapján már tudjuk, hogy a fát kivágni önmagában nem baj, sőt! A fára nagyon nagy szükségünk van, és ahhoz, hogy a fából készült dolgok az életünk részei lehessenek, időnként ki kell őket vágni.

Van a világnak olyan része, ahol túl sok fát vágunk ki ahhoz képest, mint amennyi megtermem, és a fiatal csemeték ültetéséről sem gondoskodnak. Magyarországon azonban nem ez a helyzet. Az erdők területe az 1920-as évektől kezdve folyamatosan növekszik, és sokkal több fa nő nálunk (folyónövedék), mint amennyit kitermelünk (2.1 ábra).

A 2009-ben megtermett 13,2 millió m³ famennyiségből 6,8 millió m³-t vágtunk ki (2.2 ábra). A kivágott mennyiség nem teljes egészében hasznosul, hiszen a nagyon vékony ágak, a kéreg egy része, és egyéb kieső farészek az erdőben maradnak. A felhasználható mennyiség 5,9 millió m³, amelynek kevesebb, mint a negyede alkalmas magas minőséget követelő ipari felhasználásra, a maradék pedig tűzifa illetve gyenge minőségű ipari faként hasznosul.

2.2 ábra:
2009 évi
fakitermelés
megoszlása



Erdőkezelés története

Az erdők nagyon sokáig bőségesen álltak rendelkezésre, az ember számára élelmet és védelmet is biztosítottak. Az épületfa, a szerszámfa és a tűzifa mellett a középkorban az erdőket makkoltatásra is használták egészen a kukorica elterjedéséig. A népesség növekedésével azonban egyre több szántóra és legelőre volt szükség, amelyhez az erdők egy részét át kellett alakítani. A városok környékén a lakosság számának emelkedésével egyre nehezebben lehetett kielégíteni a fa iránti keresletet. Ezért kezdetben azt rendelték el, hogy a fakivágásoknak évente új területeket kell kijelölni, hogy a korábbiaknak legyen idejük újra felnőni. Később ennél részletesebb szabályozás is szükségessé vált, ezért előírták az erdők felmérését, a fakitermelések tervezését, valamint az erdők felújítását és nevelését is. Különösen a bányavárosok környékén volt erre nagy szükség, ahol a bányászathoz nagy mennyiségben használtak fát a bányajáratok belső burkolásához és más szerkezetekhez.

2.3 ábra:
Mária Terézia-féle
erdőrendtartás
egy részlete

A szakszerű erdőkezelés biztosítása érdekében 1808-ban Magyarországon elindult az erdőszeti felsőoktatás, a XIX. század végére pedig kiépült az erdőkezelést ellenőrző államigazgatási szervezet és a szakiskolai hálózat. Az egymást követő erdőtörvények egyre szigorúbb feltételekkel biztosították, hogy az erdőkkel való gazdálkodás minél inkább megfeleljen a fenntarthatóság feltételeinek (2.3 ábra).



Az I. világháború után az erdők szerepét már korántsem kizárólag a faanyagtermelésben látták. Magyarországon fontos feladatot látott el az „Alföldfásítási program”, amelynek egyik életre hívó oka volt a trianoni békediktátum miatt lecsökkent erdőterület növelése, másrészt az, hogy a légzőszervi betegségeket okozó fűtőhormokat az Alföldön erdők telepítésével kezdték megkötni. Később, a II. világháború után az erdők közjóléti szerepe az életszínvonal emelkedésével párhuzamosan megnőtt. Az emberek szabadidejükben kerestek kikapcsolódást a városok és kirándulóhelyek közelében levő erdőkben, és ezért ezeken a helyeken tudatosan alakították az erdőket úgy, hogy sétálásra, sportolásra és sokféle kikapcsolódásra alkalmasak legyenek. A szakemberek emellett felismerték és tudatosan alkalmazták a zöldfelületek lakókörnyezetet védő és gazdagító hatásait is.

1972-ben – magyar közreműködés (Dr. Madas András) mellett – nemzetközileg is elismerést nyert, hogy az erdőknek hármaskörű funkciója van, mégpedig faanyag termelési, védelmi és közjóléti. Azóta a városiasodás folyamatos emelkedésének következtében az erdők közjóléti feladatai egyre nagyobb figyelmet kapnak. A természetes környezet zsugorodása és a globális környezeti problémák kiterjedése pedig felértékelte a természetközeli erdők szerepét a védett növények és állatok megőrzésében.

.....

Magyarországon az erdészeti szakszemélyzet alkalmazása, a jogszabályok és a hatósági felügyeleti rendszer megfelelő biztosítékot szolgáltatnak arra, hogy az erdőket tartamosan hasznosítsuk. Hasonlóképpen történik ez Európa, és a világ sok más országában is, ám a Föld erdei mégis fogynak. Erről tudósít a FAO erdőkészletek elemzéséről szóló 2010. évi jelentése (Global Forest Resources Assessment 2010), mely az elmúlt tíz évben évi 5,2 millió hektár erdőterület fogyásról ad hírt. Bár ez az erdőcsökkenés a világ összes erdőinek csupán 0,13%-a, mégis jelentős, hiszen élőlények sokasága veszti el élőhelyét, közöttük veszélyeztetett növény- és állatfajok is. Ugyanakkor hatással van a globális szén ciklusra is, melyről a későbbiekben még szó lesz. Az erdő fogyásaért elsősorban a trópusokon (Indonézia, Brazília, Szudán) folyó erdőirtások a felelősök, melynek előidézésében a gazdasági és társadalmi fejlődés miatt a helyi őslakosok és az ipari nagyvállalatok is részt vesznek. Örövendetes viszont, hogy az erdőfogyás mértéke, köszönhetően egyes országokban folyó következetes erdőtelepítéseknek, csökkenő tendenciát mutat. Az is elgondolkasztató, hogy az utóbbi évtized legnagyobb erdősitése (14 millió hektár) Kelet-Ázsiában, döntő mértékben Kínában volt, ahol úgy tűnik felismerték az erdő és a fa stratégiai jelentőségét.

Erdők Magyarországon

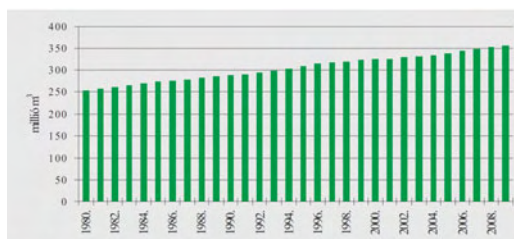
Magyarország teljes erdőterülete 1,9 millió hektár, amelyet az ország természeti adottságainak köszönhetően túlnyomórészt lombos erdők alkotnak (2.1 táblázat). Leggyakoribb őshonos fajtáink a kocsányos és kocsánytalan tölgyek, a bükk, valamint a csertölgy. Ezek más őshonos fajokkal elegyedve változatos erdőtürsulásokot alkotnak. Erdeink igen nagy része ültetvényyszerű állományokból áll, amelyek főfajtái az akác és a nyárák, illetve nagy területen fordul még elő az erdei- és feketefenyő (2.4 ábra). Ezek a faállományok élővilágukat tekintve szegényebbek a hazai erdőtürsulásoknál, azonban legtöbbször olyan termőhelyeken találjuk őket,

amelyeken zárt erdőtürsulást hazai fajtáink nem tudnának alkotni. Az erdők 58%-a az állam, vagy közösségi intézmények tulajdonában van, 42%-a pedig magántulajdonban. A védelmi vagy közjóléti rendeltetésű erdők a teljes terület több mint 35%-át teszik ki, a többi erdőben pedig a faanyag termelése a gazdálkodás elsődleges, de nem kizárólagos célja.

Erdeink élőfakészlete (térfogata) 355 millió m³, amelyen évente 13,2 millió m³ növedék keletkezik. Ebből éppen csak a felét termeljük ki, ami által az erdőkben megtalálható fanyenyiség folyamatosan növekszik (2.5 ábra).

2009. évi adatok	Közszektor	Magánszektor	Összesen
Magyarország erdeinek területi fajeloszlása (%)			
Tölgy	26 %	13 %	21 %
Akác	12 %	35 %	22 %
Egyéb kemény lomb	35 %	17 %	28 %
Nemes nyár és fűz	5 %	12 %	8 %
Egyéb lágylombos	6 %	9 %	7 %
Fenyves	14 %	14 %	14 %
Összesen	1062 eha	832 eha	1832 eha

2.1 táblázat Erdeink fajösszetétele



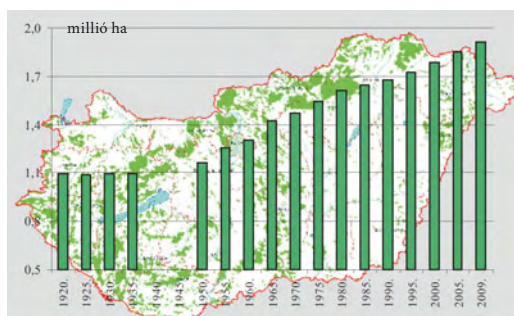
Forrás: MgSzH adattár

2.5 ábra: Hazai erdőink élőfakészletének alakulása 1980 és 2009 között



2.4 ábra
Nemesnyár
ültetvény

Az évente kivágott mintegy 20 ezer ha erdőt a gazdálkodók felújítják, amely ezáltal a jövőben is erdő marad. De nem csak a korábban levágott erdők helyén, hanem réteken és szántókon is hoznak létre új erdőket. Az így telepített erdők területe évente az elmúlt 10 év átlagában 11 ezer ha körül alakult. A jelenlegi, mindössze 20%-os erdősültséget – amely a régióban igen alacsony értéknek számít – nagyon meg kell becsülnünk, hiszen ez az ország trianoni feldarabolását követő csaknem 100 év kitartó erdőtelepítési munkájának az eredménye (2.6 ábra).



Forrás: MgSzH Adattár
1940-ről és 1945-ről nem áll rendelkezésre adat.

2.6 ábra: Erdőterületek változása Magyarországon

Új kihívások

Napjainkban az erdőkkel és a velük történő gazdálkodással szemben támasztott feltételek egyre szigorodnak. Különösen fontossá válik, hogy a gazdálkodás során egyre nagyobb mértékben javuljon az erdők természetességi állapota, és a lehetséges mértékig őrizzük meg az élővilág változatosságát és stabilitását. Tudnunk kell azonban, hogy ezt nem csak a gazdálkodás befolyásolja, hanem ahogy a környezetünk, úgy az élővilág is vele együtt változik. Egyelőre tudományos viták tárgya, hogy a klímaváltozás milyen mértékű változásokat eredményez, és főként arról, hogy milyen kiváltó okok hajtják e változásokat. Számítanunk kell azonban arra, hogy amennyiben a környezeti feltételek tartósan eltérnek a jelenlegi állapottól, azzal együtt a jelenlegi növényzetnek és a vele együtt élő egyéb élőlényeknek is változni kell. Magyarországon különösen az okozhat gondot, hogy az alföldi száraz területek egy estleges felmelegedő klíma hatására tovább szárazodnak, és a zárt erdők fennmaradásának egyre kisebb területeken lesz meg a lehetősége. Fontos ezért mindannyiunk jövője szempontjából, hogy megőrizzük a természetes erdőtársulásaink sokféleségét, amely lehetőséget ad természetes alkalmazkodásra,

emellett pedig meg kell ismernünk azokat a nem őshonos fafajokat is, amelyek alkalmasak lehetnek mesterséges erdőborítás létrehozására azokon a területeken, ahol emberi beavatkozásra lesz szükség.

Az erdők tartamos kezelésének igényét már a Mária Terézia féle Erdőrendtartás megfogalmazta. Magyarországon 1,9 millió hektár az erdők területe, ennek mindössze 14%-a fenyves. Az őshonos, nagy értékű lombos fákat (tölgy, bükk, kőris, juhar stb.) tartalmazó erdeink fokozottabb védelmet, szakmai odafigyelést igényelnek. Az erdőterületek növekedése főként a gyengébb minőségű szántók helyén történhet. Itt elsősorban akác és nyár fajok telepíthetők. Hazánk erdőterülete az elmúlt évtizedben évi 11 ezer hektárral gyarapodott.

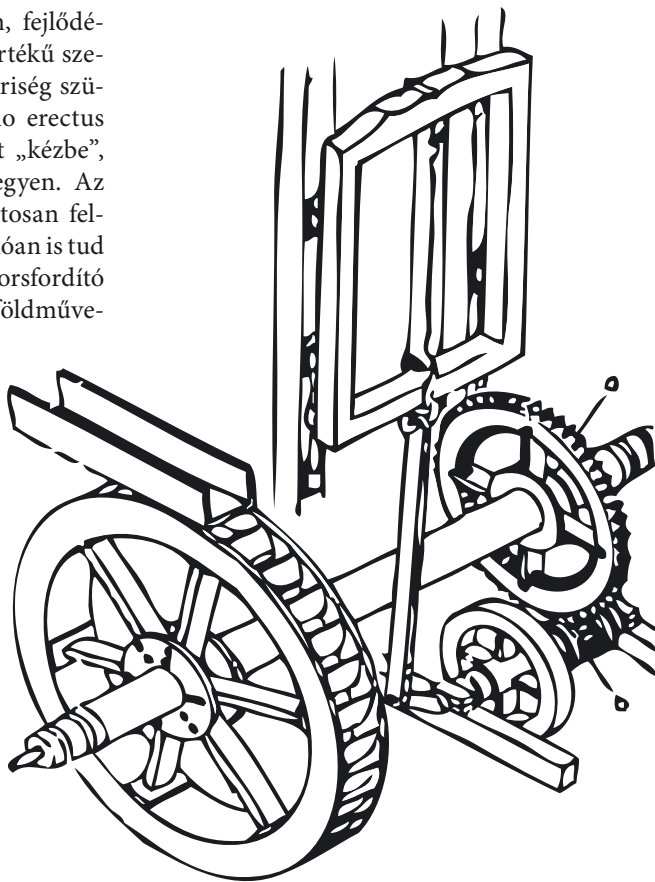
Az erdeink élőfa térfogata 355 millió m³, melynek éves növedéke 13,2 millió m³. Ennek mindössze kb. felét (6,8 millió m³-t) vágjuk ki évente. Tehát az állami (58%) és a magán (42%) erdőkben egyaránt biztosítottak a szakszerű, tartamos erdőgazdálkodás feltételei.

Az erdők hármas funkciójából (faanyag termelés, védelem, közjólét) megnőtt a szerepe a védelminek és közjólétinek.

3. A fa a jövő stratégiai nyersanyaga

.Faanyag szerepe a múltban

Az emberi civilizáció kialakulásában, fejlődésében a fa mindenkor pótolhatatlan értékű szerepet töltött be. A fa ott volt az emberiség születésénél, már akkor, amikor a Homo erectus feltehetően egy letört faágat ragadott „kézbe”, hogy a „felemelkedéshez” eszköze legyen. Az ember mintegy 500 ezer év óta tudatosan felhasználja a tüzet és 10-11 ezer éve önállóan is tud tüzet gyújtani. A fa azóta is minden sorsfordító helyzetben kéznél volt. Kéznél volt a földművelésre való áttérésnél, hiszen az eke és más földművelő szerszám is fából készült. Fából készült az ókor legnagyobb műszaki találmánya az első kerék, és ez tette lehetővé az első hatékony szállítási eszköz a kocsi kifejlesztését. De fából készültek a hajók, pl. az „Új Világ” felfedezőjének a hajója a Santa Maria is, vagy Marco Polo kereskedőhajói, melyek Velencét tették gazdaggá és hoztak létre egy magas művészeti kultúrát, miközben Velence maga is facölöpök millióin nyugszik. Sokáig elsősorban fából készültek a lakóházak, hidak, hadi gépezetek, zsilipek, vízi és szélmalomok, de az első rönkfűrész gépek is (3.1 ábra).



3.1 ábra:
Fűrészmalom

Fából készültek a használati és dísz tárgyak, a templomok kegytárgyai, szobrai. A fa tüzésénél melegedtünk és készítettük értékeinket. A fa volt évezredekken keresztül, a kőszén bányászat kibontakozásáig, a legjelentősebb energiaforrás.

Az ipari forradalom kezdetén a bányák művelése, a vasutak építése (bányafák, talpfák, hídfák) szintén tömegesen igényelték a jó minőségű

faanyagot, tölgyet, bükköt, fenyőt. A XV-XIX. század mohó erdőirtásai ébresztették rá az emberiséget arra, hogy az erdőket tartamosan kell kezelni. Gondoskodni kell a felújításról és a szakszerű ápolásról, nevelésről.

A XX. század fantasztikus felfedezései, a technika és a természettudományok együttes viharos fejlődése új helyzetet teremtett, és a fát

tömegesen kezdtük helyettesíteni műanyagokkal, különböző fémekkel, vasbetonnal. Ez a „fejlődés” olyan mértékű volt, hogy még az erdők közepén levő falvakba is sikerült bevezetnünk a gázt...

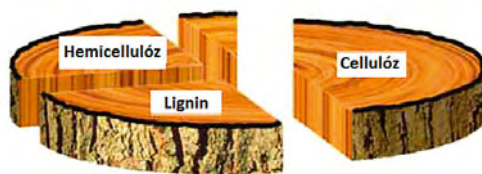
Most a XXI. század elektronizált, mobiltelefonos világában kezdjük újra felfedezni a fát, mert a fa most is kéznél van. A fosszilis nyersanyagok és energiaforrások készleteinek rohamos csökkenése, a klímaváltozás és Földünk

drasztikusan megromlott környezeti állapota a leghatározottabban igénylik a megújuló, bővíthető újratermelhető faanyag fokozottabb, okos felhasználását. A globális problémák részbeni lehetséges megoldását jelentheti, ha a szakszerű és tartamos erdőgazdálkodás mellett további új erdőket telepítünk és növeljük a faépitmények, házak, bútorok és egyéb fatermékek előállítását. Így válhat a fa a jövő stratégiai nyersanyagává! A fát erre kiváló adottságai teszik képessé.

.A fa kémiai adottságai

A fotoszintézisben keletkező fatestet alapvetően négy elem alkotja: C (48,5-50,4%), H (5,8-6,3%), O (43,4-44,5%), N (0,04-0,26%). Ezekből az elemekből épül fel a fatestet képező páratlan biokompozit a lignocellulóz, melyet három természetes polimer a cellulóz (48-50%) a hemicellulóz (12-28%) valamint a lignin (18-38%) alkot. Kisebb (0,1-0,5%) arányban hamualkotók (Ca, K, Na, Mg) is előfordulnak a fában (3.2 ábra). Az úgynevezett nyomelemek (pl. vas, réz, cink) pedig csupán alig mérhető mennyiségben vannak jelen. A lignocellulóz mellett néhány százalékban előfordulnak egyéb szerves anyagok is a fában (pektin, keményítő, gyanták, viaszok, nyersgumi, zsírok, olajok, flavonoidok stb.) Ezek adják egy-egy fafaj fájának a sajátos színét, illatát és egyéb különleges, egyedi tulajdonságait. Ma a különböző – sokszor pótolhatatlan értékű – műanyag tárgyak, eszközök, ragasztók, lakkok stb. kőolaj bázison kerülnek előállításra. Erre még több évtizedig lesz szükség. De, mi lesz azután? Erre már most gondolni kell, és a fa most is kéznél van. A fa (és a többi lignocellulóz tartalmú anyag) kémiai összetétele jó alapot ad arra, hogy a mai műanyagokhoz hasonló szigetelő, ragasztó

és egyéb anyagokat, termékeket állítsunk elő belőlük. Ma is elsősorban fából (cellulózból) készül a papír, a karton, a műselyem (viszkóz). Ismert, de tömegesen nem alkalmazott eljárás a fa gázosítása fagáz-motorok hajtására, vagy a pirolízis, melynek terméke a pirolízis olaj, ugyanolyan kiinduló anyaga lehet pl. a műanyaggyártásnak, mint a kőolaj. De itt kell megemlíteni a második generációs (azaz nem élelmiszer alapanyagokból, pl. gabonából, készült) bioüzemanyag, a cellulózetanol előállítását is. A sor folytatható még, hiszen a fa kémiai komponensei alapján alkalmas takarmány célú proteingyártásra, márpedig az éhezõ világban igen nagy szükség van fehérjére. A jövő szempontjából azonban nemzetközileg is összefogottabb, nagyobb léptékű kutatásokra van szükség a fakémiában rejlő ezer lehetőség feltárására és gyakorlati alkalmazására!



3.2 ábra: A fatestet felépítő három természetes polimer tömeg aránya.

.A fa fizikai, mechanikai adottságai

A növényi eredetnek megfelelően a faanyag egy inhomogén, porózus szilárd test. A porozitással és a rostos szerkezettel összefüggésben korlátozott mértékben képes zsugorodni és dagadni a víz felvétel és leadás függvényében. Fontos sajátossága ennek az anyagnak, hogy vannak benne kristályos, orientált szerkezetű részek (cellulóz) és amorf, rendezetlen szerkezetű alkotók (lignin). Ennek köszönhetően a faanyag tulajdonságai a tér egymásra merőleges három irányában sajátosan eltérőek (tehát a faanyag ortogonálisan anizotróp). Pl. a nedvességet elveszítve egy tölgyfa a rostokkal párhuzamosan 0,4; sugár irányban 4,0; húr irányban 7,8 százalék mértékben képes összezsugorodni.

A különböző fafajok fizikai anyagtulajdonságai igen jelentősen eltérnek. A mindössze mintegy 1000 fajjal rendelkező fenyők fái viszonylag homogénebbek, a mintegy 30 000 fajt számláló lombos fák tulajdonságai viszont igen széles skálán mozognak. Pl. a balsafa sűrűsége 130, az ébenfáé 1200 kg/m³.

A fajok közötti fizikai, esztétikai eltérések komoly szakmai felkészültséget igényelnek, de egyúttal különleges lehetőségeket is jelentenek a differenciáltabb, fafaj centrikus termékgyártásnak.

A TÁMOP 4.2.2 kutatási program keretében vizsgáltuk, hogy a felmelegedési, klímaváltozási folyamatok hatással vannak-e a faanyag sűrűségére, szilárdságára. Megállapítottuk, hogy számottevő, figyelmet érdemlő hatásuk ez ideig nincsenek. Tehát fáink keménysége, szilárdsága nem csökkent.

A faanyagok szilárdsági, rugalmassági jellemzőit az egyéb anyagokhoz hasonlóan a terhelés módjainak (húzó, nyomó, hajlító, csavaró, nyíró statikus, dinamikus, tartós és ciklikus) megfelelően vizsgálják. Megállapítható, hogy a tömegéhez (súlyához) viszonyítva a fa fajlagos szilárdsága rendkívüli. Gondoljuk el a fák tör-

zésének hóban, szélben, viharban is tartani kell az ágakat, a koronát. Néha ez több tonna terhet jelent. (Pl. egy 30 m magas bükkfa esetében a tő közelében 600-700 kNm hajlító nyomaték keletkezik.) Nem véletlen, hogy a fák fajlagos szilárdsága 3-4-szer nagyobb, mint az acélé. Így a könnyű és szilárd faanyag nélkülözhetetlen a tetőszerkezetek, különböző bútorok és más teherviselő szerkezetek létrehozásához (3.1 táblázat).

Fafaj	Absz. száraz sűrűség (kg/m ³)	Stat. hajlítószilárdság MPa
Erdeifenyő	490	80
Lucfenyő	430	75
Duglászfenyő	470	85
Vörösfenyő	550	95
Bükk	680	123
Tölgy (kocsányos)	650	100
Kóris	650	105
Akác	720	136
Nyár (Pannónia)	410	60
Balsa	130	3,9
Ében	1200	120

3.1 táblázat Fontosabb fafajok sűrűsége és szilárdsága

Az üreges, porózus szerkezetnek megfelelően a faanyag kiváló hő-, hang- és elektromos szigetelő képességű. Ilyen szempontból különösen előnyösek az alacsony sűrűségű fák (pl. nyárok, fűzek, luc- és jegenyefenyő). A faanyag a környező hőmérséklet és a páratartalom alapján képes felvenni vagy leadni a nedvességet. E tulajdonsága hozzájárul a faházban a kedvező klímaszabályozáshoz. Nem szabad azonban arról sem elfelejtkezni, hogy a szorpciós nedvesség változása a faanyag méreteinek és alakjának változását is eredményezi (zsugorodás, duzzadás, vetemedés). Pl. a kék gumifa képes a térfogatát 30%-kal összezsugorítani vagy megnövelni. E jelenségnek megfelelően a fatermékek nedveségtartalmát a gyártási folyamat során a felhasználási körülmények igényei szerint kell be-

állítani. Így a belső térben (pl. lakások, irodák) a fatermékek optimális nedvessége 8%, a fűtetlen építményekben 12% (pl. színek, raktárak) a szabadban levő szerkezeteknél 18-22% (pl. fahidak, rakodólapok, ládák).

Gyakran okoz kellemetlenséget ablakaink, faajtóink vetemedése, gerendáink repedése, parkettáink, padlóink közötti hézagok megjelenése stb. Ezek mind a faanyag nem megfelelő szárításával állnak kapcsolatban.

A faanyagok szárítása egyúttal védelmet is jelent a gombák, rovarok támadása ellen, mivel a száraz faanyagban nincsenek meg az életfeltételeik.

A fa kiváló akusztikai tulajdonságait már ősidők óta felhasználja az emberiség a különböző hangszerek előállításakor. A rostokkal párhuzamosan a fában a hang terjedési sebessége 4000-5000 m/sec, 15-szöröse a levegő hangvezető képességének. Különösen a rugalmas, magas hegységi lucfenyő értékei kimagaslóak (ezért nélkülözhetetlen a hegedűkészítéshez). A hanghullámok terjedése szoros összefüggésben áll a faanyag mechanikai tulajdonságaival. Ezen összefüggések alapján alakítottak ki világviszonylatban is egyedülálló módszereket Sopronban, a Faipari Mérnöki Kar kutatói a faanyagok roncsolásmentes vizsgálatára (pl. a FAKOPP nevű műszer megállapítja, hogy van-e az élő fák törzsében belső korhadás).

Nem elhanyagolható tulajdonsága a fának az esztétikus, meleg színe, érdekes rajzolata. A legvilágosabb hazai fánk a juhar, majd a kőris. A legsötétebb a diófa gesztje. Általában a sárgabarna-vöröses színárnyalatok jellemzik a fáinkat.



3.3 ábra
Termikusan kezelt
nyár faanyagok

Az akác rendkívüli tarkaságát sokan nem kedvelik. A faanyag gőzölésével az akácfa színe csokoládé barnára változtatható. A TÁMOP 4.2.1 B kutatási programban a Faipari Mérnöki Kar oktatói, doktoranduszai eredményes kutatásokat folytatnak a faanyag színének és tartósságának javítására természetes olajban való főzéssel és magas hőmérsékletű kezeléssel. Pl. a jellegtelen világos nyárfa kellemes dió színűre változtatható, s közben jelentősen megnő a tartóssága (3.3 ábra).

Befejező gondolatként még arról szólnunk, hogy a szakszerű, tartamos erdőgazdálkodás és a fa-hasznosítás összhangját hivatottak megteremteni az erdő- és fatermék certifikációs rendszerek. Ezek lényege, hogy a tanúsított erdőkből származó faanyag megkülönböztető jele végig követi a hasznosítási, feldolgozási láncot. Tehát a késztermék vásárlója nyugodt lehet az erdők minőségi megóvása szempontjából. Ma két ilyen rendszer működik: FSC és PEFC. Az ilyen jelű fa- és papírtermékeket részesítsük előnyben.



A könnyen alakítható és kiválóan égő fa már aktív részese volt az emberi civilizáció kialakulásának. Az elmúlt években a műanyag és fémtermékek egyes területeken háttérbe szorították a felhasználását. A kis hegyvidéki falvakba is eljutó gázvezetékek miatt szerepe a lakások fűtésében is mérséklődött. A fosszilis nyersanyag- és energiaforrások készleteinek csökkenése miatt a megújuló, bővítetten újratermelhető faanyag kedvező tulajdonságai eredményeként fokozatosan visszanyeri stratégiai szerepét.

A CO₂ és víz bázison létrejött szerves vegyületeiből a műanyagokhoz hasonló ragasztók, cukrok, tápszerek, üzemanyagok és egyéb termékek állíthatók elő, így megnőtt a fakémia jelentősége.

Porózus szilárd testként a fa jellemzője, hogy alacsony sűrűségéhez (súlyához) magas szilárdsági értékek kapcsolódnak. Így kiválóan alkalmas épületek és bútor szerkezetek előállítására. Kellemes színe, kedvező akusztikai és hőtechnikai tulajdonságai nagyszámú kiváló fatermék, építőelem és hangszer készítését teszik lehetővé.

Fontos azonban tudnunk, hogy a külső légnedvesség és a hőmérséklet változásával a faanyag képes korlátozottan zsugorodni és dagadni. Az egyes fafajok tulajdonságai között igen nagyok a különbségek. Így nélkülözhetetlen azok pontos ismerete. Ne feledjük a régi asztalosok mondatát: „minden fának lelke van!”

Az FSC és PEFC certifikációs jellel ellátott faanyagot, faterméket részesítsük előnyben, mivel tartamos erdőgazdálkodásból származik.

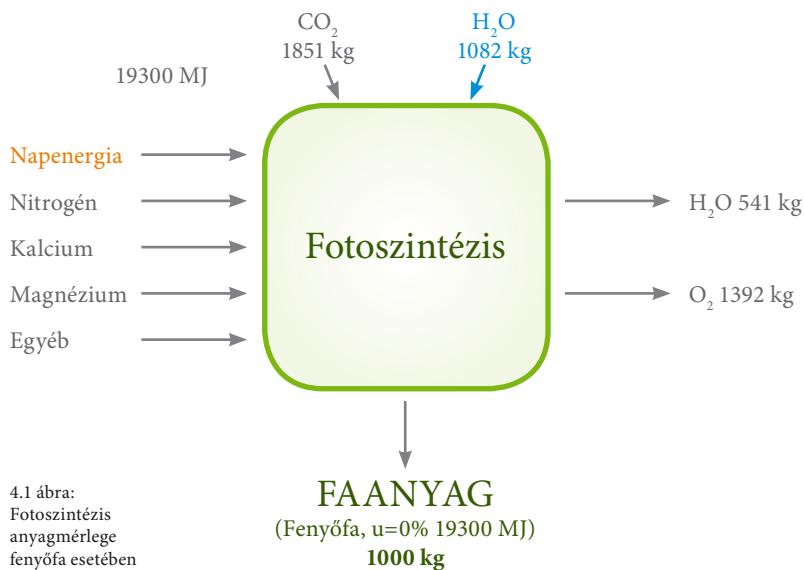
4. Erdő és a faanyag lehetséges szerepe a klímavédelemben

A fák fotoszintézis során a levegőből szén-dioxidot vesznek fel, melyből a szénest testükbe (törzs, ág, stb.) építik be. Az erdők és a fatermékek tehát széntárolók, következképpen képesek hozzájárulni az üvegházhatást kiváltó légköri szén-dioxid csökkentéséhez.

.Faanyag a fotoszintézis produktuma

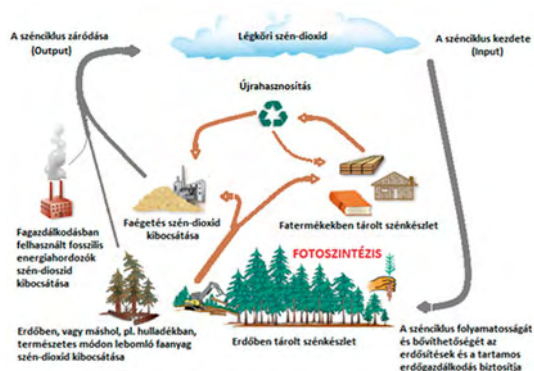
Az erdőt a benne zajló fotoszintézis alapján egy olyan óriási biokémiai „üzemnek” tekinthetjük, melyben a levegő szén-dioxidjából (CO_2) és vízből, valamint a talajból felvett igen kismennyiségű tápelemekből „készül” a biomassa, mi esetünkben a fák és a fásszárú növények anyaga (azaz a dendromassa), miközben oxigén (O_2) szabadul fel és a víz egy része elpárolog. A folyamatot napenergia tartja fenn, mely a fatestben kémiai energia formájában megkötve marad. Ez az energia az, mely a fa égetésekor, vagy szerves lebomlása során (lassú égés) felszabadul, miközben ismét szén-dioxid és víz keletkezik (4.1 ábra).

A fotoszintézis eredményeként a fatest – miként az előző fejezetben bemutattuk – átlag 50%-ban szénből épül fel. Így a faanyag a testében legnagyobb mértékben található kémiai elem alapján a szénciklusban tölt be fontos szerepet.



Faanyag a szén ciklus kiemelkedő szereplője

A bioszféra egyensúlyát fenntartó hatalmas anyagáramok közül a szén ciklusban a növények, és köztük a fák, fontos szerepet töltenek be. Az erdei ökoszisztémában zajló fatermesztés alapvető célja a gazdasági erdők esetében a társadalom faanyag igényének kielégítése, a fahasznosítás. Ez a fahasznosítás a fa feldolgozása és a fatermékek használata által létrehoz egy, a természetben egyébként nem létező, csak az ember által működtetett antropogént, vagy más néven civilizációs szén ciklust, mely hatással van a bioszférára, így a légkör CO_2 tartamára is. A kedvező, a légkör szén-dioxid tartalmát csökkentő hatást, a folyamatos és folyton bővülő, zárt szén ciklusú fenntartható fagazdálkodás, azaz a növekvő fatermesztés és növekvő fahasznosítás biztosíthatja (4.2 ábra).



4.2 ábra: A fagazdálkodás szén ciklusa (demonstrációs ábra)

A fagazdálkodás 4.2 ábrán bemutatott szén ciklusának a légköri szén-dioxid szempontjából háromféle végeredménye lehet:

A. nincs hatással, mert:

légköri CO_2 – input = légköri CO_2 – output

B. kedvezőtlen hatással van és CO_2 növekedést eredményez, mert:

légköri CO_2 – input < légköri CO_2 – output

C. kedvező hatással van CO_2 csökkenést eredményez, mert:

légköri CO_2 – input > légköri CO_2 – output

Ha a fagazdálkodás szén ciklusának „üzemálapotát” globálisan az egész Földre kiterjedően vizsgáljuk, akkor sajnálatos módon azt kell látnunk, hogy az a klímavédelem szempontjából kedvezőtlen (B változatnak megfelelő) állapotban van. Azaz szén-dioxid kibocsátó, mert növeli a légkör CO_2 tartalmát azáltal, hogy a fogyasztó erdőterületek kevesebb CO_2 nyelnek el, mint korábban. Az erdőterület fogyásának elsődleges oka a szegénység, a megélhetési kényszer, a természeti erőforrásokkal való tartamos gazdálkodás hiánya. Általában tehát nem a fahasznosítás került konfliktusba az erdővel, mert legtöbbször egy olyan hatásról van szó, mely a fagazdálkodás szén ciklusának rendszerhatára-

in kívülről érkezve fejt ki áldatlan működését. (Csaknem úgy, mint egy katasztrófa, széldöntés, erdőtűz stb.) A környezetfilozófiai megfontolás: gondolkodj globálisan, cselekedj lokálisan, itt is segít. Ha globálisan csökken az erdők területe, akkor lokálisan helyesen cselekedve ültess fát! Szerencsére sok ország, köztünk hazánk is, így látja a helyzetet, és folyamatosan növeli erdőterületeit.

A felsorolt három (A. B. C.) lehetőség közül a fagazdálkodás szén ciklusa klímapolitikai szempontból szükséges „vezérlésének” egyedül a harmadik C-vel jelölt változat felel meg. Eszerint a fagazdálkodás csak akkor alkalmas a légköri szén-dioxid tartalom csökkentésére, ha a kezdeti ponton (input) nagyobb a „belépő”, mint a záródási ponton (output) a „kilépő” CO_2 mennyisége, azaz a ciklus széntárolás-növekedésre „járatott”. Ez oly módon érhető el, ha a korlátokon belül folytonosan növeljük az erdőben, valamint a fatárgyakban tárolt szénkészletek mennyiségét. A fenntartható fagazdálkodás alapelveinek alkalmazása (növekvő fatermesztés és növekvő fahasznosítás) ezért ezt a célt is szolgálhatja, méghozzá azon a ritka módon, amikor az mind gazdasági, mind ökológiai, mind szociális szempontból is nyereséges.

Az erdő, mint széntároló

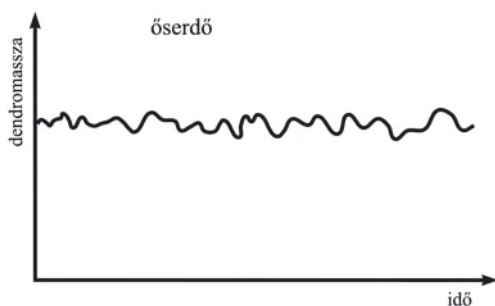
Az erdő igen összetett ökoszisztéma. Széntárolásának több komponense van (talaj, avar, holt fa, élő fák, egyéb élő növények). Most anélkül, hogy az erdő széntárolásának részleteibe belemerülnénk, arra a fontos kérdésre térünk csak ki, miért van a légköri CO_2 csökkentésben kedvező hatása annak, ha a fákat kivágjuk, azaz a fakitermelésnek. Az erdő növekedése során ugyanis elér egy olyan állapotot, mikor széntároló kapacitása a maximumon van. Széndioxid nyelő funkciója ekkor megszűnik, mert a fotoszintézis során a légkörből elvont CO_2 és az elhalt, lebomló növényekből felszabaduló CO_2 egyensúlyba kerül. Ilyen tipikus eset az érintetlen őserdő (4.3a ábra).

Ha azonban az erdő fát még előbb, az úgy nevezett vágásérett korban – akkor amikor CO_2 nyelő képességük drasztikusan csökkenni kezd – kivágják, az erdőben tárolt szén mennyisége ugyan lecsökken, de ezzel párhuzamosan megújul a CO_2 nyelő képessége, mert az újra növő fák újabb légköri CO_2 kivonást eredményeznek. Ez a fenntartható módon művelt gazdasági erdők tipikus esete (4.3b ábra).

A 4.3b ábra szerint az erdőnek a vágásfordulónként megújuló CO_2 nyelő képessége a kitermelt faanyaggal arányos, de a folyamatosság csak akkor tartható fenn, ha fakitermelés nem lépi túl, de inkább el sem éri az éves folyó növekedék mértékét, és az erdő megújulása biztosított. Ez a fenntartható, vagy más néven a tartamos erdőgazdálkodás feladata.

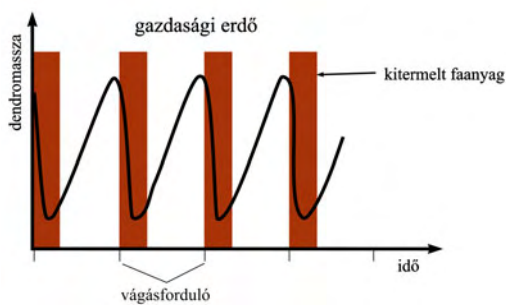
Az erdő széntárolásának összetettségére egy hipotetikus példát mutat a 4.4 ábra melyen egy feltételezett egy évben telepített negyven éves vágásfordulójú akácerdő hektáronkénti szénkészletének CASMOFOR programmal készült szimulizációs modelljét látjuk. Az ábra a gazdasági erdők szénkészlet alakulásának tipikus „fűrészfog szerű” lefutását mutatja. Kékkel jelölve azt a szénkészletet látjuk, mely a kitermelt fával kikerül az erdőből. Sötétzöld szín jelöli az élő fák föld feletti biomasszájában található szénkészlet változásait.

A hazai erdők élőfakészlete 2009. évben 355 millió m^3 volt (2. fejezet 2.4 ábra) ami 87 millió tonna szén tárolását jelenti. Ez a készlet évről



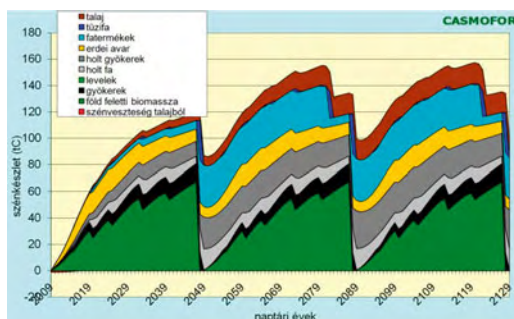
$$\text{CO}_2 - \text{input} = \text{CO}_2 - \text{output}$$

4.3a ábra: Az érintetlen őserdő nem rendelkezik légköri szén-dioxid csökkentő hatással



$$\text{CO}_2 - \text{input} > \text{CO}_2 - \text{output}$$

4.3b ábra: Gazdasági erdőkben a fakitermelés légköri szén-dioxid-csökkentést eredményez



4.4. ábra: Egy akácerdő hektáronkénti széntárolása szimulációs modell alapján. (Forrás: Somogyi Z.)

évre növekszik, mivel a kitermelt faanyag mennyisége kisebb, mint az éves növekmény. Bennünket most a továbbiakban annak a faanyag-nak a szénkészlete érdekel közelebbről, mely az erdei fatermekékekkel kikerül az erdőből. A továbbiakban ennek a sorsát vizsgáljuk.

Faanyag, mint széntároló

Az erdőből kiszállított faanyag a 4.2 ábrán barna színnel jelölt nyilak mentén folytatja útját a civilizációs szén ciklusban. Ez a fahasznosítás területe, ahol a széntárolás növelésében az első fontos kérdés a kitermelt fa mekkora hányada kerül égetésre, illetve hasznosul anyagában, fatermékekben. Hazánkban ez az arány hozzávetőlegesen 60-40%. A kitermelt fa mintegy 60%-a tehát nem vesz részt a széntárolásban, azaz közvetlenül fatermékekben tárolt szén módjára nem járul hozzá a CO₂ csökkentéshez. Ez az arány azért csökkentendő – még akkor is, ha amint majd később látni fogjuk, a fa energetikai hasznosítása fosszilis energiahordozók helyett közvetve a helyettesítési potenciál alapján mégis hozhat CO₂ csökkentést –, mert a széntárolás-kapacitás növelésének igazi helye a hosszú életű, tartós fatermékek széles köre. Elsődlegesen a fatermékek mennyiségének és élettartamának növelése szolgálja ezt a célt. Méghozzá dupla hatással, egyszer közvetlenül, mint széntároló, másodszor közvetve olyan anyagok helyettesítésével, melyek előállításához nagy CO₂ kibocsátással járna. Ezért nagyon fontos, hogy már az első lépésnél helyes kiindulási helyzet alakuljon ki azáltal, hogy a CO₂ csökkentés szempontjából is jól állapítsuk meg a felhasználási arányokat. A fatermékek ciklusának széntárolás-növekedésre „járatásában” prioritást kell kapnia az anyagában történő fahasznosításnak, míg az energia célú égetésnek fosszilis energiahordozó kiváltására az életút végén van az igazi helye.

A 4.2 ábrán a fahasznosítás szén ciklusának ideális, teljesen zárt, formáját látjuk, azaz a rendszerbe került faanyag csak egy helyen az égetésben van kimenete. Ezt az ideális állapotot azonban majd csak akkor fogjuk elérni, ha teljesül a hazai (és EU) hulladékszabályozás jövőt illető előírása, mely szerint a hulladéklerakókban maximálisan 3% lehet a szerves lebomló hányad, tehát elhasznált fatermék sem kerülhet oda. Ma persze még más a helyzet, és bár a fahagyatékok maradványai (köznyelven hulladékok) már most is teljes mértékben hasznosulnak, de a fatermékek életút végi sorsa még nagyon gyakran a hulladéklerakóba vezet (4.5 ábra).

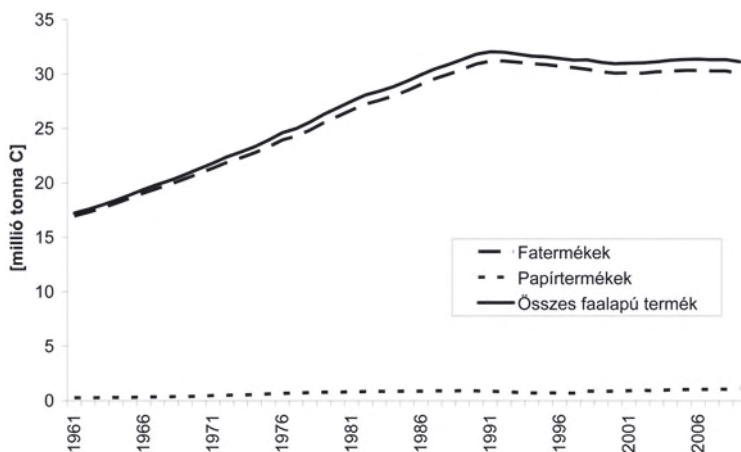
A 4.2 ábra szén ciklusának kimeneti oldalán szürke nyilakkal mutatott CO₂ kibocsátásokat (emissziókat) találunk. Ezek között döntő hányadot tesz ki a fa égetéséből és lebomlásából (lassú égés) származó CO₂, de itt jelenik meg a civilizációs szén ciklus teljes működtetéséhez szükséges fosszilis energia hordozók használatából származó CO₂ emisszió is. Ez utóbbi nem



4.5 ábra: Lomtalanítás, szanalás

más, mint a fatermesztés és fahasznosítás ciklusának szén lábnyoma. (A későbbiekben az életciklus elemzés kapcsán erről is lesz szó.)

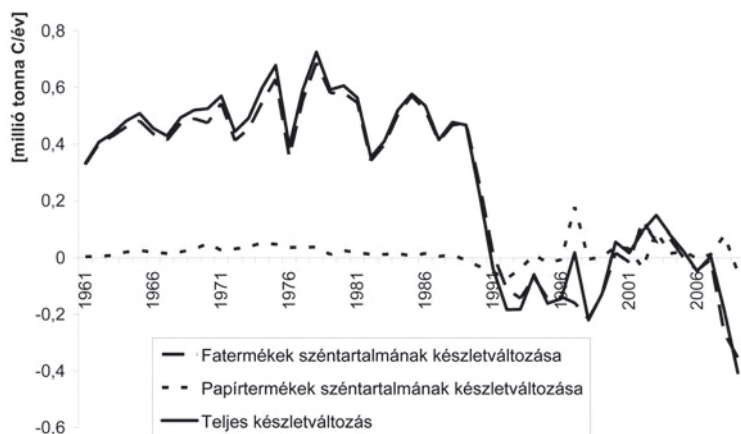
A hazai fatermékek széntárolásának bemutatásához felhasználtuk a TÁMOP 4.2.2 kutatás eddigi eredményeit. A 4.6 ábra a hazai papír és fatermékekben tárolt szén összes mennyiségének alakulását mutatja 1961 óta eltelt időben.



4.6 ábra:
A hazai fa- és
papírtermékekben
tárolt szénkészlet alakulása

A 4.6 ábra igen tanulságos. Azt mutatja, hogy a fatermékekben tárolt szénkészlet 1961-től a rendszerváltásig évente 0,5 millió tonnával növekedett, elérte a 31 millió tonnát, majd csökkenni kezdett, és ma kb. 30 millió tonna körüli ingadozó értéket mutat. Ez azt igazolja, hogy a fahasznosítás szenciklusának alakulását poli-

tikai, gazdasági, konjunktúrális és piaci hatások erősen befolyásolják, ezért előfordulhat, hogy a fatermékekben tárolt szénkészlet nem növekszik, hanem ellenkezőleg csökken, ami hazánkban a rendszerváltás utáni években, majd a gazdasági válság ideje alatt elő is fordult. (4.7 ábrán a negatív tartomány) Ez pedig CO₂ kibocsátást jelent!



4.7 ábra:
A hazai fa- és papírtermékekben
talált szénkészlet változása évenként

A fahasznosítás szenciklusának tartós széntárolás növekedésére „járatása” tehát nyugodt társadalmi helyzetet, gondos odafigyelést és okos kormányzati gazdasági- és klímapolitikai döntést igényel.

A fatermékekben található szén mennyisége tömegük alapján számítható. A 4.1 táblázat-

ban néhány fatermék széntartalmára láthatunk példát, feltüntetve azt, hogy ez mennyi légköri CO₂-ból származik, és azt is, hogy élettartama alatt hány évig fejt ki ezt a hatást.

Fatermékek széntároló (és ebből fakadóan légköri CO₂ csökkentő) képessége különösen a nagy tömegű termékek, mint pl. faházak, bútorok, stb. esetében jelentős. Hazai és európai viszonylatban leginkább a faépítészeti fejlesztésétől várható kedvező hatás. Ezért hirdette meg a CEI-Bois (az

Európai Faipari Szövetség) jelszavát, melyhez a FAGOSZ (Faipari Gazdálkodók Országos Szövetsége) is csatlakozott: „Küzdj a klímaváltozás ellen: használd fát”.

	Fatömeg (kg)	Tárolt C (kg)	CO ₂ csökkentés (kg)	Élettartam (év)
Gyerekágy	12	6	22	10-15
Homokozó láda	30	15	55	15-20
Belső ajtó	10	5	18	30-45
Íróasztal	25	12,5	46	30-40
Családi ház (140m ²)	15 000	7 500	27525	80-120
Berendezés (3 szobás ház)	1 400	700	2569	30-50
Parketta (25m ²)	126	63	231	10-25
Fakerítés (20m)	150	75	275	15-20
Kerti pad	18	9	33	10-15

4.1 táblázat: Néhány fatermékben tárolt szén mennyisége.

Sajnálatos módon kevésbé közismert a fatermékek széntárló (és ebből fakadóan légköri CO₂ csökkentő) képessége, amely különösen a nagy tömegű termékek, mint pl. faházak, bútorok esetében jelentős. Hazai és európai viszonylatban leginkább a faépítészeti fejlesztésétől várható kedvező hatás. Ezért hirdette meg a CEI-Bois (az Európai Faipari Szövetség) jelszavát, melyhez a FAGOSZ (Faipari Gazdálkodók Országos Szövetsége) is csatlakozott: „Küzdj a klímaváltozás ellen: használd fát”. A TÁMOP 4.2.2 projekt keretében vizsgáljuk a faállományok (erdők) és a fatermékek széntároló képességét. Megállapítottuk, hogy az erdők élőfakészletében (térfogatban) 87 millió, a fatermékekben 31 millió tonna szén tárolódik. Ezen készletek együttesen a hazai szénkibocsátás 10-12%-ának tartós megkötését biztosítja évente. A faanyag tehát a szén-ciklus, és így a klímavédelem fontos szereplője.

5. Fafeldolgozás, fatermék gyártás

Rövid áttekintést adunk a kitermelt 6,5-7,0 millió m³ faanyag elsődleges feldolgozásáról (fűrész- és lemezipari termékek), valamint ezen termékek további feldolgozásáról, hasznosításáról (építészet, bútorok, parketták stb.). Tehát a fejezetben arra a keressük a választ, hogy miért, mire és hogyan használjuk a fát?

Az evolucionisták (törzsfelföldés hívők) és a kreacionisták (teremtéshívők) is megegyeznek abban, hogy a fák régebb óta vannak jelen a Földön, mint az ember. Az ember megjelenésekor a fák már itt álltak, növekedtek, susogtak a szélben, termést-, gyümölcsöt teremtek. Az ember megjelenésével a szükségletek is megjelentek. A szükségletek egy részét az ember a környezetében található anyagok segítségével igyekezett kielégíteni. Az egyik leghasznosabb ilyen anyag volt a fa. Megfelelő szilárdsággal rendelkezik, ugyanakkor könnyen meg is munkálható és nagyon sok célra felhasználható. Már az őskori kultúrákban is kulcsszerepet töltött be a faanyag (lásd 3. fejezet). Segítségével repesztették a sziklákat a piramisokhoz, a keleti birodalmak – máig fennmaradt – impozáns épületei készül-

tek belőle; ez az anyag biztosított alapanyagot a középkor és újkor hatalmas hajóflottáihoz, szárazföldi és a vízi szállításban is egyaránt pótolhatatlan szerepet töltött be, de a hőtermelésben, élelmiszerkészítésben is nagy hasznára volt az emberiségnek.

Az idő múlásával, a faanyaggal és a megmunkálásával kapcsolatos ismeretek folyamatosan bővültek, ennek megfelelően egyre több és kidolgozottabb fatermékek jelentek meg, mind napjainkig. Ez a fejlődés az ipari forradalom kezdetével jelentősen felgyorsult, különösen az elmúlt évszázadban. A mai fejlett ipari kultúrában a faanyagnak a lakossági felhasználása mellett számos és jelentős ipari alkalmazása is van, melyekre ebben a fejezetben csak érintőlegesen térünk ki.

.A hengeres faanyag feldolgozási módjai

A faanyag feldolgozás első bázisa a legtöbb esetben a fűrészüzem. Itt az erdőben kivágott hengeres alakban megjelenő faanyagot gerendákra, deszkákra fűrészelik. A további feldolgozás előtt a deszkákat leszárítják, esetleg gőzölik. A szárítás nagyon fontos eleme a fafeldolgozásnak, mert higroszkópos anyag lévén a faanyag a nedvesség hatására változtatja a méreteit. Ezért

repedhetnek meg a frissen készült bútor vagy ajtó elemei, keletkezik rés a parketták között és reped szét a fából készült kerítésoszlop. A kellemetlen hatások elkerülése érdekében igyekszünk a faanyag nedvességtartalmát az adott hely klímájához igazítani. Megfelelő szárítással a faanyag repedése megelőzhető.

A hazai fűrészüzemekben ma 1,3-1,4 millió m³ rönköt dolgoznak fel.

A legvastagabb, hibátlan rönkből furnért hámoznak rétegelt lemezek, idompréselt bútorelemek (pl. székülések, széktámlák) gyártására. A legértékesebb, dekoratív rajzolatú fák egy részéből (pl. dió, tölgy, kőris) vékony színfurnérokat hasítanak a bútorok látható felületének szebbé tételére. Sajnos a hazai furnérgyártás csak igen szerény mértékben (30-40 ezer m³) használ fel rönk anyagot.

Az alacsonyabb minőségű és vékonyabb hengeres fákat nagy rakásokban (sarangokban) tárolják (cca. 1,1 millió m³). Az ilyen anyagokból forgács- és farostlemezek, valamint papíripari cellulóz készül. A különböző falemezeket a bútort és az építőipar nagy tömegben használja.

A hengeresfa feldolgozásából nyert fűrészáru, furnér, rétegelt lemez, forgács- és farostlemez biztosítja az alapanyagot a faépítészethez és a különböző fatermékek előállításához.



5.1 ábra Fűrészüzem

•Ismét nő a jelentősége a faépítményeknek

A hegyvidékeken évezredek óta nagy hagyománya van a fával való építésnek. A Kárpátokban, Alpokban is az épületek nagy része fából készül és készült. Norvégiában mindmáig a lakóházak több mint 90% faház. A fával való építésnek számos előnye van:

- környezetbarát anyag, feldolgozása nem károsítja a környezetet;
- megfelelő kidolgozásban esztétikus szép anyag;
- súlyához képest kiemelkedően nagy szilárdságú;
- jó hőszigetelő képességgel rendelkezik;
- higroszkóposágának köszönhetően kellemes klímát biztosít;
- tartós, a levegő szén-dioxidjából származó szént akár több száz évig is tárolhatja;
- földrengés biztos.

Ezek az előnyök a leginkább a gerenda vagy boronafalas faházakban élvezhetőek. A leggyakrabban mai alkalmazása a vázszerkezetes épületekben, ahol szintén kiválóan tölti be a funkcióját.



5.2 Rönkház az Alpokban

.Használjunk minél több fatárgyat

A fatermékek legnagyobb alkalmazási színtere az épületek belső terein található, beleértve az ajtókat és ablakokat is.

Ha elvégezzük a következő rövid kísérletet, akkor a fenti állításunk könnyen igazolódik az olvasó számára. Csukjuk be a szemünket néhány tíz másodpercig, amíg a gondolataink lenyugszanak, majd mikor újra kinyitjuk koncentráljunk a fából készült dolgokra. Ahogy mozgatjuk a szemünket és a fejünket tudatosan nézzük meg a tárgyakat, amelyek fából készültek. Ha közben átmegyünk egy másik helységbe ott is folytathatjuk a kísérletet és észre fogjuk venni, hogy a fa a XXI. században is, milyen jelentős szerepet tölt be az életünkben. Több mint 20 ezer terméket gyártanak fából a világon, a faháztól a fogpiszkálógig.

A korábbi kísérletben biztosan az elsők között kerültek a szemünk elé a bútoraink. A textilborítás alatt szinte mindig ott van a fa vázszerkezet, amely a bútor tartását, szilárdságát adja. A lakás bútorzatának nagyon jelentős része fa vagy faalapú anyag. Elterjedtek és praktikusak a nagy üzemekben és mennyiségben iparilag előállított forgácslapok és farostlemezek, melyek a korpusz (keretszerkezetű) bútorok anyagát adják. A legtöbbször a beépített szekrények, konyha-, szobabútorok készülnek ilyen agglomerált fa-lemez termékekből. Magasabb igényeket magasabb áron elégítenek ki a keményfa tömör bútorok. Egyre jobban terjednek el a skandináv hagyományból táplálkozó fenyő bútorok is. A leszárított fenyő deszkákból, lécekből magas szintű technológia segítségével táblákat alakítanak ki és ezekből a táblákból szabják ki a bútor elemeit, melyeket keretszerűen építenek össze. Ez a termékcsalád ötvözi a forgácslapok könnyen kezelhető tábla rendszerét és a természetes faanyag esztétikai szépségét, természetességét.

Külön csoportot képeznek az ülő és étkező bútorok. Ezen termékek körében is nagyon széles minőségi skáláról válogathatunk. Sajnálatos, hogy a hazai gyártók rovására egyre több alacsony minőségű távol-keleti bútor árasztja el a piacot. Komoly kihívást jelentenek a műanyag- és a fémszerkezetű bútorok is, amelyek esetleges alacsonyabb árak mellett is nagyobb környezet-szennyezést jelentenek a gyártásuk és az életciklus végén történő megsemmisítésük során.

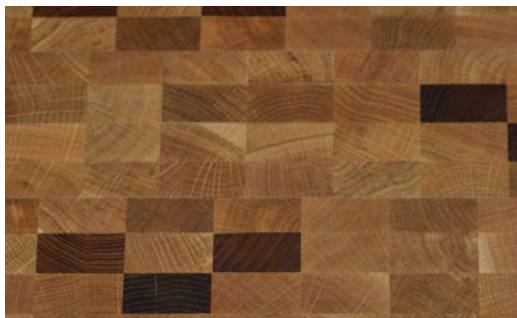
Ajtók és ablakok is a szemünk elé kerülnek, ha a „fatermék kereső” szemüvegen keresztül nézzük a környezetünket. A legjobb minőségű



5.3 ábra Nyárfából készült tömörfa bútor

nyílászárók ma is fából készülnek, többretegű ragasztott faanyagból. Az olcsóbb kategóriában jelentős betörés történt az olcsó műanyag termékek részéről, de a nyugat-európai piacokról már a magas környezetszennyezési hatásuk és esztétikai hiányosságaik miatt egyre inkább visszaszorulóban vannak. Ugyanolyan méretű és minőségű műanyag ablak legyártása hat-szor annyi káros anyag kibocsátással jár, mint egy faablaké. Ugyanezen ablak megsemmisítése szintén sokkal nagyobb mértékben terheli a környezetünket, mint az egyszerűen és hasznosan újrahasznosítható faablak esetében. Mindemellett a faablakok már bizonyították, hogy

néhány évtizedes élettartammal szolgálják a tulajdonost, a műanyag ablakokról ez még nem derült ki.



5.4 Háromrétegű tölgy bútüparketta

Jelentős fatermék paletta található a padló és falburkolatok területein. A leggyakoribb alkalmazás a parketták terén bontakozik ki. A hagyományos csaphornyos parketta magasabb ára és nagyobb lerakási munka igénye ellenére is megtalálható a termékek között. Nagyon sok házban még ilyen halszálla mintára rakott parketta található. Ha sikerül a vizet távol tartani a parkettától, akkor akár száz évig is kifogástalanul működnek. Természetesen alkalmankénti felcsiszolása és újralakkozása sokban járul hozzá esztétikai értékének megőrzéséhez. Szintén tiszta fából készülnek a svéd padlók, hajópadlók és a két- illetve háromrétegű szalagparketták. Ez utóbbi kategória a legelterjedtebb a vásárlók körében ma Magyarországon a tömörfa parketták közül. A laminált parketták alsó hordozó rétegének alapanyaga legtöbbször szintén fa, rostosított és préselt formában, de járó rétege színezet, esetleg érezet nyomott műanyag fólia. A nagy felületi keménysége és kopásállósága ellenére mégsem tekinthető természetes anyagnak. A parketták között számos extra kivitelű is megjelenik, mint az intarzia parketta, bútü vagy korongparketta stb.

A lambéria az egyik legszebb és legesztétikusabb falburkoló termék, amely kedvezően vegyíti a természetes faanyag rajzolatát a strukturált profil-kidolgozással. Az igazi lambéria minden esetben természetes faanyagból készül, leggyakrabban fenyőből, de rendkívül impozánsak a lombos faanyagból készített lambériák is. Magasabb árkategóriát és esztétikai értéket képviselnek a kazettás kialakítású fal vagy mennyezet burkolatok is, amelyek intarziás kivitelben is megjelenhetnek.

A felsorolt kategóriákon túl számos kisebb mennyiségben előforduló fatermék található a lakásokban. A konyha eszközök között szinte felsorolhatatlan típusú, fajtájú jelenik meg a vágódeszkától a kések nyeléig. A karnisok, csillárok, képkeretek esetében is általában fából készültek a legelegánsabbak.

A sok fajú lombos erdeink változatos, esztétikus megjelenésű termékek előállítását biztosíthatják

Magyarország példamutatóan növeli erdőterületeit: az elmúlt 20 évben 228 ezer hektárral gyarapodtunk. Ezzel szemben az egy főre jutó fatermék, faanyag felhasználásunk 30%-kal csökkent (hengeresfa egyenértékben ez ma 0,7 m³/fő/év). A bemutatott példáink is jól érzékeltetik, hogy a kitermelt faanyag fokozottabb, értékesebb felhasználása az életminőségünk javítása, a klíma- és környezetvédelem szempontjából egyaránt nagy lehetőségeket rejt magában. A fosszilis eredetű nyersanyagok csökkenésével a fafeldolgozás, a fatermékek használata viszszerterhet a ősi rangját. Használjunk minél több gyönyörű fatárgyat és építsünk hangulatos, meleg faházakat.

6. Újrahasznosítás, hulladékmentesség, a faanyag csodálatos adottsága

Az emberiség és a faanyag évezredek óta szimbiózisban él egymással: használja a természet adta fát, de gondozza is az erdőállományt. A kölcsönösség sajnos nem minden korszakban valósul(t) meg, kezdetben természetesen az erdők csupán kiszolgálták az embereket, majd az utóbbi évszázadokban tudatos "visszatáplálás", erdőtelepítések, és gondozás valósult meg az erdőgazdálkodás révén. A Kiotói Klímaegyezmény (1997) számos változást hozott a tagállamok energiagazdálkodásában, és előtérbe került a biomassza fűtőanyagú elektromos áramot termelő erőművek állami szintű támogatása, amely jelentős hatást gyakorolt az erdők ill. a kitermelt faanyag felhasználására.

Ezek értelmében a biomassza, azon belül is a faanyag jelentősége megnőtt a benne tárolt szén mennyisége miatt. Így válnak fontos széntároló pufferré a faalapú termékek is, hiszen azok, amíg használatban vannak valamilyen formában, addig őrzik a beléjük zárt szenet (lásd 4. fejezet). A faanyagra támaszkodó iparágak így módon részt vesznek a szén-dioxid körforgásában, és hosszabb-rövidebb időre az elsődleges ill. az újrahasznosítás/újrahasználat révén megkötik a szenet a légkörből. A faanyagok, fatermékek nyilvánvaló klímavédelmi szerepe felértékelte a korábban nehezen hasznosítható melléktermékeket (fűrészpor, darabos hulladék) és előtérbe helyezte a korszerű újrahasznosítás megoldási kérdéseit.

.A biomassza sorba kapcsolása (szekvenciális használata vagy kaszkádózás)

A szén-dioxid kibocsátás rövid és középtávú csökkentésére egy új szemléletet célszerű kialakítani, amihez megfelelő támogatási és törvényi háttér szükséges biztosítani. Ez pedig nem más mint a biomassza (faanyag) szekvenciális használata, avagy a biomassza sorba kapcsolás, a minél teljesebb termék-életciklus kihasználása. Ez azt jelenti, hogy a kitermelt fát ne egés-

sük el egyből, hanem termék formájában minél tovább őrizzük meg a belé zárt szenet és csak a legvégső esetben engedjük vissza (akkor is energia nyerés mellett) az atmoszférába, ahonnan a növényzet, a tengerek ismét elnyelhetik.

Ahhoz, hogy megértsük és szekvenciálisan használjuk a faalapú termékeket, mint széntárolókat, néhány ponton módosítani kell hagyo-

mányos fogalmainkat, úgy mint faipari hulladékok vagy faalapú hulladékok (elhasználódott bútorok, ablakok, stb.). Kereszteljük át, és persze kezeljük is aszerint, visszanyert faanyagnak mindazt a faalapú anyagot, amely mint termék már elérte a használatának végét. Ezek tehát nem hulladékok ilyen megközelítésben, hanem további ipari feldolgozások nyersanyagai. Visszanyert faanyagnak tekintjük: a csomagoló anyagokat, bontási faanyagot, építési területeken visszamaradt faanyagot, lakossági, ipari és kereskedelmi tevékenységből származó használt fa elemeket, stb. Hasonlóképpen járhatunk el az ipari feldolgozásból eredő maradék faanyagok tekintetében, amennyiben ezek egyébként hulladékot képeznének, de a tovább felhasználási ill. újra hasznosítási potenciáljukat tekintve nyersanyagok. Ezeket se nevezzük hulladéknak, hanem másod nyersanyagnak, ami lehet: fűrészipari "hulladék", furnér- és lemezipari "hulladék", bútorigipari "hulladék", erdészeti kitermelés "hulladékai", mezőgazdasági "hulladékok", cellulózgyártás fekete lúgja vagy rostiszap.

A másod nyersanyagok alkalmazása és további termékekben való alkalmazása az ún. hulladékmentes technológiák felé mutat. Mind gazdasági, mind környezetmegóvási szempontból igen egyértelműen törekedni kell a hulladékok keletkezésének csökkentésére, akár megszüntetésére. Erre a faanyag, mint természetes és megújuló biopolimer tökéletesen alkalmas. A hulladékmentes ffeldolgozásra több példa is hozható.

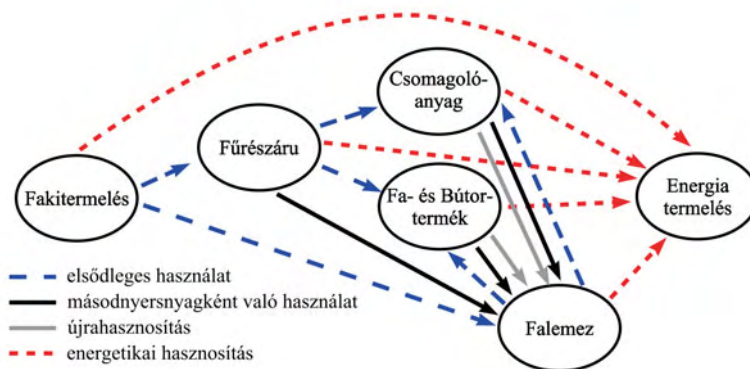
Vegyünk egy fűrészüzemet, amely törekszik az alapanyag teljes feldolgozására/felhasználására, amelynek a felhasználás helyét és jellegét tekintve több változata is elképzelhető (6.1. táblázat).

Egy második példa a lemezipar lehet, ahol egymás mellé telepítenek két vagy három folyamatos technológiájú gyártósort: egy OSB gyártósort, amelynek viszonylag magas a hulladék mennyisége, ezt azonban a mellé települt forgácslapgyár másod nyersanyagként használja fel a megszokott alapanyagai mellett, amelynek jó része lehet más faipari termelésekből származó másod nyersanyag (nem hulladék), pl. fűrészpor, hámozási maradék, maradékhenger, használt fa csomagoló anyagok (raklap, kábeldob, láda, stb.), saját termék bútorgyári feldolgozásból származó maradéka (ott hulladék), saját rontott lemezek. Mindez kiegészülhet egy farostlemez gyártósorral, ahol a további kis méretű maradékok egészíthetik ki a termelés alapanyag szükségletét. Ezen felül a keletkező kéreg alkalmas lehet a gyár hőenergia igényének biztosítására (üzemcsarnokok és irodák fűtése, a hőprések thermo olajának fűtése).

Általánosan a 6.1 ábra mutatja be a faanyag útját a főbb feldolgozási és felhasználási módokon és újrahasznosítási ill. hulladékmentes technológiákon (másod nyersanyag hasznosítás) keresztül, a végső energiatermelésig. Látható, hogy a közvetlen energiakitermelést célszerű elkerülni.

Megnevezés	Felhasználás			
	1. változat Hulladékudvar	2. változat Hulladékudvar	3. változat Üzemben marad	4. változat Üzemben marad
Darabos hulladék	aprítás majd pellet/ brikett	tovább forgácslap gyárba	aprítás	apírtás, majd pl. rak- laptőke
Fűrészpor	pellet/brikett		pellet/brikett (saját hőhöz vagy eladásra)	pellett/brikett (saját hőhöz vagy eladásra)
Gyaluforgács				
Kéreg	komposzt/mulcs	komposzt/mulcs	hőtermelésre	hőtermelésre

2. táblázat: Fűrészüzem hulladékmentes technológiával



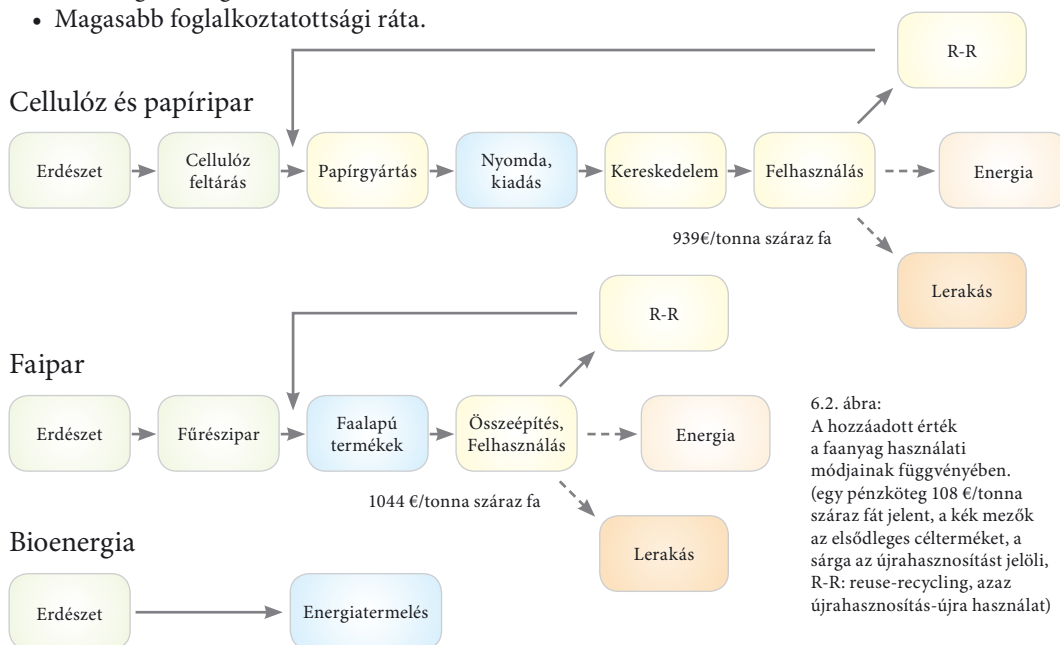
6.1 ábra: A biomassza sorba kapcsolás általános folyamatábrája a faanyagok hasznosítására vonatkozóan

Ha összehasonlítjuk a kitermelt faanyag ipari felhasználását az energetikaival, akkor nemzetgazdasági szempontból egyértelmű különbség állapítható meg mind hozzáadott érték, mind pedig a foglalkoztatottság tekintetében (6.2. és 10.4. ábrák - forrás: EPF).

A biomassza szekvenciális használatának előnyeit az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- Potenciálisan csökkentheti a CO₂ emissziót ha/év tekintetben.
- Javítja a CO₂ csökkentési költségeket.
- Magasabb anyagi nyereség hosszútávon, nemzetgazdasági szinten.
- Magasabb foglalkoztatottsági ráta.

Ezek kapcsán javasolt kerülni a tisztán energetikai célú faanyag felhasználást, figyelembe kell venni a faalapú termékek értékláncát a lehető leghosszabb széntárolás miatt, így ezáltal is teszünk a klímaváltozás ellen. Módosítani kell a támogatási rendszert a szocio-ökonómiai tényezőket is figyelembe véve, támogatni kell a faalapú melléktermékek és visszanyert fa (újra) hasznosítását és finomítani kell a jogszabályokat a hulladék/visszanyert fára vonatkozóan.



6.2. ábra: A hozzáadott érték a faanyag használati módjainak függvényében. (egy pénzköteg 108 €/tonna száraz fát jelent, a kék mezők az elsődleges célterméket, a sárga az újrahasznosítást jelöli, R-R: reuse-recycling, azaz újrahasznosítás-újra használat)

.Hulladék fából és papírból környezetbarát ragasztó

A TÁMOP 4.2.2. projekt III.2. Fa és papíripari melléktermékek tulajdonságainak feltárása, hasznosítási stratégiák kidolgozása feladatban folyó kutatások egyik témája a faanyag cseppfolyósítása, amely környezeti szempontból egy előnyös módszer lehet a farostlemezek ragasztásában, mivel formaldehidmentes, biológiai úton lebomló termék gyártható általa. Ugyanakkor ez is egy lépés a hulladékmentes technológiák felé, mivel bármilyen, korábban hulladéknak nevezett lignocellulóz anyag átalakítható ilyen módon terméké. Kutatásunk során glicerín és PEG (polietilén-glikol) oldatát használtuk reagensként és kénsavat katalizátorként a fa cseppfolyósításánál. A vizsgálati eredmények szerint a faanyag mintegy 91 perc alatt teljes mértékben cseppfolyósítható. Az így nyert szerves kötő-

anyagot alkalmaztuk farostlemez gyártására. Az eredmények rendkívül biztatóak, laboratóriumi körülmények között teljesültek a szabványos MDF típusú farostlemezek követelményei. A cseppfolyósítási eljárás kapcsán elindítottuk és folyamatban van a szabadalmi eljárás.

A cseppfolyósítási eredményeket felhasználva, minden típusú hulladékpapír átalakítását és így ragasztóanyag előállítását meg tudjuk valósítani. A szén így más polimerizált termék formájában fog újra hasznosulni. A szén-dioxid megtartó képesség konvertált papíripari hulladékok esetén is jelentős lehet.

A fafeldolgozás stratégiai előnye a hulladékmentesség

A modern kor egyik problémája, amely a műanyagok fokozottabb felhasználásával az utóbbi évtizedekben sarkalatosá vált, a hulladékok kezelésének, égetésének a környezetbarát megoldása. A korábbi évtizedekben a faipar volt az egyik legnagyobb hulladéktermelő ágazat. Az új kutatások és gyakorlati eredmények igazolják, hogy a fának nincs hulladéka: a keletkező másodnyersanyagok és elhasznált termékek ismét bevonhatók a hasznosítási láncba ("biomassza sorbakapcsolás"). A klímavédelem érdekében csak többszöri újrahasznosítás után célszerű a faanyag energetikai hasznosítása. Hulladék fa és/vagy papír cseppfolyósításával értékes ragasztó készíthető.

7. A fatermékek gyártási energiaszükséglete

A XIX. században kezdődött ipari fejlődés szakadatlan erősödése, a folyamatos tudományos és technikai haladás, mindezidáig lehetővé tette a gyorsan növekedő igények kielégítését a nagy mennyiségű alapanyag-feldolgozás és árutermelés árán. Mindezek miatt hatalmas méretűvé nőtt mind a lakossági, mind a termelő szektor energia igénye. A XX. század végére világossá vált, hogy az energia-, anyag- és környezetgazdálkodásnak ez a formája továbbra fenntarthatatlan, és kényszerítő erővé vált a racionalizálás, a hatékony energia- és anyaggazdálkodás, a szigorú természetvédelem és a természettel történő ésszerű együttműködés. A szükségletek megteremtéséhez, az újfajta életvitel kialakításához jelentős változtatásokra van szükség. Ennek egyik legfontosabb területe az energiatermelés és felhasználás átalakítása. Első lépésben megkezdődött a megújuló energiaforrások (biomassza, víz-, szél-, nap-, geotermikus energia) fokozottabb igénybe vétele, valamint az energia-hatékonyság növelése. Mindezek a feladatok természetesen a fafeldolgozás terén is megjelentek.

.A termék előállítás energia igénye

A faanyag kiváló műszaki tulajdonságai, könnyű elérhetősége és megmunkálhatósága miatt mindig alapvető nyersanyaga és energiaforrása volt az embernek. A különböző termékek megítélését most az előállításukhoz szükséges energiamennyiség alapján végezzük (7.1. táblázat).

7.1. táblázat:
Egyes termékek előállításához
szükséges energiamennyiség

Termék	1 tonna termék előállításának
energiaszükséglete [kWh/t]	1. változat Hulladékudvar
Építőfa	580
Tégla	2320
Cement	2900
Műanyag	3480
Üveg	8120
Acél	13920
Alumínium	73080

Az energiaigény csökkentéséhez, és az energiahatékonyság fokozásához azonban pontosan ismernünk kell azokat az alapanyagokat és gyártástechnológiákat, amelyek igen jelentősek az energetikai problémák szempontjából. A faanyag, köszönhetően annak, hogy képződése a fotoszintézisben „ingyenes energiával” a napfény segítségével történik, valamint, hogy az er-

dészeti műveletek energia szükséglete is csekély, szerencsére nem tartozik ezek közé az anyagok közé. A fafeldolgozás energia szükséglete már más képet mutat, az egyes területek között (pl. forgácslap és fűrészáru gyártás) lényeges különbség lehet, ezért az értékelésnél differenciáltabban kell eljárni. Alapvető tény azonban, hogy minden fatermék az életút végén anyagában na-

gyobb energiataralommal rendelkeznek, mint amennyi energiát a „bölcsőtől a sírig” ráfordítottak, azaz úgynevezett plusz energia termék. Különböző technológiákkal aztán lehetőségünk van ezt a fában tárolt energiát kinyerni, fűtésre

és/vagy villamos áram termelésre felhasználni. Ilyenek lehetnek pl. a kogenerációs erőművek, ahol kapcsolt energiatermelés (hő-, és villamos energia) valósítható meg.

A hazai faipar energiafelhasználásnak szerkezeti bemutatása

A iparágon belül már régóta fő törekvés volt az energiafelhasználás csökkentése. A feldolgozó üzemekben felhasznált energia alapvetően hő- és villamos energiára különíthető el, melynek aránya az 1980-as években az általános 80/20%-ról (hő-, és villamos energia arány) – felmérésünk szerint – több modern üzem esetében 50/50%-ra, vagy akár 40/60%-ra módosult.

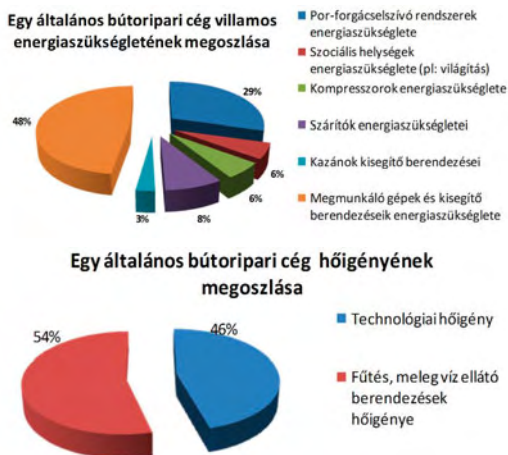
A villamos energia felhasználók - a technológiákon belül - az alábbiak:

- a) Faipari termelőgépek és berendezések, illetve azok üzemfenntartásához nélkülözhetetlen gép és szerszámkarbantartás energiafelhasználása.
- b) Technológiai anyagmozgatás, raktározás gépei és berendezései.
- c) Technológiát kiegészítő, kisegítő gépészeti berendezések, mint:
 - általános épületgépészet
 - világítás
 - kalorikus készülékek
 - sűrített levegő ellátás
 - hidraulikus berendezések
 - por-forgácselszívó és szállítórendszerek
 - szellőztető rendszerek
 - gőz-gáz elszívó rendszerek
 - brikettálás, pelletálás berendezései
 - egyéb berendezések (pl. kisgépek stb.)

Hőt hasznosító felhasználók:

- a) Technológiai berendezések
 - termikus hőkezelő berendezések (szárítók, gőzölők, fanemesítők stb.)
 - prések
 - felületkezelő berendezések
- b) Fűtés, meleg víz ellátó berendezések

A fűrészipari félkésztermékek előállításának energiaigénye a feldolgozott fűrészrönk mennyiség (1,35 millió m³ MgSzH 2009.) alapján nagyon kis hányadot (~1%, 1,33 PJ) képvisel az összes ipari energiafelhasználáson belül. A további feldolgozás már nagyobb és összetettebb energia igényel jár. A 7.1 ábrán például bútorgyártó vállalatok villamos-, és hőenergia felhasználásának szerkezeti alakulását láthatjuk. Villamos energia-felhasználás esetében a legnagyobb részarányt a technológiai berendezések (45-60%), a por-forgács elszívórendszerek (22-28%) és sok esetben a szárítók kisegítő berendezései – mely a 10%-ot is meghaladhatja (természetesen, ha az adott vállalat nem szárítottan vásárolja alapanyagát) – adták.

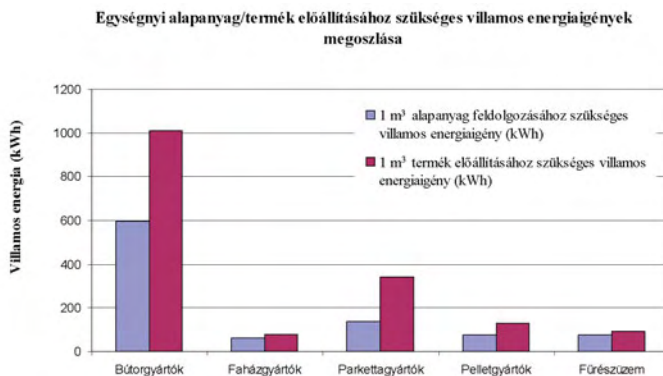


7.1. ábra A Bútorgyártó vállalatok villamos-, és hőenergia szükségletének megoszlása

Egységnyi alapanyag és késztermék előállításához szükséges villamos energiaigény meghatározása

A különböző technológiákban gyártott félkész- és késztermékek energia igénye és az energia fajtája egymástól igen eltérő lehet. Példaként különböző fafeldolgozó vállalatok villamos és hőenergia szükségletét mutatjuk be (7.2 ábra).

7.2 ábra:
Különböző fafeldolgozó vállalatok egységnyi alapanyag/termék előállításához szükséges villamos energiaigények megoszlása



A bútorigipari feldolgozásnál jelentkező kiugróan magas energiafelhasználás főbb okai:

- Egységnyi alapanyag feldolgozása, és a termék kialakítása sokkal időigényesebb és több műveletet is igényel
- Por-forgácselszívó hálózatok általában jobban kiépítettek (általában minden gép rendelkezik elszívással), így ezek több villamos energiát is igényelnek.
- A bútorigipari kis és közepes vállalatok általában jobb infrastruktúrával rendelkeznek, ami az energiafelhasználás növekedésén is érezteti hatását

Az egyes termékek gyártásakor keletkező környezeti ártalmak szoros összefüggésben állnak a felhasznált energia mennyiségével. Ha példaként a tömör építő fa előállításának energiaigényét 1-nek vesszük, akkor a téglá 4, a cement 5, a műanyag 6, az üveg 14, az acél 24, az alumínium 126. A különböző fatermékek előállításának energiaszükséglete is jelentősen eltérő. A legnagyobb igényű a bútork gyártása. Így, a fatermékek gyártásakor fontos feladat megoldásokat keresni a hő- és villamos energia felhasználásának mérséklésére.

8. A fa, mint megújuló energiaforrás

Az emberiség fejlődésével megnövekedett energiaigények hosszú távon a természeti erőforrások kimerüléséhez vezetnek. Ezért alapvető energiagazdálkodási cél, hogy a kimerülőben lévő fosszilis energiahordozókat részben helyettesítsük, miközben növeljük az energiaellátás biztonságát a megújuló energiaforrások részarányának emelésével.

A rendelkezésünkre álló nagy mennyiségű megújuló energiahordozók megfelelő hatékonysággal történő felhasználása elősegíti az energiahatékonyság növelését is.

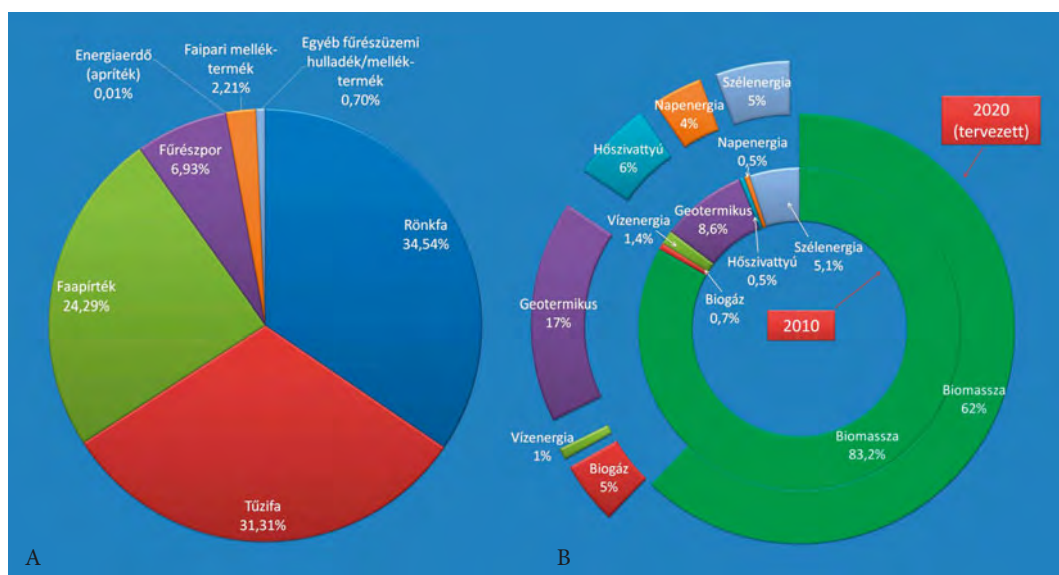
Az Európai Unió 2008 decemberében az ún. „Klímacsomagban” megfogalmazta, hogy a megújuló energiaforrások részarányát 2020-ig 20%-ra kell növelni (Magyarországon 13%-ra) az összes energiaforráshoz viszonyítva. Nem tűnik nagynak Magyarország 13%-os vállalása, ugyanakkor a jelenlegi ~7%-os felhasználásról történő elmozdulás sürgős intézkedéseket indokol. Átfogó, minden energiaforrásra kiterjedő energiastratégia hiánya azonban hátráltatja a megújuló energiák részarányának növelését.

.Fa mint az energetikai biomassza-mix fő bázisa

Megújuló energiaforrásnak tekintjük azon energiaforrásokat, melyeket a természet saját maga, vagy a természet segítségével az ember állít elő, folyamatosan újratermelődik és ezáltal folyamatosan rendelkezésre áll. Köztudott, hogy az energiaellátás biztonságát fenyegető, kimerülőben lévő földgáz (primerenergia-felhasználáson belül mintegy 42%-ot tesz ki) közel végesnek mondható, mely a megújuló energiaforrások használatát felértékeli. Annak ellenére várható felértékelődés, hogy sok esetben nagyobb beruházást igényelnek, mint a hagyományosnak mondott fosszilis (földgáz, kőolaj, szén) energiahordozók. Hazánk sajátosságai miatt öt fő megújuló energiaforrás térnyerésével számolhatunk hosszabb-rövidebb távon: biomassza, földhő, nap, szél és a víz. Magyarország biomassza elméleti potenciálját egyes publikációk 200-330 PJ/év-ben határozzák meg. Természetesen az elméleti potenciál sokkal nagyobb, mint amit valójában elő tudnánk állítani („fenntartható potenciál”: 100-150 PJ).

A faalapú energiahordozók a kimeríthető megújuló energiaforrások közé sorolandók, ellentétben például a széllal, vagy a nappal. Ezért szükséges, hogy az energetikai felhasználás mellé a fenntartható erdőgazdálkodás is kapcsolódjon. Ez nem csak azt jelenti, hogy tartamos erdőgazdálkodást kell végeznünk, hanem azt is, hogy az erdő fennmaradása mellett ismétlődő fahasználat valósuljon meg, így a mindenkori emberi igények kielégítése ne okozzon problémát, segítse a természetes CO₂ körfolyamat és az emberiség fennmaradását.

A megújuló energiaforrások részarányát a 8.1A ábrán szemléltetjük, amelyen látható, hogy legnagyobb mennyiségben a biomassza kerül alkalmazásra (~80%), ezen belül is a kiemelkedő részarányt az erdőgazdálkodásokból származó tűzifa (több mint 50%), és fafeldolgozásból származó faalapú hulladékok/melléktermékek jelentik.



8.1. ábra:
A: Megújuló energiaforrások 2010-es tényleges és 2020-as becsült részaránya B: a biomassza-mixen belüli erdészeti fa, faipari melléktermékek felhasználása 2008.-ban
(Adatok forrása: Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve 2010-2020;
Magyar Energia Hivatal 2008. évi erőművi biomassza felhasználás ellenőrzése)

A rendelkezésre álló gyenge minőségű szántóföldeken és parlagon hagyott területeken fás és lágyszárú energiaültetvények létesíthetők, melyek segítségével a biomassza alapú energia-termelés 2020-ra – reálisan nézve – 50%-kal növelhető (a jelenlegi mintegy 40 PJ-ról 60 PJ-ra). Jelentős tartalékok vannak még az erdőn maradó apadékok, a mezőgazdasági és faipari melléktermékek felhasználásában is. Lényegesen nagyobb kiugrási lehetőség van azonban a geotermikus- és a napenergiában.

A TAMOP-4.2.2-08/1-2008-0020 projekt keretében is többször megfogalmaztuk: alapvető célunk, hogy az erdőből kitermelt fából – amennyiben arra alkalmas, és feldolgozható méretű, tulajdonságú, minőségű – elsődlegesen faterméket kell gyártani. Hasonló megfontolások igazak a faalapú melléktermékekre is, hisz ezeknél az újrahaznosítás és az újrafelhasználást kell/kellene előtérbe helyezni, és ha már új terméket nem tudunk előállítani, akkor kell csak energetikai hasznosításnak alávetni.

Sokszor találkozunk azzal a megítéléssel, miszerint a biomassza = fa. A teljes igazság az,

hogy „minden fa biomassza, de nem minden biomassza fa”. Sajnos ez – a sokszor egyoldalú nézet – az energiaiparban is érezhető, mely nyilván a könnyebb alapanyag-beszerezéssel és energia-előállítással hozható összefüggésbe. Sokszor beszélnek biomassza erőműről, ahol tulajdonképpen nem történik más mint az erdőből kitermelt fát és faipari melléktermékeket energetikailag hasznosítják (8.1B ábra). Sokkal korrektebb és fenntarthatóbb lenne a biomasszából történő energetika előállítás, ha más alacsonyabb értékű erdészeti faanyagot, mezőgazdasági növényeket, azok hulladékait, energiafűvet, nádat, visszanyert (használt) faanyagot is bevonnának nagyobb arányban az energia előállításba. Természetesen meg kell jegyezni, hogy sokszor ezen anyagok elégetése során tüzeléstechnológiai nehézségek jelentkeznek (gondoljunk csak a nád elégetésekor keletkező nagy mennyiségű SiO_2 -ra és más szilícium tartalmú anyagokra), melyek nemcsak a tüzelőberendezésben és tüzeléstechnikában igényelnek átalakítást, de a füstgáz tisztításban is, amely jóval nagyobb beruházási igényű.

Fából történő hő előállítás fő lehetőségei

A fából történő energia előállításakor tulajdonképpen a fotoszintézis során tárolt 19271 MJ/tonna napenergiát szabadítjuk fel. Ennek megfelelően a fa fűtőértéke abszolút száraz fa esetén – fafajtól függően – átlagosan 17,5-18,9 MJ/kg érték körül alakul. 2 kg abszolút száraz fa fűtőértéke közel azonos 1 m³ átlagos földgázéval (9.2 táblázat). Ez azonban természetesen csak ideális esetre vonatkozik, hiszen abszolút száraz fa, fahulladék nem fordul elő a felhasználás során, ezért figyelembe kell venni a víztartalmat is, amely a fűtőértékét nagymértékben csökkenti (50%-os nedvességtartalmú tűzifánál 9-11 MJ/kg fűtőérték vehető számításba).

A faanyagot használhatjuk közvetlenül tüzelési és gáztermelési célra (melyek során hő és villamos energia nyerhető ki) és üzemanyag előállítására is.

A fa energetikai felhasználásának legegyszerűbb módja a közvetlen eltüzelés, amikor a tüzelőanyagban (fahulladék, faapríték, tűzifa, pellet, brikett) található C, H és egyéb éghető anyagokat oxidációja során égéstermékek keletkeznek és hőenergia szabadul fel (8.2 ábra).

Biomassza tüzelésénél a fő tüzelési zónában – tüzelőanyagtól és az eltüzelés módjától függően –, átlag mintegy 900-1.300°C hőmérsékletet lehet elérni. A füstgázok az égéskamra végén 600-700°C-ra hűlnek le. A vízgőz és szén-dioxid mellett kisebb mennyiségben számos gáz keletkezik, mint pl. C_xH_y ; HCl, dioxinok, furánok, SO_2 , SO_3 ; NO_x , N_2O .

A faalapú energiahordozók égetésére leggyakrabban alkalmazott tüzelőberendezések elsősorban az előtéttüzelők, az előtoló rostélyos



8.2 ábra: Előtoló rostélyos kazán tűztere

kazánok, alátolós tüzelőberendezések, a cirkulációs és nyugvóágyas fluidkazánok, valamint a befúvatásos tüzelőberendezések.

A fából gázt is nyerhetünk termikus bomlás segítségével. A fa pirolízisekor jelentős mennyiségű gáz szabadul fel, melynek nagy része a füstgázzal távozik. A fagázgenerátor alkalmas arra, hogy a fát elgázosítsuk. Az elgázosítás hatásfoka akkor a legjobb, ha a pirolízis légszegény vagy inert (nem oxidatív, pl.: nitrogén) közegben megy végbe. A hőmérséklet további növelésével (800-1000°C) és vízgőz jelenlétében a keletkező faszén is éghető gázzá válik és csak a hamualkotók maradnak vissza. Az így nyert fagázzal már a korábbi évtizedekben is üzemeltettek belső égésű motorokat.

•Kapcsolt energiatermelés

A kapcsolt energiatermelés (vagy másképp kogenerációs energiatermelés) fogalma azt jelenti, hogy egy berendezéssel egyszerre többféle energiaszükségletet (pl. villamos energia, hőenergia) is kielégíthetünk. Az erre vonatkozó magyar törvény ezt a következő módon fogalmazza meg: „kapcsoltan termelt energia: közös technológiai berendezésben, azonos tüzelőanyagokkal, legalább 65%-os energetikai hatásfokú energiaátalakítási folyamattal előállított villamos- és hőenergia” (2001. évi CX. törvény VET 3.§). Újabban kisebb rendszereknél alkalmazhatóak az ún. trigenerációs rendszerek, ahol egy abszorpciós hűtő segítségével hűtést is meg tudunk valósítani.

A faalapú hulladékokból, és egyéb biomasszából a hő melletti áramtermelésre számos lehetőség kínálkozik, melyek a gáz és gőzerő-folyamatokon alapulnak. Az előállított gázból vagy gőzből, motorok és turbinák, valamint generátorok segítségével állítják elő a villamos energiát. Jelenleg néhány még kevésbé alkalmazott eljárást is meg kell fontolni. Ilyen például a Stirling-motor (motoron kívüli hőforrás - ka-

zánok tűztere, füstgáz - segítségével működő energiatermelő berendezés). Jelenleg még ipari elterjedtsége csekély, de előnye, hogy viszonylag alacsony, 150 kW névleges elektromos teljesítményű modulokkal üzemeltethető.

A kapcsolt energiatermelésnél a figyelem várhatóan a szerves Rankine-ciklus (ORC = Organic Rankine Cycle) alkalmazására terelődik át (főként a kis méretű és alacsony hőmérséklettel működő biomassza-erőműveknél). Itt munkaközegként nagy molekulású szerves folyadékot használunk (termoolaj). A folyékony halmazállapotú munkaközeget egy szivattyú az elpárolgatóba nyomja, ahol állandó nyomáson elgőzölög, a gőzt gőzturbinába vezetik, ahol hőenergiáját mechanikai munkává alakítja, miközben a gőz nyomása és hőmérséklete, esetleg szárazgőz tartalma lecsökken. A turbina villamos generátort hajt, mely elektromos áramot termel. A turbinában expandált gőzt kondenzátorban lecsapatják, majd a kondenzátumot a szivattyú visszatáplálja az elpárolgatóba és a folyamat kezdődik előlről.

•Faalapú hulladékok/melléktermékek nemesítése (brikettálás, pelletálás)

A különböző biomassza hulladékokból tömörítési eljárásokkal, kötőanyag nélkül állíthatunk elő nagy fűtőértékű, a tűzifánál nagyobb energiasűrűségű energetikai alapanyagokat. Ezeket brikettálással (jellemzően 6-10 cm átmérőjű) és pelletálással (6-14 mm átmérőjű és 2-4 cm hosszúságú termék) hozhatjuk létre. A leggyakoribb alapanyagoknak a faalapú por-forgácsok tekinthetők. A nemesítés során természetesen energiát viszünk be az egyes berendezések működtetése miatt. A bevitt energiát nagymértékben befo-

lyásolja például az alapanyag (más préselési nyomás szükséges különböző faanyagok esetében) nedvességtartalom (14% nedvességtartalom felett szárítani kell, melyhez nagy mennyiségű hő szükséges), vagy éppen az alapanyag szemcseösszetétele (sok esetben szükséges darálás és utándarálás).

Kutatásaink során felmértük ezen nemesítések energiaszükségeit. A pelletálás átlagos villamos energiaszükséglete 100-250 kWh/tonna (360-900 MJ/tonna). Szárítás esetén ez

természetesen kiegészül a szárítási hő előállításához szükséges energiával. Abban az esetben ha például 30%-os nedvességtartalmú alapanyagot kell leszáritani 10-12%-ra, akkor ehhez 200-250 kWh hőmennyiség szükséges, melyet például földgáz vagy saját apríték felhasználással állíthatunk elő. A birkettálás ennél alacsonyabb, mintegy - számításaink alapján - 50-100 kWh villamos energiaszükséglettel jár. Természetesen ezen költségekhez adódik még egyéb rezsiköltség, karbantartási költség, bérköltség stb. is. Pelletálás esetében a tonnánkénti önköltség például elérheti a 25-35.000 forintot is, mely a gazdaságos termelési minimum (1-1,5 tonna/óra) előállítása esetén igaz (természetesen az alapanyagár, energiaárak és energiafelhasználások

jelentősen módosíthatják a kiadásokat). Teljesen más értéket kapunk, ha saját faipari termelésünkből rendelkezésre áll az alapanyag, hiszen ilyen esetben értelemszerűen nem kell az alapanyagot megvásárolni.

A nemesítéssel előállított energiahordozók felhasználása esetében azonban megfelelő tüzelőberendezéseket is szükséges üzembe helyezni. A hagyományos biomassza tüzelésű berendezéseknél a megfelelő hatásfok elérése érdekében tüzeléstechnikai problémák merülhetnek fel, legyen szó akár az automatikus adagolásról (alapvető célja a pellet felhasználásnak, hogy a földgáz-felhasználás során tapasztalható kényelmi fokozatot megközelítsük), vagy akár a tűztér speciális kialakításáról (égetőserleg).

Centralizált vagy decentralizált erőműveket létesítsünk?

Széles körben elfogadott tény, hogy támogatni, segíteni kell a decentralizált, kisebb méretű kogenerációs erőműveket, amelyek egy-egy kistérség alapanyagait, hulladék anyagait használják fel, és ugyanennek a kistérségnek szolgáltatnak energiát.

Alapvető probléma, hogy a jelenlegi „kapcsolt energiát” előállító biomassza erőműveinknél elsősorban villamos energiát állítanak elő, míg a keletkező hulladékhőt részben, vagy teljes egészében a környezetbe bocsátják ki és így az nem hasznosul. Ezért ezen nagy, centralizált biomassza erőművek 22-35% körüli hatásfokkal működnek. A nagy mennyiségben keletkező hő felhasználás hiányának fő oka a nagy távolság, és a nem megfelelő méretű felvevő térség.

2008-ban 9 hazai biomassza-tüzelésű erőmű (beépített összes teljesítmény 348 MW) 1606,3 GWh (5782 TJ) villamos energiát és 3273 TJ hőt termelt 35% hatásfokkal, ami gyengének mondható.

A számok és fentebb megfogalmazott tények tükrében elmondható, hogy a biomassza-alapú

kistérségi távhő-ellátást kell alapvetően szorgalmazni, természetesen kiegészítve villamosenergia-termeléssel.

A kiserőművek alkalmazására számos példa látható Magyarországon (Pornóapátiban falufűtés), de leginkább a szomszédos Ausztriában (pl: Güssingben a város teljesen hő és villamos igényét kielégítik a helyben található parketta-gyár melléktermékeire és tűzifa minőségű rönkökre alapozva).

Sajnálatos tény, hogy a jelenlegi KAT (kötelező áramátvételi rendszer) támogatási struktúrája, nem alkalmas a biomassza, és így a fa energetikai hasznosításának hatásfoknövelését elősegítő fejlesztések térnyerésére. Jelentős mértékben javíthatóak lennének az előzőekben feltüntetett hatásfokok, ha decentralizáltan távfűtést valósítanánk meg - tehát alapvetően hő előállítását céloznánk meg -, és ha ez gazdaságilag és a környezet szempontjából optimális, akkor kapcsoltan villamos áramot is termelnénk. Decentralizált rendszereknél elérhető, hogy nem kell nagy távolságról begyűjteni az energe-

tikai alapanyagot, nem kell messzire szállítani a megtermelt hőt és biztos felvevőpiac lesz - a környező településeken - a megtermelt hőre. Ilyen esetekben az energiatermelés hatásfoka 50-85%-ra növelhető, hisz az erőmű által termelt hő és villamos energia a környezeti fogyasztás igényének megfelelően tervezett, ennek megfelelően értékesíthető. A decentralizált rendszereknek a

helyi, egyes háztartásokat és közintézményeket kiszolgáló biomassza kazánokkal szemben is előnye van, ha komplexen vizsgáljuk az egyes térségeket. Ezen előny abból fakad, hogy nem kell előkészíteni az alapanyagot (pl.: pelletálásra, azért hogy otthonunkban kényelmes legyen kezelni), és változatosabb, olcsóbb alapanyag összetétel is megengedett.

Fafeldolgozás mint termék és egyben energiahordozó előállító

A faipar jellegzetessége és egyben egyedi sajátossága, hogy energiaigényeinek egy részét külső forrásokból szerzi be, más részét a gyártás során keletkező másodlagos nyersanyagok (szélhulladék, apríték, forgács, kéreg stb.) telepen belüli elégetéséből nyeri. A faiparban keletkező hulladékok/melléktermékek mintegy 2/3-a a helyszínen kerül energetikai hasznosításra (infrastrukturális és technológiai hőigények fedezésére). Itt szinte kivétel nélkül csakis hőenergia előállításról beszélhetünk, holott több esetben gazdaságossággal is megalapozott lenne a kapcsolt

villamosenergia-előállítás, mely részben vagy egészben fedezné az üzem villamos energia igényeit. Több terv készül már arra vonatkozóan, hogy nagyobb faipari feldolgozók a közvetlen környezetében található lakóházakat, közintézményeket szolgáljanak ki távhő segítségével, azonban ezek megvalósulása támogatási hiány miatt várat magára. Ilyen megoldást láthatunk az ausztriai Sankt Veit an der Glan településen, ahol a helyi farostlemez gyár 3000 háztartást lát el távhővel, és villamos energiával.

A hazai megújuló energetikai, és ezen belül a biomassza hasznosítására irányuló fejlesztések a földgáz-felhasználás csökkentését, és részbeni helyettesítését kell, hogy szolgálják.

Magyarországon annak ellenére, hogy a fakitermelés lehetőségeit korántsem használják ki, a fa energetikai hasznosításának mértéke egyenletesen nő. (Jelenleg mintegy 3,5 millió m³ energetikai célú kitermelés folyik.)

A jelenlegi KAT rendszer a villamos energia előállítását támogatja, mely a fa rossz hatásfokú energetikai felhasználását eredményezi. Ezen támogatási rendszer a kormányzati szervek részéről, e sorok írásának idejében is átdolgozás, változtatás alatt van. Reméljük, hogy a kialakított új rendszer segíteni fogja a jobb hatásfokkal működő decentralizált erőművek és fűtőművek elterjedését.

Írásunk alapján talán érezhető, hogy nem az ősidők óta történő energetikai fahasznosítással vannak problémák, hanem annak hatásfokával, energiahatékonyságával. Ugyanakkor azt is szeretnénk hangsúlyozni, hogy a fa esetében csak azon anyagot, hulladékot szabad elégetni, amelyet más célra már nem tudunk felhasználni, hisz ellenkező esetben ökológiai károkat okozhatunk (lásd 6. fejezet).

„Mindig gondoljunk arra, hogy falevél vagyunk az emberiség fáján. Nem élhetünk a többiek nélkül, nem létezzünk a fa nélkül” /Pablo Casals/

9. Fatermékek ökológiai mérlegen

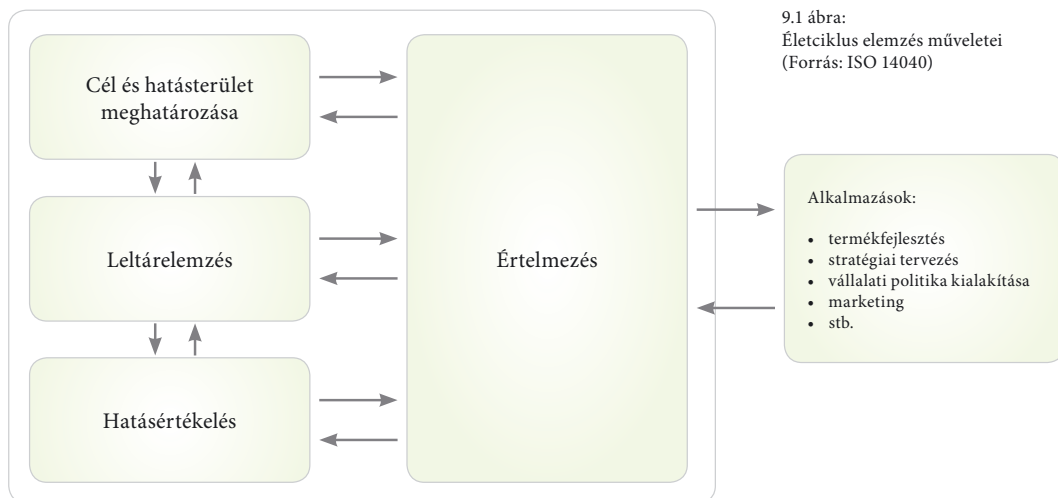
A faanyag és a belőle készített fatermékek kiváló ökológiai adottságúak. Az e területen végzett elemzéseink az alábbiak szerint összegezhetők.

Teljes életciklus elemzés (LCA) mint ökológiai mérleg

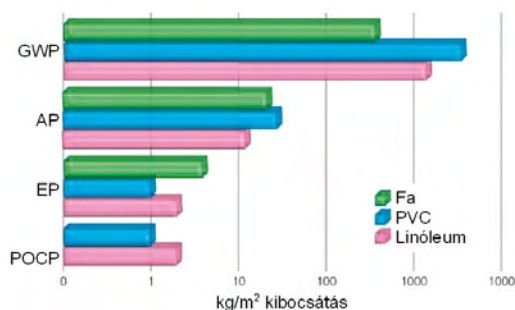
Egy termék életciklusának minden egyes szakasza (alapanyag és késztermékgyártási, szállítási folyamatok, használat, életút végi hulladékkezelés) anyag- és energiafogyasztással, következésképpen környezeti hatásokkal jár. Az életciklus elemzés (Life Cycle Assessment rövidítve LCA) olyan módszer, amely lehetővé teszi a lehetséges környezeti hatásoknak a felmérését, ökológiai mérleg készítését. Az LCA ezért az úgynevezett környezeti hatásfaktorok (globális felmelegedés = GWP, ózonréteg károsodás = ODP, fotokémiai szmog = PCOP, savasodás = AP, eutrofizáció = EP, humán- és ökotoxicitás = HTx - ETx, ener-

gia és anyag-felhasználás, hulladék- és terület használat) segítségével felméri és számszerűsíti is ezeket az ökológiai következményeket.

Az életciklus elemzés a termékek környezeti szempontú értékelési módszerének a legelfogadottabb, tudományosan is leginkább elismert, szoftverrel támogatott módszere. Az alapelveket és a módszertant az ISO 14040 - ISO 14044 nemzetközi szabványok rögzítik. A 9.1 ábrán az ökomérleg készítés szabványos műveleteit látjuk.



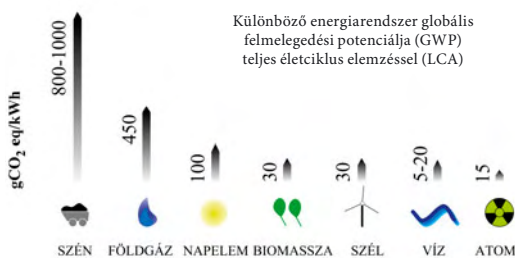
Az LCA a környezeti menedzsment számára fontos eszköz, széleskörű alkalmazásának fontosabb területeit a 9.1 ábra jobb oldali mezőjében láthatjuk. Mindamellett a környezettudatos tervezés támogató eszköze is. Segítségével a tervezési folyamat egyes szakaszaiban a környezeti szempontokat figyelembe véve dönthetünk a termék fejlesztési irányát illetően, mellyel jobb környezeti teljesítményű, hosszabb élettartamú terméket hozhatunk létre, beletervezve a környezeti megfelelőséget is a termékbe. A 9.2 ábrán különféle anyagból készült padlóborítás környezetterheit látjuk teljes életciklus elemzés-sel meghatározva.



9.2 ábra:
Különböző anyagból készült padlóborítás ökológiai mérlege.
(Forrás: CEI-Bois Roodmap 2004.)

.Globális felmelegedési potenciál (GWP)

Ökológiai mérlegre téve a fatermékeket, most elsősorban arra vagyunk kíváncsiak, milyen hatást válthatnak ki a szén ciklusban betöltött szerepük alapján a klíma alakulásában. Ezt a környezeti hatást az életciklus elemzés (LCA) során a globális felmelegedési potenciál (GWP) segítségével mérhetjük fel. A 9.3 ábrán például a globális felmelegedési potenciál alapján (a kis mennyiségek miatt itt most gramm CO₂ egyenértékben mérve) különböző energiarendszereket hasonlíthatunk össze. Világosan látható a faenergiának, mint megújuló energiának az előnye a klímavédelemben.



9.3 ábra:
Különböző energiarendszerek összehasonlítása GWP alapján
(Forrás: European Commission, International Agency)

.Szénlábnyom és a fatermékek



A globális felmelegedési potenciállal azonos tartalmú, de sokkal kifejezőbb fogalom a szénlábnyom (carbon footprint). A szénlábnyom egy termék vagy szolgáltatás teljes élettartama során keletkező szén-dioxid és más üvegházhatású gázok (ÜHG) mennyisége CO₂

egyenértékben (kg CO₂eq) kifejezve. A 9.4 ábrán különféle anyagok szénlábnyomát láthatjuk. Fűrészáru esetében mutatkozó negatív érték azt jelenti, hogy a faanyag keletkezésénél a fotoszintézis során elnyelt CO₂ mennyisége sokkal nagyobb, mint a fűrészáru gyártásával bezárólag az életút során jelentkező összes ÜHG kibocsátás. A szénlábnyom különösen azoknál az

anyagoknál nagy (pl. alumínium, acél) melyek gyártása jelentős energiafogyasztást igényel.

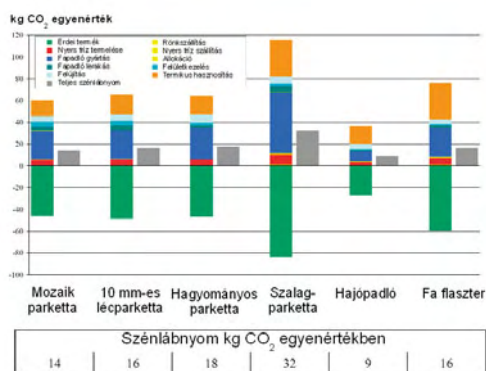
A fűrészáru további feldolgozása során a különféle fatermékek gyártása elkerülhetetlenül ÜHG kibocsátással jár. Mint minden termék, így a fatermékek is, „ökológiai hátizsákjaikban” összegyűjtik és magukkal cipelik a teljes életút során összegyűlt ÜHG kibocsátásokat. Ezért aztán a fűrészáruból készített végtermékek már más kibocsátást mutatnak. A 9.5 ábrán különböző fapadlók szénlábnymát láthatjuk. Az ökomérleg most abban segít, miután a faanyag mellett már döntöttünk, hogy felmérhessük, melyik fapadló típusnak legkisebb a szénlábnyma.

A szénlábnym azonban nemcsak a klímatudatos tervezésben és vásárlásban van segítségünkre, hanem nagyon fontos eszköz a helyettesítési potenciál meghatározásánál. A helyettesítési potenciál ismeretében számszerűsíthető az a hatás (szubsztitúciós effektus) mely légköri CO₂ csökkentést eredményez.



9.4 ábra:

Különféle anyagok szénlábnyma.
(Forrás: RTS, Umweltbericht über Baustoffe 2001.)



9.5 ábra:

Különböző fapadlók szénlábnyma.
(Forrás: Ökobilanzierung Holzfußböden Holzforschung München – HFM, Technische Universität München 2002.)

•Légköri CO₂ csökkentés helyettesítési potenciál alapján

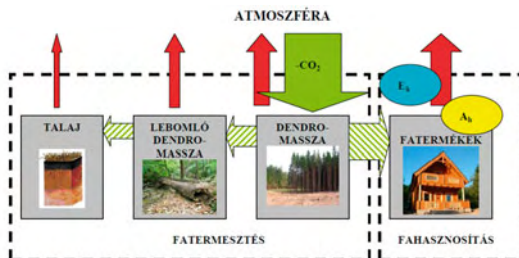
Helyettesítési potenciál alapján CO₂ csökkentő hatásról két esetben beszélhetünk (9.6 ábra):

- CO₂ csökkentés anyaghelyettesítéssel, ill.
- CO₂ csökkentés energiahordozó helyettesítéssel.

Helyettesítés célja mindkét esetben a kedvezőbb szénlábnymmal rendelkező változat alkalmazása. Első esetben olyan anyagból készült tárgy vagy szerkezet helyettesítéséről van szó, melyel szemben, a funkció megtartása mellett, de faanyag alkalmazásával kisebb a szénlábnym, vagyis a teljes életciklus során kibocsátott ÜHG mennyisége kg CO₂e-ban meghatározva.

Második esetben fosszilis energiahordozók fa- anyaggal, mint szilárd tüzelőanyaggal történő

helyettesítéséről van szó. CO₂ csökkentés abból adódik, hogy szemben a fosszilis tüzelőanyagokkal a fa égetése szén-dioxid semleges.



A 9.6 ábra:

Helyettesítési potenciál szerepe a szén ciklusban

9.6 ábra magyarázata:

szürke téglalap: széntároló; zöld nyíl: CO₂ nyelő; zöld vonalkázott nyíl: szénáram a széntárolók között; piros nyíl: CO₂ kibocsátás; kék ellipszis: CO₂ nyelő, kibocsátás csökkentés energiahelyettesítéssel (Eh); sárga ellipszis: CO₂ nyelő, kibocsátás csökkentés anyag-helyettesítéssel (Ah).

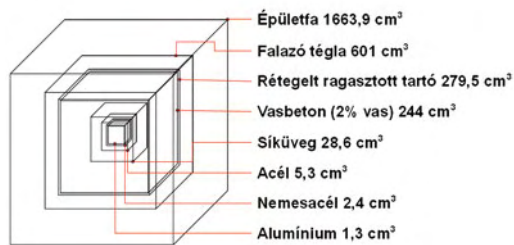
.CO₂ csökkentés anyaghelyettesítés alapján

A faanyag kiváló műszaki és egyéb tulajdonságai mellett eddig is kedvelt alapanyag volt. Most a klímapolitikai törekvésekben szereplő CO₂ kibocsátás csökkentése céljára a faanyag egy ez idáig kevésbé értékelt tulajdonsága alapján kap sok más anyaggal szemben alternatív felhasználási lehetőséget. Nevezetesen arról van szó, hogy a faanyag megtermesztése, feldolgozása során más anyagokkal összevetve általában sokkal kevesebb ÜHG kibocsátást eredményez, azaz kisebb a szénlábnyma, mint ahogy azt 9.4 ábrán már láttuk. Fűrészáru esetében mutatkozó negatív érték a faanyag esetében döntő argumentum a klímatudatos használat mellett. Minden anyag esetében a kibocsátott ÜHG mennyisége és ezzel a szénlábnym nagymértékben attól függ, hogy gyártásához mennyi energiára van szükség. A 9.7 ábra 1 MJ primer energia szükséglettel előállítható különböző építőanyagok mennyiségét mutatja térfogatban (cm³) feltüntetve.

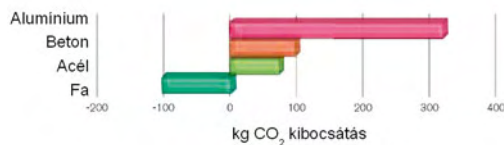
Faanyag alkalmazása más anyagokkal szemben tehát igen kedvező hatással rendelkezik a klímaváltozást okozó ÜHG kibocsátás csökkentésében. A 9.8 ábrán különböző anyagokból készült azonos funkciójú tartó gyártásának CO₂ kibocsátását hasonlíthatjuk össze. Az ábrán világosan látható, hogy faanyag esetében markáns CO₂ csökkentésről van szó, szemben a többi anyaggal.

A 9.8 ábra alapján érthető, hogy faépítészeti rendelkezik a legjobb anyaghelyettesítési potenciállal. A következő 9.9 ábra is ezt erősíti meg, ahol fa és vasbeton szerkezetű házat hasonlíthatunk össze. Faház esetében minden egyes beépített négyzetméterre 370 kg-mal kevesebb CO₂ kibocsátás jut!

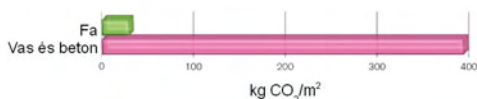
Azt is állíthatjuk azonban, hogy a faanyag, mint építőanyag, nemcsak a globális felmelegedés szempontjából, de szinte minden más környezeti terhelést okozó faktor tekintetében is kedvezőbb a többi anyaggal szemben, azaz messzemenően környezetbarát.



9.7 ábra:
1 MJ primer energia szükséglettel előállítható különböző építőanyagok mennyisége térfogatban (cm³) feltüntetve.



9.8 ábra:
Különböző anyagokból készült azonos funkciójú tartó CO₂ kibocsátása. (Forrás: CEI-Bois Roadmap 2004)



9.9 ábra:
Fa és vasbeton szerkezetű ház CO₂ kibocsátása. (Forrás: CEI-Bois Roadmap 2004.)

A teljes életciklus elemzés abban is segítségünkre van, ha meg kívánjuk határozni a helyettesítési potenciált. Anyaghelyettesítésnél mindig azonos funkciójú konkrét termékeket hasonlítunk össze, és ún. funkcionális egységre vonatkoztatva határozzuk meg a GWP értékeit. A teljes szubsztitúciós potenciál a változatok nettó értékeinek különbsége.

A fatermékek anyaghelyettesítési potenciálja különösen építészeti alkalmazásban jelentős. A 9.1 táblázat szerint például téglá válaszfal helyett könnyűszerkezetes fafal alkalmazása esetén csaknem ötödével csökkenthető az ÜHG kibocsátása. Ugyanakkor ennek a válaszfalnak a faanyagában évtizedekig tárolva van a légköri CO₂-ból származó szén, azaz helyettesítés mellett tárolás címén is, azaz kettős CO₂ csökkentő hatás érvényesíthető. Újrahasználat (reuse), ill. újrahasznosítás (recycling), tehát a faanyag kaszkád rendszerű hasznosításával pedig, az egyedi fatárgyak élettartamai összegeződnek, megnövelve a széntárolás időtartamát. Abban az esetben pedig, amikor a faanyag az előbbi két módon anyagában már nem hasznosítható, akkor az energetikai hasznosítás kérdése kerül előtérbe. Erre energetikai szempontból az ad lehetőséget, hogy minden fatermék ún. plusz energia termék, azaz a teljes életútja végén még

mindig nagyobb az energiatartama, mint az az energia, amit összesen ráfordítottak. Ez az energetikai alapja a fatermékek életút végi (használt-fa) energetikai hasznosításának is. Ugyanakkor, ha a használtfát fosszilis energiahordozó kiváltására használjuk, ezzel megteremthetjük az energiahelyettesítéssel történő CO₂ csökkentés lehetőségét is.

Globális felmelegedési potenciál GWP (kg CO ₂ eq)	Könnnyű-szerkezet faváz (A)	Könnnyű-szerkezet acélváz (B)	Tégla (C)
Előállítás és fenntartás - 1	198	199	445
Fában tárolt CO ₂ - 2	-238	-9	0
Hulladékkezelés kibocsátás - 3	250	7	43
Hulladékkezelés jóváírás - 4	-114	-62	0
NETTÓ	97	136	488

9.1 táblázat:

Különböző anyagokból készült, de azonos funkciójú belső fal globális felmelegedési potenciálja (GWP) teljes életciklus elemzéssel meghatározva.

CO₂ csökkentés energiahelyettesítés alapján

A faanyag kedvező fűtőértéke és tüzeléstechnikai tulajdonságai miatt eddig is kedvelt energiahordozó volt. Napjainkban újraértékelődött, mivel, szemben a kimerülő fosszilis energiahordozókkal, megújuló erőforrásból származik. Ugyanakkor egy másik tény is, nevezetesen, hogy a faanyag égetése CO₂ semleges, új pozíciót teremtett a fa energia célú hasznosítása számára, lehetővé téve a klíma védelmet szolgáló CO₂ csökkentést, energiahelyettesítés alapján. A különböző energiahordozók fajlagos, egységnyi energiára jutó CO₂ kibocsátása ugyanis egymástól lényegesen különböző mértékű. A 9.10

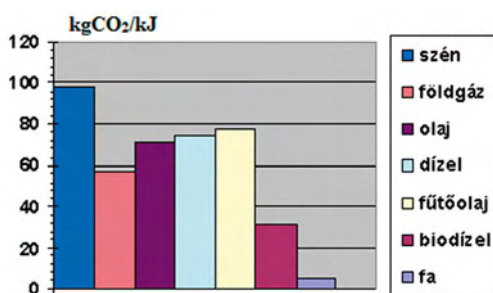
ábrán, összehasonlítva a fát különböző fosszilis tüzelőanyagokkal, láthatjuk azt a különbséget, mely a CO₂ csökkentés lehetőségét adja.

A 9.10 ábrán fa esetében mutatkozó csekély mértékű emisszió azért jelentkezik, mert bár a faégetés maga CO₂ semleges, de a faanyag is, mint minden más anyag, magával hordja életútja végéig azt az „ökológiai hátizsákot”, melyben ott van mindaz az emisszió, így a CO₂ kibocsátás is, melyet a teljes életútja során (fatermesztés, fakitermelés, szállítás, felkészítés stb.) jelentkezett. Szerencsére az életciklus elemzések azt mutatják, hogy fa esetében ez meglehetősen kis-

mértékű. Konkrét helyettesítés esetben azonban körültekintően kell eljárunk, mert az energia célra szánt fa CO₂ mérlegében is döntő szerepet játszik a szállításnál jelentkező kibocsátás.

Az energiahelyettesítési potenciál meghatározását ugyancsak funkcionális egységre vetítve kell vonatkoztatni. Funkcionális egység most az egységnyi energia (MJ, vagy kWh) lesz, és azt vizsgáljuk teljes életciklus elemzéssel, hogy a különböző energiahordozóknál hogyan alakul az egységnyi energiára jutó CO₂ kibocsátás (kgCO₂/kWh ill. kgCO₂/MJ). Viszonyítást az energiahordozók fűtőértékei alapján teszünk. A 9.2 táblázatban néhány energiahordozó fűtőértékét látjuk.

Mivel a faanyag fűtőértéke nagymértékben függ a fanedvességtől, ezért az energiahelyettesítéssel jóváírható CO₂ csökkentés lehetőségét is lényegesen befolyásolni képes. A szállítási távolságok mellett ez a másik olyan tényező, melyet minden esetben figyelembe kell venni. Ugyanakkor amíg fűtőértékek esetében jól kidolgozott táblázatokban szereplő megbízható adatokkal rendelkezünk, addig az energiahordozók, de különösen faanyag vonatkozásában az egységnyi tömegre jutó CO₂ kibocsátást a konkrét helyzetre vonatkozó teljes életciklus elemzéssel kell meghatározni. Különösen fontos ez használtfa energiakompensációjával jóváírni kívánt CO₂ esetén, mert ez az a „fatermék”, mely (esetleg a kaszkád rendszerben – lásd 6. fejezet – anyagában többször is újra hasznosítva lett) a legtöbb CO₂-ot „szedte össze ökológiai hátizsákjába”. Ugyanakkor energiahelyettesítéssel jóváírható CO₂ számára a használtfa (pl. 4.4 ábra) egy fontos forrást jelent, olyannyira, hogy néhány ország például klímastratégiája alakítá-



9.10 ábra:
Különböző energiahordozók CO₂ kibocsátása teljes életút alatt.
(Forrás: ECCM Edinburgh Centre for Carbon Management, Infomaterials, 2004.)

Fűtőanyagok	Fűtőérték (MJ/kg)	Fűtőérték (kWh/kg)
Frissen vágott fa	~6,8	~1,9
Légszáraz fa	14,4-15,8	4-4,4
Abszolút száraz fa	17,5-18,9	4,9-5,3
Fapellet	18	5
Barnaszén	8	2,2
Kőszén	27-32,7	7,5-9
Biodízel	37	10,2
Fűtőolaj	40-43	11,1-11,9
Földgáz	32-42 (MJ/m ³)	9,7-12,5 (kWh/m ³)

9.2 táblázat:
Néhány fűtőanyag fűtőértéke

sakor külön változatban mérte fel a használtfa energia szubsztitúciós potenciáljában kínálkozó lehetőségeket. Ezek a lehetőségek hazánkban is fennállnak, sőt a használtfa a fa energia célú felhasználásának egyik legnagyobb (a másik az erdei apadék) még szabad potenciálja. A használtfa energia célú (de akár anyagában történő) hasznosításának azonban hazánkban ma még leginkább a jogi eszközrendszere hiányzik.

Egy termék életciklusának minden egyes szakasza (alapanyag és késztermékgyártási, szállítási folyamatok, használat, életút végi hulladékkezelés) anyag- és energiafogyasztással, következésképpen környezeti hatásokkal jár. Az életciklus elemzés (LCA) lehetővé teszi a környezeti hatások felmérését és így az adott termék ökológiai mérlegének elkészítését. A környezeti hatások közül kitüntetett helyet foglal el a globális felmelegedési potenciál (GWP). Ezt a „szénlábnym” mutatóval „egyenértékűsített” üvegházhatású gázok (ÜHG: CO₂, CH₄ stb.) befolyásolják leginkább. A fatermékek szénlábnyma rendkívül kedvező, negatív előjelű (9.4 ábra), mivel a fotoszintézis során elnyelt és a faanyagban tárolt CO₂ mennyisége lényegesen nagyobb, mint az életút során jelentkező összes ÜHG kibocsátás.

A légköri szén-dioxid csökkentéséhez így kiváló lehetőséget nyújt a különböző fosszilis eredetű anyagok fával történő helyettesítése. Sajnos ezt a helyettesítési lehetőséget ma még nem ösztönzik kellően.

A CO₂ csökkentés lehetséges, de kevésbé hatékony és korlátozott módja a különböző energiahordozók fával való felváltása.

10. Az erdőgazdálkodás és a fafeldolgozás a vidékfejlesztés nagy lehetősége

„Küzdj a klímaváltozás ellen, ültess és használd több fát!
- teremts munkahelyeket”

Az EU vidékfejlesztési politikája a vidéki területek kiegyensúlyozott fejlesztése révén, az ottani életforma megtartó erejének megőrzésére törekszik és a KAP (közös agrárpolitika) fontos részét képezi. Az uniós országok meghatározzák saját vidékfejlesztési prioritásaikat, és költségvetésük legalább 10%-át agrár és erdészeti ágazataik versenyképességének fellendítésére, 25%-át a környezetvédelem és a vidék fejlesztésére, va-

lamint további 10%-át pedig a vidéki gazdaság diverzifikációjára kell fordítaniuk. Az EU közös agrárpolitikájának korábbi termelésösztönző szabályozásából áttolódott a súlypont a vidékfejlesztési intézkedésekre, ami a lakosság foglalkoztatottságát és helyben maradását is szolgálja. Hasonló koncepciót tartalmaz hazánk megvitalás alatt álló vidékfejlesztési stratégiája is.

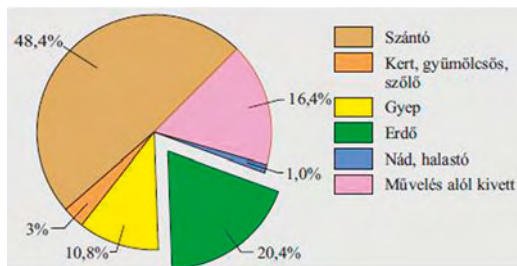
• Az új erdők egészségesebb, jobb környezetet és új munkahelyeket adnak

Magyarországon a Vidékfejlesztési Minisztérium Erdészeti, Halászati és Vadászati Főosztálya a felelős – többek között – az EU erdőgazdálkodást érintő tervezeteinek véleményezéséért, a nemzeti álláspont kialakításáért, az erdészet ügyében érintett EU bizottságokban és munkabizottságokban az ország képviseletéért, továbbá a nemzeti kezdeményezések elkészítéséért. „Küzdj a klímaváltozás ellen, ültess és használd több fát!”- így hangzik a közös cél. A környezet- és klímavédelmi szempontokon túl azonban szükségesnek mutatkozik a szociális hatások figyelembe vétele is.

A fatermesztés és fahasznosítás értékteremtő láncolatában az erdőtelepítéstől a fatermékek életútja végéig lehetőség van munkaerő mozgósítására. Ha áttekintjük – a teljesség igénye nélkül – a faiparhoz kötődő iparágakat, például fűrészipar, lemezipar, bútoripar, építőipar, épület- és asztalosipar, papíripar vagy akár a fajték- és hangszergyártás, láthatjuk, hogy a hazai erdős területek növelésével számos munkahely teremthető.

Ez a törekvés már elindult hazánkban, ahogy az EU-ban is; azonban számos változtatást igényel. A KSH adatai szerint 2009. május 31-én 157.000 ha volt a vetetlen terület, néhány régióban ez már eléri a 8-13%-t. Az EU-s támogatások várható csökkenésével a műveletlen terület fokozatosan növekszik, és esik ki a nemzeti jövedelemtermelésből. Az Agrárgazdasági Kutató Intézet tesztüzemi vizsgálatai rámutatnak az EU-s hozamoktól való jelentős lemaradásra, a mezőgazdasági üzemek 34%-a 2009-ben a támogatások mellett is veszteséges. Az Erdészeti Tudományos Intézet községhatáronkénti felmérése alapján 700 ezer hektár mezőgazdasági művelésre gazdaságtalan szántót javasol beerdősítésre. Így új földhasználati eljárások igénye jelentkezik. A szerkezetváltás komoly előrelépést jelentene a vidéki foglalkoztatásban. A telepítési lehetőség éppen a súlyos munkanélküliséggel sújtott

megyékben vannak. Az új erdő telepítések létesítése és ápolása módosíthatná a jelenleg működő, de többnyire nem értéktermelő közmunka foglalkoztatás rendszerét is.



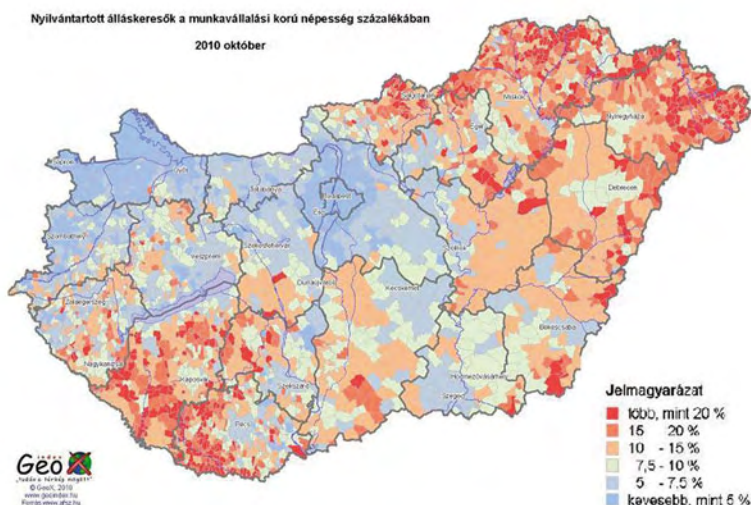
Forrás: KSH, 2010. II. 18-4 állapot.

10.1 ábra

A földterület megoszlása művelési ágak szerint

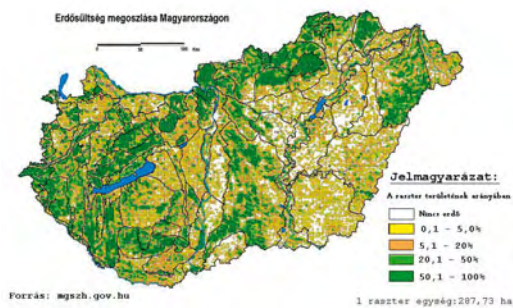
•A nagy munkanélküliségi rátájú tájakon jelentősek az erdőtelepítési lehetőségeink

Hazánkban a munkanélküliség egyre növekvő tendenciát mutat. A térképen láthatjuk, hogy valóban sok helyen, ahol még bőven lenne lehetőség új erdők telepítésére, a nyilvántartott álláskereső aránya is magas (10.2-10.3 ábra).



10.2 ábra
Nyilvántartott álláskereső a munkavállalási korú népesség százalékában

Több lépés megvalósult már a hazai erdőtelepítési tervekben. A Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal folyamatosan növekvő erdőterületekről számolhat be (a rendszerváltás óta 228 ezer ha a növekmény). A Nemzeti Erdőprogram alapján a jövőben is folytatódni fog napjaink jelentős erdőtelepítési programja. Az erdősültség mértékét a jelenlegi 20,3%-ról mintegy 25%-ra kívánják emelni. A szakemberek szerint, jól szervezett munkával ezt az erdősültségi értéket a XXI. sz. közepére érhetjük el.

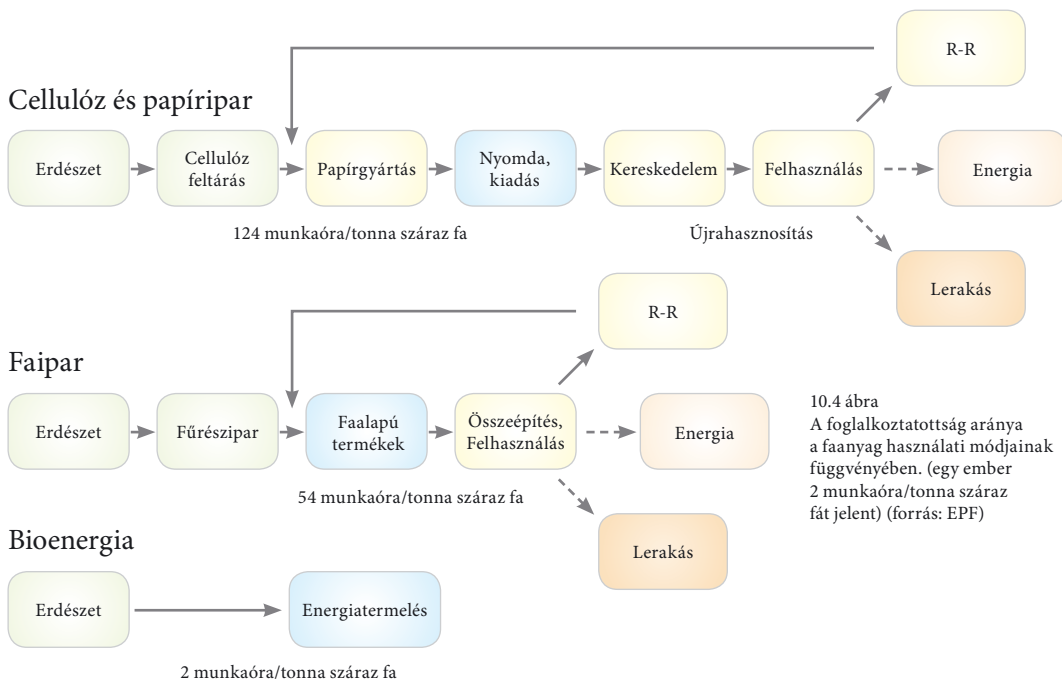


10.3 ábra
Az erdősültség megoszlása Magyarországon

Használjunk több faanyagot, faterméket!

Sok olyan kezdeményezés, pályázat létezik, melyek az erdők fejlődését, és ezzel egy időben a faiparban, a fafeldolgozásban rejlő munkahelyteremtő lehetőségeket hivatottak kiaknázni. Ugyanis önmagában nem elegendő az erdős területek növelése. Szükséges a feldolgozóipar fejlesztése, ezáltal új munkahelyek teremtése. A

hazai faanyag feldolgozásának korszerűsítése, bővítése a szénciklus szempontjából is fontos tényező. A korábbiakban (4.3 ábra és 6. fejezet) rámutattunk arra, hogy az erdőterület dicséretes növekedése mellett a hazai fafelhasználás az elmúlt 20 évben jelentősen visszaesett. E folyamat megfordítása (a fafeldolgozás fejlesztése)



környezetvédelmi és munkahely teremtetési szempontból is nemzetgazdasági érdekünk.

Azokon a területeken, ahol az erdőterület folyamatosan bővül – ezáltal többletmunkaerőt igényel az erdő telepítése-gondozása, majd a fa kitermelése is – elsődleges feladat, hogy a kitermelt fa feldolgozását a hazai kis- és középvállalkozások végezzék.

A 10.4 ábra jól mutatja a kapcsolódó ágazatok sokszínűségét az egyes faanyag használatok esetében, a lehetséges munkaerő-gerjesztő hatásokat a foglalkoztatottság feltűntetésével.

Természetesen a kínálat mellett a kereslet szerepe is kulcsfontosságú a fafeldolgozásban; tehát ösztönözni kell a fogyasztókat a fának, mint környezetkímélő nyersanyagnak a minél szélesebb körben történő használatára.

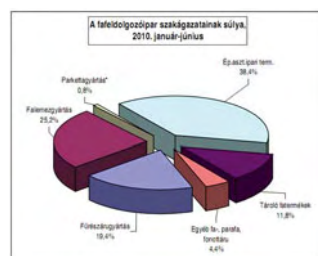
A 10.5 ábrán láthatjuk, hazánkban a fafeldolgozó-ipar szakágazatai milyen arányban vannak jelen a piacon.

A 2008 második felében kirobbant pénzügyi és gazdasági válság rányomta bélyegét az EU fafeldolgozó-, cellulóz-, papír-, karton- és bútorigarára is. A hazai fafeldolgozó-ipar 2004-2007 között lényegében követi a nemzetközi tendenciákat, 2008-ban azzal ellentétes irányba fordul, így a visszaesés 2009-ben sokkal erőteljesebb. 2010 első negyedében a termelés ugrásszerű, 28,8%-os növekedést mutat. A II. negyedében ez az ütem lassul (+14,5%), de még mindig jóval az EU átlaga feletti volt. A 2010. év és 2011 első három hónapja azt mutatja, hogy sajnos a fafeldolgozó ipar belső fogyasztása stagnál, a termelés szerény növekedése az export lehetőségek bővülésének köszönhető.

A fafeldolgozó ipari szakmák közül a legnépszerűbb a bútór- és épületasztalos ipari, de egyre nő az ács szakma presztízse is a faházak gyártásában. Számos fás szakma szerényebb létszámú, kézműves jellegű pl. fajták készítő, kádár, bogárnár, pipakészítő stb. A faiparban dolgozók nagy része betanított munkás. A fa- és bútorigar országsszerte előforduló iparág, de Közép-Magyar-

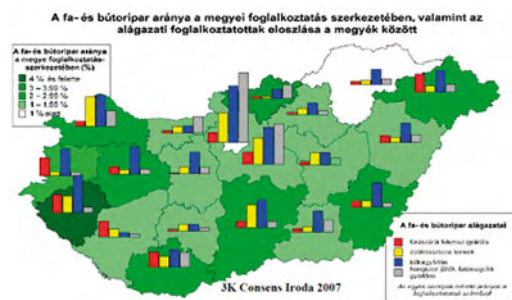
ország (Budapest és Pest megye) és Nyugat-Dunántúl (Győr-Moson-Sopron-, Vas-, és Zala megye) kiemelkedő iparági területnek számítanak. Láthatjuk, hogy hazánk

azon területein, ahol jelentős mértékű a munkanélküliség, a bútorgyártáson kívüli egyéb faipar foglalkoztatottság aránya jócskán elmarad a Nyugat-Dunántúlon élőkétől (10.6 ábra). A legutóbbi 2001-es népszámláláskor vizsgálták a fafeldolgozásban foglalkoztatottak életkori eloszlását is (10.7 ábra).



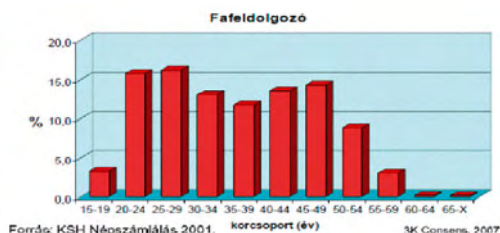
Forrás: KSH, Grafika Művek

10.5 ábra
A fafeldolgozó ipar szakágazatainak megoszlása



10.6 ábra

A szakmában elhelyezkedők koreloszlása vegyes összetételt mutat. A hivatást végzők több mint 50 százaléka 40 év alatti munkavállalókból tevődik össze. A szakma koreloszlási diagramjából jól kivehető, hogy a 20-29 éves korosztály alkotja a legnépesebb korcsoportot. A szakma tehát ma is vonzó sok fiatal számára, így a foglalkozás emberi-erőforrás utánpótlása középtávon megoldottnak látszik. Legfontosabb szakmai kompetenciák: a precízesség, az odafigyelés, a megfelelő fizikai az erőnlét és a biztonságos munkavégzés. Az Erdészeti, Fa- és Bútorigari Ágazati Párbeszédbizottság megbízásából 2010



10.7 ábra
A fafeldolgozásban
elhelyezkedők koreloszlása

szeptemberében készült gazdaságelemzés azonban szomorú képet mutat. A tanulmány csökkenő foglalkoztatottságot, a fafeldolgozó iparban teljes munkaidőben dolgozók számának folyamatos csökkenéséről számol be a 2008 és 2010 közötti időszakban. A bútoriparban dolgozók esetében is hasonló képet kaptak a vizsgálatuk során. Míg 2004-2008 között jelentős változás a bútoripar vállalkozásai esetében nem mutatkozott, addig 2009-ben folytatódott az év elején

megindult létszámcsökkentés. Az elbocsátások nagyobb arányban érintették a teljes munkaidőben foglalkoztatottakat, létszámuk 21,8%-kal csökkent. Az alkalmazásban állók létszáma 16,8%-kal esett vissza.

Ezeknek a szomorú tényeknek a megváltoztatásáért kell sürgősen cselekednünk. Számos településen és régióban jelenthet megoldást a munkanélküliség csökkentésére a fafeldolgozó ipar és az ahhoz kapcsolódó iparágak megjelenésének szorgalmazása, segítése. A fiatal, lézengő generáció figyelmét a fafeldolgozó ipar felé fordítva, megoldást találhatnak hazánk elmaradottabb régiói a biztos fejlődéshez. Lassú, de a jövőre nézve biztató folyamatok kezdődtek el hazánkban. A vidékfejlesztéssel foglalkozó szakemberek pozitív jövőképet festenek a fafeldolgozó ipar munkahelyteremtő lehetőségeiről. Úgy vélik, hogy fiatal, akár alacsony képzettségű tömeges munkaerőt lesz képes megmozgatni ez az ágazat.

Ültess és használd több fát

Láthatjuk, hogy a tervek összetettek. Az erdők ugyanis számos szempontból fontosak. Erdők kellenek a családoknak egészségük megőrzésére, erdők kellenek az óvodáknak, iskoláknak, hogy olyan generációk nőjenek fel, akik ismerik és tudják az értékeit, és tovább viszik a jelenleg megkezdett folyamatot.

Erdők kellenek a fagazdaságnak, hiszen láthatjuk, hogy hazánk ezen a területen nagyszerű kilátásokkal rendelkezik. Erdő- és fagazdaság szükséges a vidékfejlesztésben. Velük megállíthatjuk a vidék pusztulását azáltal, hogy biztos megélhetést teremtünk. Erdők kellenek a Föld megóvásához. Az erdők telepítéséhez, fenntartásához, megóvásához és a faanyag feldolgozásához pedig emberek kellenek. Magyarországon a munkanélküliség rohamos csökkentésére lehet megoldás az erdőgazdálkodás, a fafeldolgozó-ipar, és a bútoripar fejlesztése. Mindehhez azonban mi is kellünk. Ön, Én, Ti, Mi és Ők. Magyarok, akik szeretik az erdőt, használják a fát, környezettudatosan és tudatos vásárlói magatartással élve hozzásegítik hazánkat, a lakosságot a fejlődéshez. Küzdj a klímaváltozás ellen, ültess és használd több fát, ezáltal - bármilyen hihetetlenül is hangzik - te magad fogsz munkahelyeket teremteni Magyarországon.



„Kérdez, tépdés, űz a fajtám
akkor talán megnyugodnám,
ha a szobrát kifaragnám

homlokát gledícsiából
arcát szív-alakú fából
a derekát konok tölgyből
magamagát örökzöldből
a lábait gyökérágból
a két öklét gyertyánfából
a vállait két araszra
azokon a Napot hordja

emlékeit tiszafából
szerelmét vérmeggyágból
énekét furulyafából
tánchajlását kőrisfából
ezerbimbós rózsafából
kényes kedvét jegenyékből
az álmait égi kékből
vígadását búsulását
könnycsordító venyigékből”

Pusztai Sándor: Magyarok

Forrásmunkák

- Állami Erdészeti Szolgálat térképei
- CEI-Bois Roadmap 2004
- ECCM Edinburgh Centre for Carbon Management, Infomaterials, 2004
- EPF
- European Commission, International Agency
- FAO Global Forest Resources Assessment 2010
- KSH
- Magyar Energia Hivatal 2008. évi erőművi biomassza felhasználás ellenőrzése
- Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve 2010-2020
- MGSzH Adattár
- MGSzH: Beszámoló az erdősítésekről és fakitermelésekről 2009-évben
- Ökobilanzierung Holzfußböden Holzforschung München
 - HFM, Technische Universität München
- RTS, Umweltbericht über Baustoffe
- Somogyi Z. Casmofor modell