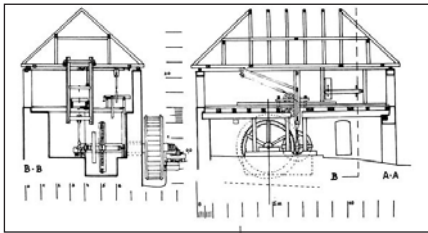


# A fa a jövő stratégiai nyersanyaga

## A 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. 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 kocsis kifejlesztését. De fá-



1. ábra. Fűrészmalom (Néprajzi Lexikon)

ból készültek a hajók, pl. az „Új Világ” fedezőjének 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 (1. ábra).

Fából készültek a használati és dísz tárgyak, a templomok kegytárgyai, szobrai. A fa tüznél melegedtünk és készítettük értékeinket. A fa volt évezredekken keresztül – a kőszénbányászat 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 természettudomány együttes viharos fejlődése új helyzetet teremtett, és a fát tömegesen kezdtük helyettesíteni műanyagokkal, különbö-

ző 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.

## 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 (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 sajátos színét, illatát és egyéb különleges, egyedi tulajdonságait.

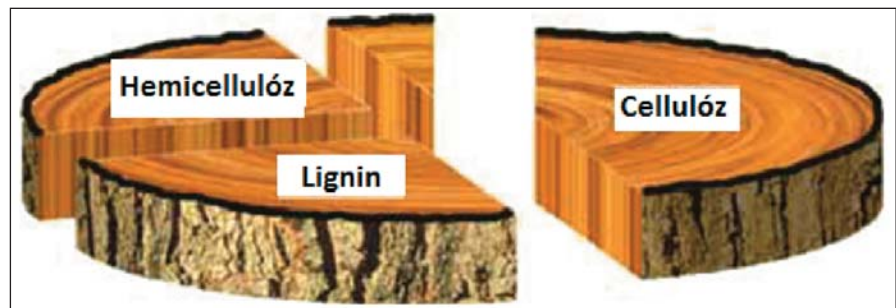
Ma a különböző – sokszor pótolhatatlan értékű – műanyag tárgyak, eszközök, ragasztók, lakkok stb. kőolajbázison kerülnek előállításra. Erre még több évtizedig lesz szükség. De mi lesz azután? Erre már most gondolni kell, és a fa most is kéznél van. A fa (és a többi lignocellulóz-tartalmú anyag) kémiai 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 fagázmotorok 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 élelmszerű-alapanyagokból, pl. gabonából készült) bioüzemanyag, a cellulóz-etanol előállítását is. A sor folytatható még, hiszen a fa kémiai komponensei alapján alkalmas takarmány célú proteingyártásra, márpedig az éhező 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!

## 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 vízfelvétel és a vízleadás 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 nedvséget elveszítve egy tölgyfa a rostokkal párhuzamosan 0,4; sugárirányban 4,0; húrirányban 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



2. ábra. A fatestet felépítő három természetes polimer tömegaránya

\* Nyugat-Magyarországi Egyetem

széles skálán mozognak. Pl. a balsafa sűrűsége 130, az ébenfáé 1200 kg/m<sup>3</sup>.

A fajok közötti fizikai, esztétikai eltérések komoly szakmai felkészültséget, de egyúttal különleges lehetőségeket is jelentenek a differenciáltabb, fafajcentrikus 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.

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, hogy a fák törzsének hóban, szélben, viharban is tartania kell az ágakat, a koronát. Néha ez több tonna terhet jelent. (Pl. egy 30 m magas bükkfa esetében a tő közelében 600-700 kNm hajlítónyomaték 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 (táblázat).

Az üreges, porózus szerkezetnek megfelelően a faanyag kiváló a hő-, hang- és elektromos szigetelőképessége. Ilyen szempontból különösen előnyösek a kis 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 összehúzóítani vagy megnövelni. E jelenségnek megfelelően a fatermékek nedvességtartalmát a gyártási folyamat során a felhasználási körülmények igényei szerint kell beállítani. Így a belső térben (pl. lakások, irodák) a fatermékek optimális nedvessége 8%, a fűtetlen építményekben 12% (pl. színek, rakotárak), 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.

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

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 esztétikus, meleg színe, érdekes rajzolata. A legvilágosabb hazai fánk a juhar, majd a kőris. A legsötétebb a diófa gesztje. Általában a sárga-barna-vöröses színárnyalatok jellemzik a fáinkat.

Az akác rendkívüli tarkaságát sokan nem kedvelik. A faanyag gőzölésével az akácfa színe csokoládébarnára 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 nyárfá kellemes diószínűre változtatható, s közben jelentősen megnő a tartóssága (3. ábra).

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 felhasználá-



3. ábra. Termikusan kezelt nyár faanyagok

sát. A kis hegyvidéki falvakba is eljutó gázvezetékek miatt szerepe a lakások fűtésében is mérséklődött. A fosszilis nyersanyag- és energiaforrások készleteinek csökkenése miatt a megújuló, bővíthető újratemmelhető faanyag kedvező tulajdonságai eredményeként fokozatosan visszanyeri stratégiai szerepét.

A CO<sub>2</sub>- és vízbázison létrejött szerves vegyületeiből a műanyagokhoz hasonló ragasztók, cukrok, tápszerek, üzemaanyagok és egyéb termékek állíthatók elő, így megnő a fakémia jelentősége.

Porózus szilárd testként a fa jellemzője, hogy csekély sűrűségéhez (súlyához) nagy szilárdsági értékek kapcsolódnak. Így kiválóan alkalmas épületek és bútorszerkezetek 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 mondását: „minden fának lelke van!”