

Erdők a globális és a hazai szénforgalomban

Dr. Mátyás Csaba

Nyugat-Magyarországi egyetem

Egy Nobel-díjas svéd kémikusnak, Svante Arrheniusnak köszönhetjük a felismerést, hogy a Föld légkörében található széndioxid hatással van az éghajlatra. 1896-ban megjelent munkájában a jégkorszakok kialakulását a légköri széndioxid-tartalom csökkenésével hozta összefüggésbe. Egyben azt is felvetette, hogy a széndioxid-tartalom emberi tevékenység okozta növekedése az éghajlat melegedésével járhat.

Ma már tudjuk, hogy a jégkorszakok megjelenése nem köthető össze a széndioxid-koncentráció hullámzásával, azonban az a tény ma már általánosan elfogadott, hogy az antropogén széndioxid-koncentráció emelkedése nagy bizonyossággal hozzájárul a légköri üvegház-hatás erősödéséhez, és ezzel a globális hőmérséklet emelkedéséhez. Előadásomban elsősorban arra a kérdésre térek ki, hogy az *üvegházhatás erősödésében milyen szerepe van az erdő-vegetációnak, illetőleg milyen mértékben számíthatunk az erdő szénmegkötő funkciója révén a légköri széndioxid koncentráció-növekedés korlátozására.*

Üvegházhatás: nem a széndioxid egyediül...

Nem árt mindjárt az elején rögzíteni, hogy a légköri üvegházhatás fő kiváltója nem a széndioxid, hanem a vízgőz. A természetes párolgás, felhőképződés óriási mennyiségű vízgőzt tart a légkörben (mintegy 13 billió tonnát!). A légköri vízgőz koncentrációra gyakorolt emberi hatást eddig elhanyagolhatónak tartották, ezért a vízgőz szerepe az üvegház-hatás elemzésekben általában meg sem jelenik. Az újabb vizsgálatok szerint azonban a légköri vízgőz mennyisége – emberi hatások közvetett eredményeként - szintén növekszik. A hetvenes évek óta évtizedenként 0,07 grammal, azaz 70 ppm-el nőtt 1 kg levegő páratartalma.

1. táblázat: A legfontosabb üvegház-gázok részesedése az üvegház-hatásból (W/m²)

| | W/m ² | % | Melegítő potenciál |
|----------------------------------|------------------|-------------|--------------------|
| Légköri vízgőz | 4,11 | 169* | |
| <i>Antropogén eredetű gázok:</i> | | | |
| CO ₂ | 1,46 | 60,0 | 1 |
| CH ₄ (metán) | 0,48 | 19,7 | 23 |
| N ₂ O | 0,15 | 6,1 | 296 |
| CFC-k | <u>0,34</u> | <u>14,2</u> | 4600 |
| Összes antropogén | 2,43 | 100,0 | |

* az „összes antropogén” gáz százalékában

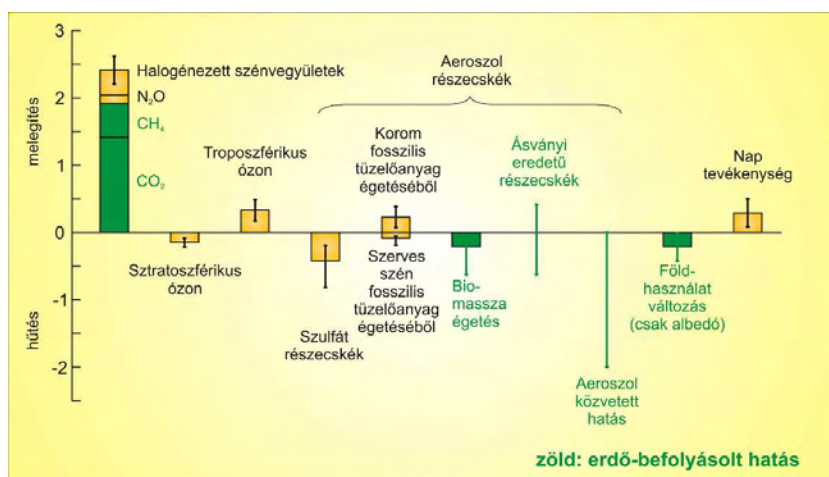
Ki kell viszont emelni, hogy a többi üvegház-hatású gáz légköri mennyisége, beleértve a széndioxidot is, a vízgőzhöz képest csekély, mintegy 750 milliárd tonna, és összesen nem éri el a 400 ppm, azaz milliomodnyi koncentrációt (0,04%). Az üvegház-gázok sugárzási kényszert okozó hatása, vagyis globális melegítő potenciálja nagyon eltérő. A CO₂-hoz képest számított értékek az 1. táblázatban láthatók. A metánból tehát a széndioxidnál 23-szor kisebb koncentráció azonos hatást vált ki – vagyis az egyéb üvegház-gázok rendkívül kis koncentrációja is már jelentős hatású. Éppen ez az erős melegítő potenciál okozza, hogy az emberi tevékenység érezhető hatást gyakorol a globális éghajlat alakulására.

Üvegház-hatás nélkül Földünk átlagos felszíni hőmérséklete -19°C lenne. A légkörben „fogyul ejtett” 235 W/m^2 beérkező energia viszont kellemes $+14^{\circ}\text{C}$ átlaghőmérsékletet biztosít.

Az ipari forradalom óta bekövetkezett CO₂ dúsulás (275-ről 375 milliomodrészre) $+2,78 \text{ W/m}^2$ többlet energiát köt meg. További fokozó ill. csökkentő hatású ember okozta tényezők eredőjeként az ún. sugárzási kényszer $+2,43 \text{ W/m}^2$ energiátöbbletet jelent. Ez a látszólag csekély többlet az elmúlt évszázadban globálisan $0,6^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletemelkedést eredményezett.

Az erdőtakaró szerepe a földi energiamérlegben és szénforgalomban

Érdeemes részleteiben megvizsgálni, hogy mely antropogén hatások milyen súllyal járulnak hozzá a $+2,43 \text{ W/m}^2$ -es sugárzási kényszerhez. Az 1. ábrán feltüntetett tényezők között több olyan található, amelyek közvetlenül vagy közvetve összefüggésben vannak a földi erdőtakaró sorsával.



A Föld-légkör rendszer energiamérlegében a XVIII. század közepe óta előidézett változások (sugárzási kényszer W/m^2) és az egyes tényezők bizonytalansága (Forrás: Haszpra ex IPCC, 2001)

1. ábra:

Természetesen legjelentősebb a légköri CO₂ (valamint esetleg részben a metán) mennyisége, de az erdőirtás és erdőégetés révén az erdőtakaróval is összefüggő tényezők a földhasználat-változás, a biomassza-égetés, az ásványi részecskék és korom jelenléte a légkörben. Talán meglepő, hogy az első két tényező hatása negatív, vagyis az erdőirtás javítja az albedót, a biomassza-égetés pedig csökkenti a légkör optikai átlátszóságát.

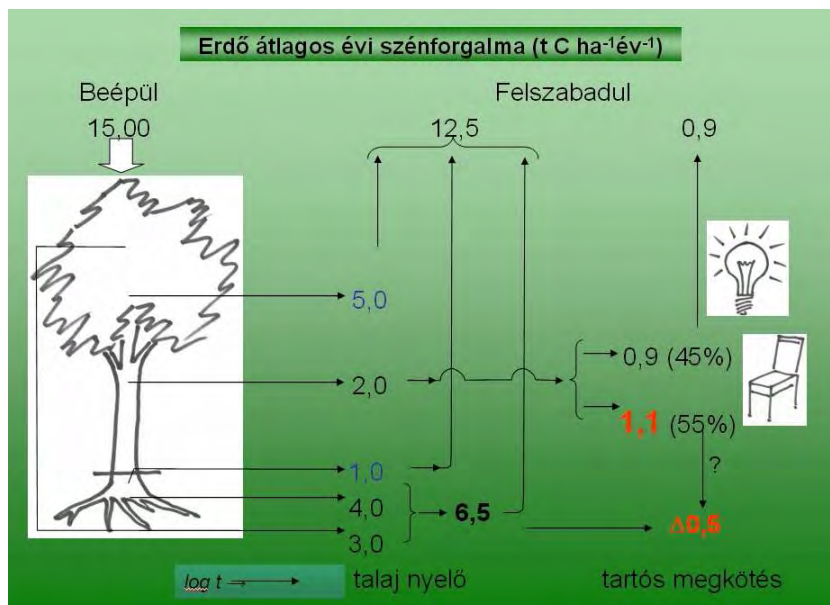
Az ábrából megállapítható, hogy az erdőtakaró kiterjedése és állapota a sugárzási kényszer szempontjából nem hanyagolható el.

Ezt a benyomást erősíti, ha áttekintjük a Föld mobilizálható és lekötött széntartalmait, a kőzetek nélkül. A 2. táblázatból kiderül, hogy a légkörben található CO₂ mennyisége *kevesebb*, mint a bioszféra növényzetében tárolt szénkészlet – ennél még jóval több a talajban található szén.

A szárazföldi bioszféra szénkészletét viszont szinte kizárólagosan az erdők tárolják. A feltüntetett 800 milliárd tonna (Gt) több mint fele a trópusi erdőkben (450 Gt), a többi a mérsékelt övi (180 Gt), és boreális erdőkben (120 Gt) található! A fás szavannák készlete 55 Gt, ugyanakkor a füves vegetáció és a mezőgazdaság mindössze 7-7 milliárd tonna szenet tárol.

2. táblázat: Globális szénkészletek, milliárd tonnában (Gt), kőzetek nélkül

| Készlet | Széntartalom | Labilitás | |
|-----------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Légkör | 700 | + | |
| Bioszféra | | | |
| - növényzet | 800 | ++++ | erdő:1200 volt |
| - talaj | 1200 | +++ | |
| Óceánok | | | |
| - vízben oldott | 39000 | | |
| - üledékben | 12 millió | | |
| Fossilis szén | > 5000 | | faanyagban: 4,5 |



2. ábra: Közép-európai erdő becsült évi szénforgalma (t/ha/év szén egyenértékben)

A második ábra egy átlagos közép-európai erdő szénforgalmát mutatja be. Évente mintegy 15 t szén épül be egy hektáryi erdőbe. A képződött szervesanyag nagy része (12,5 t) vagy közvetlenül, vagy a talajban folyó mikrobiális tevékenység során néhány év késéssel elbomlik, felszabadul. Mintegy 2 tonnányi az az évi növedék, amelyet az erdőgazdálkodás során kivonunk a szén-körforgalomból (ez mintegy 5 m³ faanyagnak felel meg).

A megtermelt faanyagban megkötött szén további sorsa a felhasználástól függ: az energiatermelésre vagyis tüzelésre fordított hányad széntartalma felszabadul (az ábrán: 0,9 t/ha/év), míg az ipari hasznosítás eredményeképpen a megkötött szén változó ideig, akár évszázadokig is (pl. épületfa) kikerül a ciklusból. Tekintettel arra, hogy a közép-európai talajok – főleg sík- és dombvidéken – évszázados művelése során általában vesztek humusztartalmukból, az erdőtalajokban egy bizonyos mértékű szén felhalmozódást feltételezhetünk, melynek értékét 0,5 t/ha/év-re becsültem, ezt egyes mérési adatok megerősítik.

Az elmondottakkal kapcsolatban a következőket kell kiemelni:

- az érintetlenül hagyott, természetes állapotú erdő a szénmegkötés szempontjából semleges: ugyanannyi szenet köt meg, mint amennyit kibocsát. Érdeemes megemlíteni, hogy a laikus sajtó által hangoztatott metafora: „az őserdők a Föld tüdejé” annyiból sántít, hogy a szén-semleges természetes erdő nem termel fölös oxigént!
- az erdőgazdálkodás során kivont faanyag a szénkörforgalmat lassítja. Még ha tűzifaként el is égetjük, ez a szénsemlegességen

nem változtat. Nincs egyetlen más ágazat sem, amely szén-semleges termelésre (főleg energiatermelésre) képes, az atomerőmű kivételével.

- az ipari felhasználásra alkalmas faanyag termelése, vagyis *a minőségre törekvő erdőművelés alapvetően fontos klíma- és környezetvédelmi funkciót lát el* a szén ciklus fékezése révén.
- amíg a meglévő erdők ill. azok hasznosítása többé-kevésbé szén-semlegesnek tekinthető, az új erdők telepítése a szénlekötés fokozását jelenti, tehát tartós többletet eredményez. Az erdőtelepítés biológiai szennyelő funkcióját a nemzetközi szén-kvóta kereskedelem is elismeri és díjazza, erre ma már Magyarországon is megnyíltak a lehetőségek.
- a szénsemlegesesség csak akkor valósul meg, ha az erdőgazdálkodó képes a talajban megkötött szénkészlet bolygatása nélkül termelni. Mivel a talajban megkötött szén felszabadulását a felszín bolygatása, az elgyomosodás, a közvetlen napsugárzás sietteti, kíméletes technológiák alkalmazására van szükség.

Az erdőirtás szerepe a globális ciklusban

A század vég nemzetközi adatai szerint az erdőterület fogyása – némileg csökkenő ütemben – folytatódik. Az egyes kontinensek között rendkívül nagy eltérések vannak (2. táblázat). Éllovas Latin-Amerika, az amazóniai őserdők pusztítása miatt (3. ábra). Az erdőfogyás Ázsiában is nagyon jelentős, amelyet elfed Kína óriási léptékű erdőtelepítési erőfeszítése. Az évente összesen kiirtott 11,24 millió ha erdő Magyarország erdőterületének 6,3-szorosa!

3. táblázat: Erdőterület-változás jelenlegi helyzete kontinensenként, a FAO nyilvántartása szerint (millió ha/év)

| | |
|-------------------------|--------------|
| Afrika | -3,74 |
| Ázsia + Ausztrália | -3,40 |
| Európa (Közép-Ázsiával) | +0,94 |
| Latin-Amerika | -5,80 |
| Észak-Amerika | <u>+0,76</u> |
| Összesen: | -11,24 |



3. ábra: Amazóniai esőerdő irtása mezőgazdasági terület nyérése érdekében: a felszabaduló széndioxid későbbi ismételt megkötése a vegetáció degradálódása miatt valószínűtlen (Peru, *fotó Mátyás Cs.*)

Az erdőirtás a felszíni albedó változtatása mellett (l. 1. ábrát) a vegetáció felégetése révén fokozza a globális sugárzási kényszert. A 4. táblázat adatai szerint az összes felszabaduló szén *több mint 20%-a az erdőirtásokból származik*. Ez a mennyiség az Európai Unió 2020-ra tervezett kibocsátás-csökkentési előirányzatával azonos, amely ugyancsak 20%. A fejlődő országok erdőpusztításának mérséklése ugyanakkor nagy léptékű

társadalmi-gazdasági átalakulások függvénye, amelyre jelenleg nem sok esély van.

Az összes elnyelt szén kétharmadát a vegetáció köti meg, amelyről tudjuk, hogy döntően az erdőtakarót jelenti. Az erdő szerepe tehát a kibocsátásban (irtás), de főleg a megkötésben meghatározó!

A 4. táblázatban szereplő, évi 3,2 milliárd tonna szén, amelyet sem az óceánok, sem a meglévő erdők nem kötnek le, a légkör CO₂ koncentrációját növeli. Megközelítőleg 2 milliárd tonna szén felel meg egy milliomodrész (=1 ppm) CO₂ koncentrációnak az atmoszférában. Az említett mennyiség tehát *jelenleg kb. 1,5 ppm koncentrációnövekedést idéz elő évente*, ez megfelel a jelenlegi növekedési ütemnek.

4. táblázat: A globálisan felszabaduló és megkötött szén éves mennyisége (milliárd t/év)

| | Gt/év | megj. |
|-----------------------------|------------|------------------|
| Kibocsátók: | | |
| Fosszilis szén tüzelés | 6,3 | Fatüzelés: 0,4 |
| Erdőirtás | 1,7 | |
| Összesen felszabadul | 8,0 | |
| Nyelők: | | |
| vegetáció | 3,1 | Iparifa: 0,37 |
| óceánok | 1,7 | |
| Fennmaradó többlet | 3,2 | Légkörben marad! |

Lehetőségek a szénkibocsátás fékezésére az erdőgazdálkodás révén: valós alternatíva?

Az ismertetett adatokból kitűnik, hogy bár az erdők szerepe jelentős, pusztán erdőtelepítéssel a széndioxid-kibocsátás jelenlegi üteme nem kompenzálható.

Magyarország vonatkozásában jelenleg aktív nyelőként funkcionálnak az ökonómiai küszöb alatti és a teljes védettséget élvező erdőterületek (ez természetesen csak az összeomlási fázis eléréséig áll fenn). Ugyancsak aktív nyelők azok az erdőtelepítések, amelyek még nem érték el a vágáskort. Az erdei szénmegkötés becsült éves mennyiségét az 5. táblázat mutatja be. Nem szerepel a mérlegben a hulladékba kerülő „használtfa” lebomlásának éves mennyisége, továbbá az újonnan belépő erdőtelepítések évi növedéke sem. A kettő nagyságrendileg azonos lehet, így nagyjából kiegyenlítik egymást.

5. táblázat: A magyarországi erdők szénforgalmának éves mérlege (millió t) Führer, Mátyás (2004) adatai szerint

| | Fatörzs, ágak | Levélzet | Tuskó, gyökér | Összesen |
|--|------------------|-------------|------------------|-------------|
| Éves szénforgalom során, ill. rövid távon felszabadul | | | | 4,86 |
| levélzet | | 2,40 | | 2,40 |
| bruttó fakitermelés apadék | 0,48 | | | 0,48 |
| bruttó fakitermelés tuskó- és gyökér mennyisége | | | 0,97 | 0,97 |
| energiacélú felhasználás (tűzifa) | 0,96 | | | 0,96 |
| faipari hulladék | 0,05 | | | 0,05 |
| Tartósan beépülő ill. lekötött szénmennyiség | | | | 2,04 |
| Faipari termékek | 0,91 | | | 0,91 |
| Élőfa-készletben érintetlenül hagyott, kitermelhető növedék | 0,80 | | 0,33 | 1,13 |
| Éves szénbeépülés és lekötés összesen | 3,20 | 2,40 | 1,30 | 6,90 |

Az ismertetett adatokkal szembenáll Magyarország 16 millió tonnára becsült éves szénkibocsátása: látható, hogy esély sincs a kibocsátás elnyelésére az országhatáron belül.



4. ábra: Nemesített *Pinus taeda* ültetvény Virginiában (USA). A 20 éves vágásfordulóban kezelt ültetvény évente képződő 25-30 m³/ha faanyagában mintegy 10 t/ha légköri kARBONT von ki: eszményi szén-nyelő (fotó Mátyás Cs.)

Globális léptékben „jobb” a helyzet, a megkötés/kibocsátás aránya mint láttuk 3,1:8. Számítások szerint, ha az egykori földi erdőtakaró helyreállítása lehetséges lenne, ez 40-70 ppm-el csökkentené a CO₂ koncentrációt, vagyis globális léptékben sem lehetséges „csak” az erdőtelepítésekre hagyatkozni.

„Széngazdálkodás”: a jövő elkezdődött

Rendkívül fontos, hogy az erdőgazdálkodókban tudatosodjon az a kitüntetett szerep, amelyet az erdők töltenek be a globális és a regionális szénforgalomban. Az erdő szénmegkötésben játszott szerepének elismerése új perspektívát nyit az erdőgazdálkodás számára. *A szénmegkötés az első olyan ökológiai szolgáltatása az erdőnek, amelynek alapvető fontosságát a társadalom és a gazdaságpolitika nemcsak tudomásul veszi, hanem hajlandó – végre – pénzben is megváltani.* Ez új fejezetet nyit az erdő és a társadalom kapcsolatában.

A tartamos erdőgazdálkodás „széngazdálkodással” való kiegészítése nem sérti sem az erdő ökológiai szolgáltatásait, sem a gazdaságosság kritériumait. A szénmegkötés valóságos értéken kezeléséhez azonban számos nyitott kérdés tisztázására van szükség. Pontosítani kell az erdőgazdálkodás és a faipari vertikum szénmérlegét. További vizsgálatokat igényel a talaj szénnyelő szerepe, és a jövőre vonatkozóan lényegesen több információra lesz szükségünk, hogy az éghajlat változására hogyan reagál az erdei ökoszisztémák szén ciklusa.

Záró megjegyzések

Az elmondottak alapján a következő megállapításokat tehetjük:

- az erdőtakaró a szénforgalom érzékeny eleme, globális és regionális hatása jelentős;
- a talaj a környezeti feltételek változásával (melegedés), illetőleg szakszerűtlen beavatkozás esetén komoly CO₂ kibocsátóvá válhat;
- bár a hazai erdők szénnyelő funkciója jelenleg stabilnak látszik, az aszályosság növekedésével ez változhat;
- az erdőtelepítés, a minőségre törekvő erdőművelés és az iparifa lehetőleg hosszú távú hasznosítása számottevő módon befolyásolhatja a szénforgalom mérlegét, és ez *komoly esélyt kínál az egyébként lenézett erdőgazdálkodás valódi jelentősége társadalmi elismertetéséhez.*

Megjegyzés: Az erdők szénforgalmának értékelése és jóváírása iránt érdeklődő olvasók az Erdészeti Lapok utóbbi számaiban több cikket találnak, ezek közül kiemelendők Somogyi Zoltán írásai.