

## **A HAZAI ERDŐK ÜVEGHÁZ HATÁSÚ GÁZ LETÁRÁRA AZ IPCC MÓDSZERTANA SZERINT**

SOMOGYI ZOLTÁN<sup>1</sup>

### **ÖSSZEFOGLALÓ**

A cikk a hazai erdők üvegház hatású gáz leltárának elkészítésekor alkalmazott módszertant, és az ezzel becsült kibocsátásokat és elnyeléseket foglalja össze. A módszertan az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye előírásainak megfelelően alkalmazott, a hazai viszonyokra adaptált változata az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) módszertanának. A cikk kitér arra, hogy milyen fejlesztéseket hajtottunk már végre eddig is, és milyen fejlesztéseket kellene még végrehajtani annak érdekében, hogy a szénlekötés becslése még inkább megfeleljen a nemzetközi elvárásoknak.

**KULCSSZAVAK:** üvegházhatású gáz leltár, Éghajlatváltozási Keretegyezmény, klímaváltozás, szénlekötés, bázis sűrűség

### **ABSTRACT**

#### **GREENHOUSE GAS INVENTORY OF FORESTS IN HUNGARY USING THE IPCC METHODOLOGY**

The paper summarizes the methods applied to develop the greenhouse gas inventory of the forests of Hungary, and the estimated emissions and removals. The methods are the adaptation of the IPCC methodology that is to be used under the United Nations Framework Convention on Climate Change. The paper also reports some achievements of domestic methodological developments and suggests further developments that will be needed to better comply with international requirements.

**KEYWORDS:** greenhouse gas inventory, UNFCCC, IPCC, climate change, carbon sequestration, basic density

### **BEVEZETÉS**

Az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye (KE) 1992-ben azzal a céllal jött létre, hogy az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátását olyan mértékűre korlátozzuk, ami megakadályozza a földi klimatikus rendszer veszélyes, emberi eredetű megváltozását (KE, 1992.). A KE jelenleg hatályos jegyzőkönyve, az ún. Kyotoi Jegyzőkönyv (KJ) a kibocsátások számszerű korlátozását vezette be a kötelezettségeket vállaló fejlett országok egy csoportjára (KJ, 1997.)<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> ERTI, tudományos igazgató, [somogyiz@erti.hu](mailto:somogyiz@erti.hu)

<sup>2</sup> A KE és a KJ fontosabb, az erdészeti szektort érintő rendelkezéséről l. Somogyi, 2007a, 2007b.

Mindezek a korlátozások azért váltak szükségessé, mert a mérések és a klímatudományok, valamint a klíma hatása alatt álló természeti és társadalmi rendszerekkel foglalkozó tudományok szakértőinek döntő többsége szerint az utóbbi kb. két évszázadban a klíma emberi eredetű változása következett be elsősorban amiatt, hogy az emberi tevékenység következtében túl sok ÜHG-t bocsátunk a levegőbe (*IPCC 1990., 1995., 2001., 2007.*).

Ha azonban a klímaváltozásért az ÜHG-okat tesszük felelőssé, akkor tudnunk kell azt, hogy mennyi ilyen gáz, és mely tevékenységek következtében kerül a levegőbe. Ezért a KE hatálya alatt, különösen pedig a KJ hatálya alatt az egyes országoknak minden évre el kell készíteniük ÜHG leltárakat. Az ÜHG leltárak a KE honlapján a [http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/items/2715.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/items/2715.php) weblapról letölthetők. Az ezekben a leltárakban publikált elnyelési és szénlekötési adatok rendkívül hasznos információkat tartalmaznak, és megalapozhatják olyan politikák kifejlesztését, amelyekkel elérhető az ÜHG kibocsátások korlátozása.

Az ÜHG leltárak részét képezik természetesen az egyes, a földhasználatokhoz kötődő kibocsátások és elnyelések becslése is. Mind a mezőgazdasághoz (szántóművelés, gyepgazdálkodás, állattenyésztés stb.), mind az erdőgazdálkodáshoz (meglévő erdők kezelése, új erdők telepítése, esetenként erdőirtás) kapcsolódik ugyanis sokféle kibocsátás és elnyelés is. Földi léptékben az összes emberi eredetű kibocsátás kb. egyötöde köthető a földhasználatokhoz és azok változásához (elsősorban erdőirtás), de az összes emberi eredetű kibocsátás mintegy harmadát a szárazföldi ökoszisztémák (elsősorban az erdők) szénlekötése csökkenti (*IPCC, 2007.*).

Annak érdekében, hogy a különböző országok ÜHG leltárainak adatai összevethetőek legyenek, a klímaváltozással kapcsolatos összes témakör tudományos megalapozására létrehozott nemzetközi tudományos szervezet, az IPCC egységesen alkalmazandó módszertant dolgozott ki valamennyi, a Montreáli Protokoll<sup>3</sup> által nem szabályozott ÜHG-ok kibocsátásának, valamint (a szén-dioxid esetében a növényzet és a talaj általi) elnyelésének becslésére (*IPCC, 1997., 2000., 2003., 2006.*). Az ezekkel a módszerekkel elkészített leltárak adatait a nemzetközi közösség azután fogadja el, hogy ENSZ ellenőrök ellenőrizték, hogy a becslések valóban az IPCC módszertannak megfelelően történtek.

A nemzetközi elvárásoknak megfelelően Magyarország is 1995 óta évente leadja a KE felé az ÜHG leltárát. A legutóbbi leltár (*NIR Hungary 2008, CRF Hungary 2008.*) a korábbi éveknek – az ENSZ-ellenőrök által ellenőrzött és elfogadott - módszertanához hasonló módszerekkel készült.

Erdőkben a szénkészlet nagyságának, és a szénkészlet változásának a becslésével először Führer, Járó (1989.) és Führer, Járó, Márkus (1991.) foglalkozott. Azóta ismételtelenül többen is közöltek becsléseket (*Führer, 1994; Führer, Molnár, 2003.; Führer, Mátyás, 2005.; ÁESZ, 2005.; Buzás, 2007.; Barcza, 2008.*). E becslések módszertana azonban eltérő, emellett az ENSZ felé történő jelentési kötelezettség miatt szükség van olyan leltárra is, amely nemcsak tudományos szempontokat, hanem a jelentési

---

<sup>3</sup> A Montreáli Protokoll az ózonréteget károsító, egyébként üvegház hatású halogénezett szénhidrogén gázok kibocsátásának csökkentését szabályozza.

kötelezettség egyéb, a klímapolitikával összefüggő szempontjait is figyelembe kell venni.

Ilyen, az ENSZ felé történő jelentés alapvető követelménye pl. a jelentés mindenre kiterjedő, átlátható volta („transparency”); pontosság („accuracy”) abban az értelemben, hogy a becslés ne eredményezzen se szisztematikus alábecslést, se szisztematikus fölébecslést; az adatsorok időbeli konzisztenciája (tehát hogy minden évre ugyanolyan módszerrel és adatbázissal történjen a becslés); az egyes országok becsléseinek összehasonlíthatósága („comparability”), ami azonos vagy hasonló módszertant követel meg; végül a „teljesség” („completeness”), vagyis hogy a becslés minden lényeges kibocsátásra és elnyelésre kiterjed (UNFCCC, 2006.).

Fontos azonban hangsúlyozni, hogy szinte minden szempontnál hozzá kell tenni a „gyakorlatiasság” („practicability”) elvét is, vagyis hogy olyan mértékig törekszünk az egyes követelményeket kielégíteni, amely még gyakorlatias módszerekkel, túl nagy költségek nélkül elérhető. Itt különös jelentősége van annak a ténynek, hogy az ENSZ-leltárakban az egész országra kiterjedően, tehát a közel kétfélmillió ha erdőterületre vonatkozóan kell becslést adni, nem egy-egy kísérleti erdőre, esettanulmány jelleggel.

Ebben a tanulmányban a hazánk által a KE hatálya alatt leadott ÜHG leltárának az erdőkre vonatkozó, a fentieknek megfelelő módon levezetett becsléseket adjuk közre. Csakúgy mint a leltár egészében, az erdőkre vonatkozóan is alapvetően az IPCC (2000., 2003., 2006.) módszertanára támaszkodunk. A becsült kibocsátások és elnyelések mellett ismertetjük az IPCC módszertanának lényeges részeit, ill. ahol szükséges, a hazai viszonyokhoz történő adaptáció módját, a rendelkezésre álló adatokat. Foglalkozunk ezen túlmenően azzal is, hogy hogyan kellene fejleszteni a leltárt annak érdekében, hogy a későbbiekben még inkább megfeleljünk a nemzetközi elvárásoknak. Annak ellenére ugyanis, hogy az alapvető megközelítést tekintve nemzetközileg teljesen elfogadott az ország módszertana, tovább kell lépünk bizonyos adatok mérése és becslése terén; ez a tanulmány is részben ehhez a fejlesztéshez járul hozzá. A fejlesztéseket különösen azért kell folytatnunk, hogy teljesen megfeleljünk majd a KJ hatálya alatt leadandó leltárakkal szemben megfogalmazott követelményeknek (IPCC, 2003.).

#### ÁLTALÁNOS MÓDSZERTANI MEGJEGYZÉSEK

A leltárban az egész országra vonatkozóan *egy-egy naptári év összes, közvetlenül emberi tevékenységhez köthető* kibocsátását, ill. elnyelését kell becsülni. Sem a kibocsátást, sem az elnyelést nem közvetlenül mérjük, hanem általában az emberi tevékenységgel közvetlenül összefüggő, valamilyen statisztikában rendelkezésre álló segédmenyiséget (pl. fakitermelés mértéke) veszünk alapul, és abból – megfelelő átszámító tényezőkkel – becsüljük a tevékenységhez rendelhető kibocsátást, ill. elnyelést. Itt meg kell jegyezni, hogy az erdők esetében külön jelentkeznek kibocsátások (pl. az említett fakitermelés) és elnyelések (pl. a biomasszában); és e folyamatok eredőjét nettó elnyelésnek (vagy nettó kibocsátásnak) nevezzük. E nettó értékek becsülhetők az említett folyamatok külön-külön történő becslésével és az eredő számításá-

val, de esetenként (pl. az élőfakészlet-változás becslésével, l. lejjebb) közvetlenül becsülhetők.

A földhasználati szektorok esetében fontos alapelv, hogy csak a kezelt területeken tapasztalható kibocsátásokat és elnyeléseket kell becsülni. Magyarország esetében minden terület kezeltnek tekinthető (olyan országoknál viszont, mint pl. Kanada vagy Oroszország ennek a lehatárolásnak nagy jelentősége van).

Az erdőgazdálkodás alá vont terület Magyarország kb. egyötödét teszi ki (2005-ben az Országos Erdőállomány Adattár, OEA szerint 1,983 millió ha). Az erdőgazdálkodás alá vont terület az ÜHG-ok kibocsátása és elnyelése szempontjából több részre osztható. Vannak olyan területek (pl. utak, ill. felújítatlan vágásterületek), amelyek ÜHG forgalma vagy általában is, vagy az adott leltározási évben elhanyagolható. Az ezeket nem tartalmazó, faállománnyal borított terület (2005-ben 1,790 millió ha<sup>4</sup>) az IPCC módszertan szerint „erdőterületként megmaradó erdőterület”, ill. „betelepített erdőterület” kategóriákra osztható. Ezen felül viszonylag sok kibocsátás számolandó el azokon a területeken, ahol a faállomány-borítást véglegesen megszüntetjük, vagyis egy területet kivonunk az erdő művelési ágból, és szántóvá, úttá, lakóterületté stb. alakítjuk. (E területeket a nemzetközi terminológiában „erdőirtásnak” hívják; nálunk ezek területe átlagosan kb. félezer ha; Kottek P. szóbeli közlése.)

Elvben indokolt ez az elkülönítés, mert a telepítés alatt álló, ill. erdő művelési ág alól kivont területeken („erdőket érintő földhasználat-változások”) némileg eltérő módszereket kell alkalmazni a kibocsátások és elnyelések becslésér. Megfelelő statisztikák a múltba nézve azonban nálunk nem állnak rendelkezésre, ezért az erdőket érintő földhasználat-változásokban becsülhető kibocsátásokat és elnyeléseket külön nem tudjuk becsülni. Szerencsére azonban az OEA adatstruktúrája minden változást rögzít – a valamennyi erdőre vonatkozó élőfakészlet-adatok minden évre rendelkezésre állnak – ezért az összes változást is az „erdőterület marad erdőterület” kategória kibocsátásai és elnyelései között tudjuk becsülni.

Az ÜHG kibocsátásának és elnyelésének becslése – mint említettük – az IPCC módszertanára épül. Azonban, ahol az csak lehetséges volt – és összhangban az IPCC ajánlásával – országspecifikus adatokat (angol nyelvű terminológiát alkalmazva: Tier 2) használtunk, ill. vezettünk le (l. a bázis sűrűséggel foglalkozó részt később), és az ezeket pótló ún. IPCC alapértékeket (Tier 1) csak néhány esetben alkalmaztunk. Az IPCC módszertannak megfelelően elegendőnek tűnt országos aggregált adatok alkalmazása; az adatok hozzáférhetősége is ezt tette lehetővé. Ahol lehetett azonban (pl. fakészlet-adatok), a pontosság kedvéért fajonkénti adatokkal számoltunk; máshol fafaj-csoportra vonatkozó adatok álltak rendelkezésre. Célszerű volna azonban a leltárt körzetekre vonatkozó, sőt akár erdőrézlet-adatokból kiinduló adatbázis alapján elkészíteni a pontosság fokozása érdekében.

Az erdővel kapcsolatban elsősorban különböző ún. széntárolókhöz köthető szénkészlet-változásból becsülhetők a kibocsátások és elnyelések. E széntárolók közé tar-

---

<sup>4</sup> l. még Magyarországnak a FAO 2005-ös erdőleltára felé benyújtott jelentését (ÁESZ, 2005).

tozik a biomassza<sup>5</sup>, a talaj, a holtfa, az avartakaró<sup>6</sup>, valamint a fatermékek. E tanulmányban csak a biomassza széntároló szénkészletének változását eredményező kibocsátásokat és elnyeléseket közöljük; a többi széntárolóra csak a teljesség kedvéért térünk ki: ezekkel kapcsolatban néhány adatra, többnyire azonban szakértői véleményre alapozott feltételezésekkel tudunk csak élni megfelelő adatok hiánya miatt. Különösen fontosnak tartjuk azonban a talajok szénkészletének változására vonatkozóan további kutatások folytatását a minél közelebbi jövőben.

## A BIOMASSZA SZÉNKÉSZLET-VÁLTOZÁSÁNAK BECSLÉSÉRE SZÓLGÁLÓ MÓDSZERE

### *A becslés általános elvei*

A biomassza széntárolóban lezajló szénkészlet-változásokat az IPCC szerint kétféle módszerrel lehetne becsülni. Az egyik az ún. készletváltozási módszer, amelynek két év élőfakészletéből indulunk ki, és az élőfakészlet-változásból számítjuk a szénkészlet-változást. A másik módszer az, amikor megbecsüljük az élőfakészlet-változást okozó valamennyi folyamat (növedék, fakitermelés, mortalitás) nagyságát, és ezekből mérlegegyenletet állítunk fel. Véleményünk szerint a készletváltozási módszer ad pontosabb becslést, és ezért erre alapozzuk az ÜHG forgalom becslését is. Ennek egyik oka az, hogy az OEA-nak vannak részletes élőfakészlet-statisztikai fafaj és korosztály megbontásban minden évre vonatkozóan, és az ezekben a statisztikákban esetleg előforduló hibák véleményünk szerint kisebbek, mint a növekedési- és fakitermelési statisztikákban. Ráadásul a szisztematikus hibák java része eltűnik, amikor az egymást követő évek élőfakészlet-adatait egymásból kivonjuk, hogy a készlet-változásokat kiszámíthassuk, míg a pl. a fakitermelési statisztikákban lévő szisztematikus hibák (pl. a kitermelt famennyiség alábecslése) befolyásolja a végeredményt.

A hazai számításokat az IPCC (2006.) IV. kötet 2. fejezetének 2.8-as egyenletére alapozzuk, melyet az alábbi módon alkalmaztuk a magyar viszonyokra:

$$\Delta C_B = (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1) \quad \text{és} \quad C_t = [V_t * D] * (1 + R) * CF$$

ahol:

$\Delta C_B$  = a teljes föld feletti és földalatti fa biomassza szénkészlet-változása (tonna C);

$C_t$  = szénkészlet t időpontban (tonna C);

$V_t$  = élőfakészlet (élőnedves állapotban) t évben ( $m^3$ );

$t_2$  = a leltár évének vége;

$t_1$  = a leltárt megelőző év vége;

---

<sup>5</sup> Az ÜHG leltárak vonatkozásában biomasszán a növényzet biomasszáját, vagyis a fitomasszát értik. Ennek túlnyomó része a fás szárú növényekben található, és a gyakorlatiasság miatt mi is ezt a dendromasszát értjük a „biomassza” használatokor, amit a nemzetközi szóhasználathoz történő igazodás okán tartunk meg.

<sup>6</sup> A holt fa az IPCC (2006) módszertanban a 10 cm-nél, vagy más, az ország által választott határértéknél vastagabb föld feletti elhalt, korhadó faanyagot, ill. az adott határértéknél vastagabb elhalt tuskót és gyökereket tartalmazza. E módszertan szerint az alomtakaró része a 10 cm-nél, ill. a fentiek szerint választott határértéknél vékonyabb elhalt föld feletti fa és gyökér, valamint a lehullott levelek, kéregmaradványok, termés és más szervesanyag.

D = bázis sűrűség (tonna száraz biomassa  $m^{-3}$  élőnedves fa);

R = gyökér-hajtás arány (dimenzió nélkül);

CF = a biomassa széntartalma (tonna C tonna biomassa $^{-1}$ ).

A fatérfogatot – amely tehát az OEA statisztikáiban rendelkezésre áll – az erdő-részletekben felvett mintafák átmérő- és magasság-értékeiből a Király-féle fatérfogat-függvényekkel (1978.) számolják, amelyek a Sopp et al. (1974.) által készített fatérfogat-táblázatok alapján készültek. E függvények, ill. táblázatok a vágáslap feletti teljes fatérfogatot becsülik. Ezért azt az átszámító tényezőt (ún. biomassa átszámító tényező, „biomass expansion factor”, BEF), amellyel más országokban a becsült fatérfogatból számítják a teljes föld feletti fatérfogatot, nálunk nem szükséges alkalmazni.

A fatérfogatról a széntalomra történő átszámításnál három átszámító tényezőt: a bázis sűrűséget, a föld alatti biomasszára való átszámításhoz szükséges tényezőt, valamint a biomassa szénttartalmát kell alkalmazni. Az elsővel a következő fejezetben külön foglalkozunk. A föld alatti biomassa becslésére egy átlagos, minden fafajra ugyanakkora értékű gyökér-hajtás arányszámot alkalmazunk. Megfelelő ország-specifikus adatok hiányában IPCC alapadatokat használtunk, szakértői becsléssel kombinálva (Tier 1). Figyelembe véve, hogy a magyar erdők többsége fiatal, hogy az átlagos hektáronkénti élőfakészlet  $189 m^3 ha^{-1}$  (1990-ben) és  $219 m^3 ha^{-1}$  (2004-ben), ami megfelel  $122 t ha^{-1}$  (1990.), ill.  $140 t ha^{-1}$  (2004.) hektáronkénti biomasszájának, és hogy az IPCC (2003., 2006.) szerinti alapértékeknek meglehetősen nagy a hibataromány, R értékére a konzervatív 0,25-ös értéket választottuk valamennyi fafajra. Ez a szám jó egyezést mutat a Führer (2007.) által kapott, nagy szénkészletű erdőkben mért értékekkel: bükkösben (292 t/ha dendromassza szénttartalom) az R érték 20,5%, gyertyános-tölgyesben (217 t/ha dendromassza szénttartalom) 31,6%, cseresben (191 t/ha dendromassza szénttartalom) pedig 37,0%.

A száraz fa-biomassa szénttartalmát tekintve az IPCC (2003., 2006.) szerinti 0,5 tonna C tonna biomassa $^{-1}$  alapértéket használtuk. Ez nagyon jó megegyezést mutat az itthoni mérésekkel is, melyek szerint bükk törzsnél 50,4%-nak, kocsányos tölgynél 50,7%-nak, gyertyánnál 50,1%-nak, csernél pedig 52,3%-nak adódott a szénttartalom (Führer-Jagodics, 2007.).

### **A bázis-sűrűség becslése**

A bázis sűrűséget illetően a hazai szakirodalomból különféle, fafajonkénti, ill. fafajcsoportokra alkalmazható adatokkal rendelkezünk. Korábban az ENSZ felé leadott leltárakban a száraz fatest sűrűségére vonatkozó adatokkal számoltunk (Babos et al. 1979., Kovács, 1979.). Külföldi példák közül (pl. Perelugin, Ugolev, 1971.), valamint egyes hazai, is mintákra alapuló, vagy külföldi adatokkal dolgozó publikációból (Halupáné, 1983.), valamint élőnedves, de nem, vagy nem elsősorban bázis sűrűség adatokkal dolgozó tanulmányból (ERTI, 1985.) azonban ismert volt az, hogy ezek a sűrűség-adatok a bázissűrűségnél nagyobb értékek (1. táblázat). Ez azért van így, mert egyrészt a fa élőnedves térfogata nagyobb, mint a száraz állapotban mért térfogat; másrészt a kéreg térfogat-sűrűsége eltérhet a fatestétől, ami módosíthatja a kéregben mért fatörzs sűrűségét; harmadrészt pedig a fánál nagyobb sűrűségű vizet tartalmazó

fa súlya természetesen nagyobb – de fajonként változó mértékben –, mint a kiszárított fáié.

**1. táblázat.** Az ENSZ jelentésekben korábban használt fasűrűség-adatok (Babos et al. 1979, Kovács, 1979.), egy bázis sűrűségeket közlő, részben magyarországi, részben külföldi adatokat tartalmazó közlemény (Halupáné, 1983.), egy élőnedves értékekkel (de nem bázis-sűrűséggel) számoló erdészeti biomaszajelentés (ERTI, 1985.) és egy Oroszországból származó sűrűség-adatsor (Perelügin, Ugolev, 1971.) összehasonlítása.

**Table 1.** A comparison of wood density data, used earlier in UNFCCC inventories (Babos et al. 1979, Kovács, 1979.), basic wood density by Halupáné (1983.; partly Hungarian data, partly data from literature), various wood density data (not basid wood density) from ERTI (1985.), and basic wood density data from Russia (Perelügin, Ugolev, 1971.)

Fafaj	Bázis-sűrűség*	Bázis-sűrűség**	Élőnedves fasűrűség***	Száraz fasűrűség****
	kg/m <sup>3</sup>			
Lucfenyő	360	390	(430)	430
Erdeifenyő	400	420–440	(430)	490
Vörösfenyő	520	490	(430)	(430)
Gyertyán	630	580–640	574	790
Akác	630	530–640	724	740
Tölgy	550	570–610	625	665
Csertölgy		590–640	640	770
Juhar	550	520–580	(630)	(560)
Kóris	550	560–610	(630)	(560)
Bükk	570	570–600	600	680
Szil	520	580	(630)	(560)
Nyír	500	540–600	(400)	(560)
Éger	420	430	(400)	(560)
Hárs	400	450–480		(560)
Rezgőnyár	400	370–400	380	395
'I-214' nemes nyár	290	320	373	370
'Robusta' nemes nyár	360	400	373	(370)
Fehérfűz	360	360	(400)	330

Megjegyzés: \*Perelügin, Ugolev, 1971.; \*\*Halupáné 1983., középérték, ill. átlagérték; \*\*\*ERTI, 1985.; \*\*\*\*Babos et al., 1979, Kovács, 1979.; a zárójeles számok esetében nem fajonkénti, hanem fajaj-csoportra vonatkozó átlagérték szerepel

Mivel a korábban használt adatokkal a szénlekötést feltehetően némileg fölébecsüljük (ami sem a KE, sem a KJ hatálya alatt nem elfogadott), és mivel a szakirodalmi adatok viszonylag nagy terjedelemben közölnek adatokat az egyes fafajokra, továbbá mivel nem volt ismert a sűrűségadatok szórása, pótlólagos mérések elvégzését tartottuk szükségesnek. Ennek keretében öt fontos hazai fafajra és fafaj-csoportra: az

akácra, a tölgyekre, a bükkre, a csertölgyre és az erdeifenyőre végeztünk új méréseket végeztünk, hogy országos minta alapján jobb támpontot találjunk a bázis sűrűségek meghatározásához. Különböző korú, termőhelyű, különböző faállomány-nevelésű (vagyis különböző erdőtörténetű) faállományokból fafajonként átlagosan 50 (43–72) faegyedet döntöttünk. A mintavételezést alapvetően meghatározta az, hogy a vizsgálatok destruktív jellege miatt alkalmazkodni kellett az erdőtulajdonosok igényeihez, fakitermelési lehetőségeihez. A mintavételeket a fák nyugalmi időszakában végeztük.

A mintavételnél fontos szempont volt, hogy a kor, valamint a fák mérete lehetőleg fogja át a csemetekortól a véghasználati korig a (fafajként különböző) legjellemzőbb tartományokat, mert amennyiben ezek jelentős hatással vannak a sűrűségekre, akkor így lehet csak az összes, hazánkban előforduló faállományra megfelelő értékekkel számolni. Megjegyzendő, hogy a fák biológiai jellegzetességéből, valamint abból adódóan, hogy nálunk a fiatalabb korosztályok vannak túlsúlyban, elsősorban a fiatal korosztályok mintázása volt szükséges.

Itt megjegyezzük, hogy a biomassza mérések általában igen nagy munkabefektetést igényelnek. Egy egészen friss, hasonló célt szolgáló vizsgálatról megjelent cikkben (*Cienciala et al. 2008.*) arról számolnak be, hogy a kocsánytalan és a kocsányos tölgy fajra együtt 51 mintafát dolgoztak fel. Bár a kocsánytalan és kocsányos tölgyre, valamint a cserre nálunk külön-külön 69, ill. 70 mintafánk van – tehát több, mint az említett tanulmányban –, a mintafák számát véleményünk szerint tovább kellene növelni annak érdekében, hogy valódi országos mintáról beszélhessünk. A mintafák jelenlegi mennyiségét csak a kutatáshoz rendelkezésre állt erőforrások mennyisége miatt tartjuk elégségesnek, és Halupáné (*1983.*) mintája kiegészítéseként kezeljük.

Minden, mintaként kiválasztott erdőrészletben több faegyedet jelöltünk ki a vizsgálatokra. Igyekeztünk olyan fákat kiválasztani, amelyek az adott állomány átlagára jellemzőek. Így pl. vettünk mintát a kisebb és nagyobb átmérőjű, kisebb és nagyobb koronájú, s emiatt feltehetően lassabban és gyorsabban növény, tehát különböző fa-sűrűségű faegyedek közül.

A bázis sűrűség adatok levezetéséhez minden faegyednél az alábbi fatermési jellemzőket határoztuk meg:

- fafaj,
- kor,
- mellmagassági átmérő ( $d_{1,3}$ ),
- famagasság ( $h$ ),
- mintavétel helye,
- a kidöntött törzsekből vett minták élőnedves súlya,
- a minták élőnedves térfogata,
- a minták száraz súlya.

A mintavétel után a helyszínen a (többnyire a törzsből, esetenként az ágakból vett) friss mintákból térfogat- és súlymérést végeztünk, mert így lehetett csak az élőnedves fákra megfelelő adatokat kapni. A mintákat előbb szabad levegőn napokig hagytuk szikkadni, majd később laboratóriumban 105 °C fokon 24 óráig szárítottuk, és közvet-



lenül ezután ismét lemértük a súlyukat. A súly- és térfogat-adatokból a bázis-sűrűség számítható volt az alábbi képlet alapján:

$$s_b = B / V$$

ahol:

$s_b$  = ún. bázis-sűrűség, ami az élő nedves, kéregben mért teljes fatérfogat és a csak szárazanyagot tartalmazó (tehát vizet nem tartalmazó) biomasz-súly hányadosa;

B = a minta biomasz szárazanyagának súlya (kg);

V = a minta élő nedves, kéregben mért teljes fatérfogata (cm<sup>3</sup>).

A mintavétel eredményeit a 2. táblázat foglalja össze. A kapott bázis-sűrűség adatok átlagosan 83%-al kisebbek a Babos et al. (1979.) és Kovács (1979) féle adatoknál, és jó egyezést adnak Halupáné (1983.) adataival. A saját és a Halupáné (1983.) által közölt adatsor összevetése alapján, figyelembe véve az általunk kapott konfidencia intervallumokat, továbbá a konzervatív becslés elve alapján (inkább alábecsülni az elnyeléseket és fölébecsülni a kibocsátásokat) azokra a fafajokra, amelyek az OEA adatbázisában szerepelnek, meghatároztunk egy-egy bázis sűrűséget, amelyet az ÜHG leltárban alkalmazunk (3. táblázat).

#### **SZÉNKÉSZLET-VÁLTOZÁSOK A HOLTFA, AVARTAKARÓ ÉS TALAJ, VALAMINT A FATERMÉKEK SZÉNTÁROLÓBAN**

Magyarországon rendszeresen csak egyes kísérleti területeken gyűjtenek adatokat a holtfa, avartakaró és talaj széntartalomra, és annak változására nézve. Habár van egy olyan talajmonitoringunk, amely az egész országra kiterjed (TIM), ez azonban a mezőgazdasági talajokra lett kialakítva, és az erdőtalajokból vett minta nagysága nem tűnik elegendőnek ahhoz, hogy az erdőtalajok szénkészlet-változására nézve megfelelő következtetéseket vonjunk le. További adatok mérése – pl. az ún. BioSoil nemzetközi kutatási programon belül – jelenleg folyamatban van.

Az eddig rendelkezésre álló országos becslések alapján Führer (2005.) szerint a magyarországi erdőkben tárolt szénből 63% (236,4 millió t) van a talajban, 1,5% (5,8 millió t) az bomlatlan avarrétegben, és 35% (132,7 millió t) a föld feletti dendromasszában. Ezek a mennyiségek rendre 131, 3,2, ill. 73,7 t hektáronkénti szénmennyiségnek felelnek meg, melyekkel jó egyezést adnak Führer-Jagodics (2007.) adatai is.

E széntárolókban tárolt szén mennyiségének változására nézve nincs adatuk. A leltárkészítés módszertana ebben az esetben megengedi, hogy adathiány esetén megalapozott feltételezésekkel éljünk. Úgy véljük, hogy alkalmazhatjuk azt a feltételezést, hogy a fent említett széntárolók mindegyike – legalábbis középtávon - növekvő mennyiségű szenet tartalmaz, és nem szénkibocsátók. Ezt két fő okkal magyarázhatjuk. Az egyik az erdők tartamos gazdálkodásnak alapelveinek megfelelő kezelése (aminek egyik legfőbb jellemzője, hogy kevesebb fát termelünk ki, mint amennyi évente megterem), a másik pedig az, hogy az erdők kb. harmadát 1930 után telepítették, és ezek az erdők többségükben még fő növekedési szakaszukban vannak.

**2. táblázat.** Az egyes fafajokra kapott bázis-sűrűség értékek ( $t\ m^{-3}$ ) egyes statisztikai jellemzői

**Table 2.** Basic wood density ( $t\ m^{-3}$ ) and standard statistics by species based on recent measurements

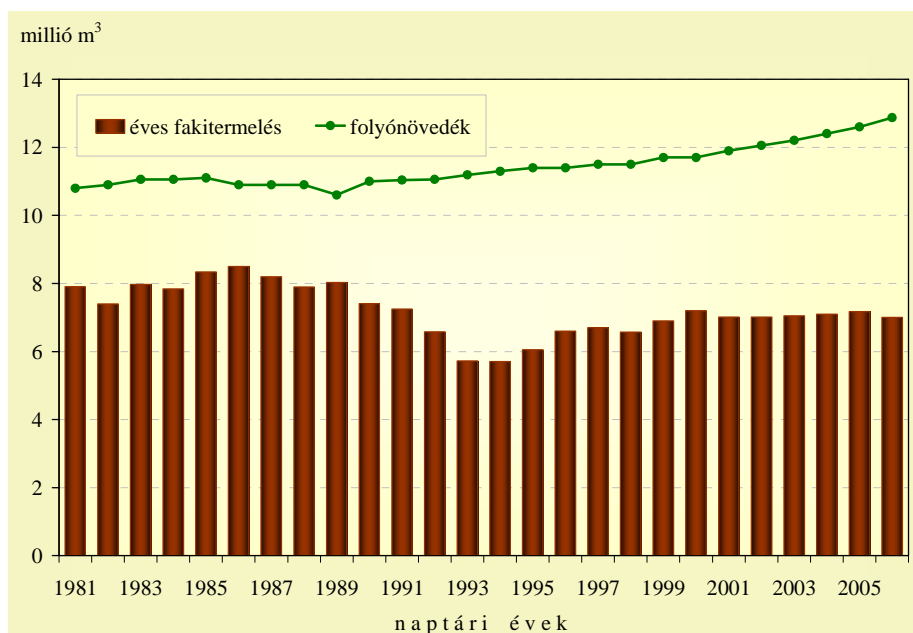
Fafaj	Átlag	Szórás	Standard error	95 % mellett számolt konfidencia intervallum szélessége	Mintafák száma
A	0,589487	0,058470	0,008621	0,017363	46
B	0,582926	0,033512	0,005111	0,010313	43
CS	0,638941	0,052851	0,006317	0,012602	70
EF	0,403095	0,051067	0,006018	0,012000	72
Tölgy	0,602449	0,044009	0,005298	0,010572	69

**3. táblázat.** Az ebben az ÜHG leltárban használt mért bázis sűrűség adatok, összehasonlítva a Babos et al. (1979.) és Kovács (1979.) – az ÜHG leltárakban korábban használt – adataival ( $t\ m^{-3}$ )

**Table 3.** Basic wood density data as used in this greenhouse gas inventory, compared with those of Babos et al. (1979.) and Kovács (1979.),  $t\ m^{-3}$

Fafaj, vagy fafaj-csoport	Az ENSZ-jelentésekben eddig használt fásűrűség	Ebben az ÜHG leltárban használt bázis sűrűség
Kocsányos tölgy	0,665	0,57
Kocsánytalan tölgy	0,665	0,61
Egyéb tölgyek	0,665	0,55
Csertölgy	0,77	0,64
Bükk	0,68	0,59
Gyertyán	0,79	0,58
Akác	0,74	0,59
Juharok	0,59	0,52
Szilek	0,59	0,58
Kőrisek	0,59	0,56
Egyéb keménylombos	0,59	0,50
Nemesnyár	0,37	0,34
Hazai nyár	0,395	0,36
Fehérfűz	0,33	0,36
Éger	0,51	0,43
Egyéb lágylombos	0,56	0,48
Erdeifenyő	0,49	0,42
Feketefenyő	0,57	0,47
Vörösfenyő	0,43	0,49
Lucfenyő	0,43	0,39
Egyéb fenyő	0,43	0,37

Az első ok hatását jól lehet látni az 1. ábrán, amelyik a becsült éves fanövedéket és a fakitermelés alakulását mutatja. Habár mindkettőben lehetnek akár szisztematikus hibák is, de pontosan nem tudjuk, milyen nagyságúak. A növedék a egyebek mellett a fák felgyorsult növekedése miatt (Somogyi, 2007c) lehet alulbecsült, a fakitermelési adatok pedig a nem konzisztens adatszolgáltatás miatt. Mindazonáltal a növedék és a fakitermelés adatok közötti nagy különbség jól demonstrálja, hogy egyre több holt faanyag és avar keletkezik az erdőkben, ami a talaj szénttartalmát is csak növeli. Ezen felül országos szinten jelentősebb bolygatások, vagy más olyan folyamatok, amik a szénkészletek csökkenését eredményeznek, vélhetően nem fordulnak elő a magyar erdőkben. Ezért, habár nem rendelkezünk tényleges adatokkal, azt a (Tier 1) feltételezést alkalmazzuk, hogy az említett széntárolók szénkészlete nem változik (l. még Somogyi, 2006.).



1. ábra. A folyónövedék és az éves fakitermelés (millió  $m^3 \text{ év}^{-1}$ ) Magyarországon az utóbbi években (Forrás: Országos Erdőállomány Adattár)

Fig. 1. Current annual increment and annual harvest (million  $m^3 \text{ év}^{-1}$ ) data in Hungary in recent years (National Forestry Database)

A fatermékek széntárolóban lezajló szénkészlet-változásokat sem jelentjük az ENSZ felé. Ennek – a megfelelő adatok, és megfelelő módszertan hiányán kívül – az oka, hogy e széntárolóban viszonylag kis szénkészlet-változásokat valószínűsítünk: habár minden évben új mennyiséggel gyarapszik e széntároló nagysága, de csökken is azzal a mennyiséggel, amelyik az évtizedekkel ezelőtt gyártott, mára elhasznált fatermékek égetésével és lebomlásával egyenlő. Manapság a tűzifa mennyisége in-

kább nő, a fatermékek élettartama pedig csökken, ezért akár kis mértékben növekvő új fatermék mennyiség esetén is összességében csökkenhet a fatermék tároló nagysága. A talaj, holtfa és avartakaró széntárolóhoz hasonlóan azt a (Tier 1) feltételezést alkalmazzuk a fatermék széntárolóban is, hogy annak szénkészlete nem változik.

Végül megjegyezzük, hogy az ENSZ-fel leadandó leltárnak része az is, hogy megbecsüljük, hogy a talajok egyes helyenként esetenként előforduló meszezéséből (ami nálunk javarészt a múltban volt jellemző) mennyi kibocsátás származik. Ezzel kapcsolatban nem rendelkezünk külön az erdészetre elkülönített adatokkal, ezért ezeket a kibocsátásokat a mezőgazdasági szektorban jelentett kibocsátásokkal egybevonva becsüljük és jelentjük. Az erdészetben a meszezés egyébként sem volt soha jelentős, az utóbbi években pedig csak egészen kivételes esetekben történt meg.

### NEM CO<sub>2</sub> ÜVEGHÁZ HATÁSÚ GÁZ KIBOCSÁTÁSOK

A becsült nem CO<sub>2</sub> ÜHG gáz (CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>) kibocsátások forrása a vágástéri hulladékok helyszíni égetése. Ezek a kibocsátások nem jelentősek, és csak a teljesség kedvéért jelentjük.

Megjegyezzük, hogy az ebből a forrásból származó CO<sub>2</sub> kibocsátást a biomassza széntároló szénkészlet-változásával összevonva jelentjük, mivel annak becslésére a készletváltási módszert használjuk. Ez a módszer elméletileg már a CO és CH<sub>4</sub> kibocsátás széntartalmát is figyelembe veszi. A nem CO<sub>2</sub> kibocsátások között azonban e gázokat mégis szerepeltetjük, elsősorban azért, mert e gázok üvegház hatása sokszorososa a CO<sub>2</sub>-ének<sup>7</sup> (így az ún. CO<sub>2</sub>-egyenértékben számolt kibocsátásokat nem becsüljük alá), és mivel az így jelentkező „dupla elszámolás” hatása eltöri e gázok tényleges üvegház hatásának jelentőségéhez képest.

A becslések módszertani alapját az IPCC (1996.) útmutató, valamint az IPCC (2003.) 3.2.19-es egyenlete képezi:

$$\text{Emisszió} = \text{éghető anyag mennyisége} * \text{elégetett részarány} * \text{oxidációs arány} * \\ \text{gáz-specifikus kibocsátási faktor} * \text{gáz-specifikus molekulaszúly}$$

Az éghető anyag mennyiségének becsléshez a fakitermelési statisztikákat használjuk fel (vagyis a kitermelt faanyag mennyiségét m<sup>3</sup>-ben), amelyből a vágástéri hulladék (apadék) mennyiségét az OEA-ból származó fafajspecifikus átlagértékekkel számoltuk (4. táblázat). Ebből szakértői becslést alkalmaztunk a helyszínen elégetett faanyag (t faanyag m<sup>-3</sup> kitermelt faanyag) arányára (0.2), valamint annak becslésére, hogy az elégetett faanyag hanyad része oxidálódott (0.9). Végül pedig az IPCC alapértéket (0.5) alkalmaztuk a faanyag széntartalmára vonatkozóan. Megjegyezzük, hogy az erdőtüzekből származó biomasszával nem számoltunk, mert e tüzek mennyisége egészen 2007-ig kicsi volt.

Az adatok szorzásaként kapott értékeket a gázonként változó kibocsátási faktorokkal szoroztuk, melyekre az IPCC alapértékeket alkalmaztuk: 0.012 a CH<sub>4</sub>, és 0.007

---

<sup>7</sup> A CH<sub>4</sub> 25-ször, a nitrogén-oxidok közel 300-szor erősebb üvegház hatású gázok, mint a CO<sub>2</sub>.

a N<sub>2</sub>O esetében. Ezután a nitrogénvegyületekre az általános 0.01 alapértéket alkalmaztuk az összes nitrogén (N) mennyiségének becslése érdekében, szintén az IPCC módszere alapján. Végezetül a kapott értékeket a megfelelő, szénhez viszonyított molekulaszorozatokkal szoroztuk meg, melyek a következők: 16/12 a CH<sub>4</sub>, és a N<sub>2</sub>O esetében.

**4. táblázat.** A leltárkészítéshez felhasznált főbb erdőleltári adatok  
**Table 4.** The main forest inventory data as used in the greenhouse gas inventory

Leltári év	Faállomány- nyal borított terület (ha)	Élőfakészlet	Éves növedék	Éves összes fakitermelés	Éves apadék
1985	1 541 482	274 076 184	11 104 985	8 345 562	999 660
1986	1 547 203	275 366 741	10 920 081	8 500 991	1 012 554
1987	1 554 630	278 459 752	10 944 108	8 193 145	975 181
1988	1 554 668	281 885 653	10 921 287	7 960 397	945 002
1989	1 552 596	285 396 059	10 608 713	8 031 779	941 890
1990	1 573 959	288 007 431	11 001 625	7 415 162	867 795
1991	1 584 015	290 876 830	11 049 701	7 255 202	846 173
1992	1 591 705	294 132 318	11 064 943	6 588 569	775 646
1993	1 602 070	297 930 656	11 198 472	5 723 745	683 589
1994	1 612 103	303 124 906	11 288 180	5 717 468	697 710
1995	1 625 181	308 905 207	11 422 006	6 049 151	728 540
1996	1 637 414	314 666 581	11 493 404	6 603 733	791 934
1997	1 651 345	317 160 007	11 546 681	6 713 101	807 859
1998	1 663 733	319 802 673	11 594 457	6 578 931	786 791
1999	1 679 669	323 086 559	11 704 472	6 900 612	825 188
2000	1 672 690	325 164 607	11 710 594	7 287 456	883 913
2001	1 703 250	326 410 193	11 973 043	7 010 979	843 752
2002	1 714 620	328 815 300	12 061 217	7 013 167	850 311
2003	1 740 256	330 344 345	12 259 159	7 053 960	857 268
2004	1 770 288	333 825 495	12 400 000	7 094 753	864 225
2005	1 789 639	341 394 806	12 600 000	7 167 426	885 614
2006	1 805 802	344 096 453	12 874 605	7 005 190	863 594

#### EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

Az erdőleltári és az átszámító tényezők segítségével kapott nettó szénelnyelési adatok (a biomassa esetében) és kibocsátási adatok (a nem-CO<sub>2</sub> adatok esetében) az 5. táblázatban és a 2. ábrán látható. Előbbi az abszolút értékeket mutatja, melyek alacsonyabbak az eddigi ENSZ-leltárakban becsülteknél. Az értékek azt is mutatják, hogy az erdőkön belül – nem ismerve a talaj, holtfa és alom széntárolókban pontosan lezajló változásokat – a legnagyobb jelentőségű a biomassa szénlekötése, amely két

nagyságrenddel is fontosabb, mint az erdei égetésből származó nem-CO<sub>2</sub> gáz kibocsátás. Megjegyzendő azonban, hogy a számításban nem szerepel az erdőtüzekből származó kibocsátását, mely – egészen 2007-ig – nem volt jelentősnek mondható. Ha minden évben ugyanakkora erdőterület égne le, mint 2007-ben (kb. kétezer ha), akkor viszont az erdőtüzek miatti CO<sub>2</sub> és nem-CO<sub>2</sub> gáz kibocsátás akár a jelenleg becsült szénlekötés ötödét-negyedét is kitenné.

**5. táblázat.** Az üvegház hatású gáz leltár szerint becsült nettó szénfelnyelés, ill. (a nem CO<sub>2</sub> gázok esetén) kibocsátások

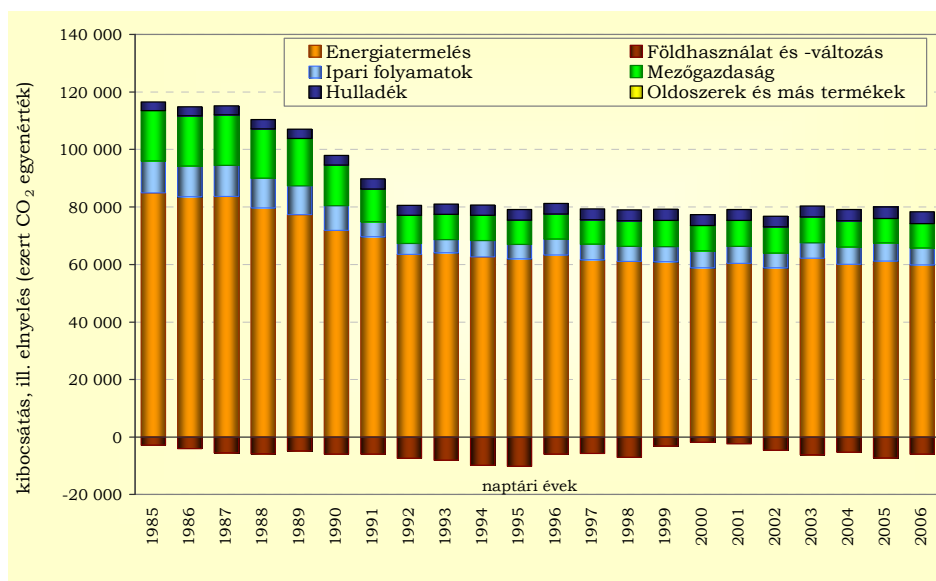
**Table 5.** Net carbon stock changes, and non-CO<sub>2</sub> greenhouse gas emissions as estimated in the greenhouse gas inventory

Leltári év	Szénkészlet-változás (ezer tC)		Nettó CO <sub>2</sub> -elnyelés (ezer t CO <sub>2</sub> ) teljes biomassa	Nem CO <sub>2</sub> gázok (ezer t)		
	földfeletti biomassa	földalatti biomassa		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> ekvivalens értékben
1985	376	94	1723	1,44	0,01	33
1986	793	198	3633	1,46	0,01	34
1987	854	213	3912	1,40	0,01	32
1988	939	235	4304	1,36	0,01	31
1989	670	167	3070	1,36	0,01	31
1990	748	187	3431	1,25	0,01	29
1991	838	210	3842	1,22	0,01	28
1992	965	241	4425	1,12	0,01	26
1993	1439	360	6594	0,98	0,01	23
1994	1544	386	7078	1,00	0,01	23
1995	1467	367	6724	1,05	0,01	24
1996	518	129	2373	1,14	0,01	26
1997	569	142	2608	1,16	0,01	27
1998	972	243	4455	1,13	0,01	26
1999	383	96	1757	1,19	0,01	27
2000	131	33	599	1,27	0,01	29
2001	492	123	2253	1,22	0,01	28
2002	374	94	1715	1,22	0,01	28
2003	878	219	4022	1,23	0,01	29
2004	794	198	3638	1,24	0,01	29
2005	904	226	4144	1,28	0,01	29
2006	938	235	4301	1,24	0,01	29

Ezek az adatok zömében eltérnek mások (Führer, Mátyás 2005.; Buzás, 2007., Barcza et al., 2008.) becsléseitől. Az említett tanulmányokban azonban részben eltérő módszertant, eltérő feltételezéseket, részben pedig eltérő adatokat használnak. A feltételezések egy része tudományos, más része értelmezési kérdés; amíg ez utóbbiak tekintetében viszonylag nagy eltérések vannak az egyes megközelítések között, addig nem lehetséges a különböző eredményeket összehasonlítani.

A becslések nagyságrendje azonban hasonló, ami azt lehetővé teszi, hogy összehasonlítsuk az erdők szénlekötő képességét a többi szektorban megfigyelhető kibocsátásokkal (2. ábra). Egyértelmű, hogy egyedül az erdészeti szektor tudja csökkenteni a kb. 15 év óta nagyjából a 80 millió t CO<sub>2</sub> év<sup>-1</sup> értéknél stabilizálódott kibocsátások hatásait. E kibocsátásnak azonban csak kb. egy huszada az erdők szénelnyelése, amelynél egyedül a mezőgazdaságból származó kibocsátások is legalább kétszer nagyobbak.

Ráadásul az erdők szénnyelése jó részben az elmúlt évtizedekben ültetett új erdőkben keletkezik (Somogyi, Horváth, 2006.). A jelenlegi erdők korosztályeloszlása ugyanakkor olyan, hogy egy-két évtized múlva csökkenhet a szénlekötés. Ezért különösen fontos, hogy azt az erdőtelepítési ütemet, ami az elmúlt évtizedekben átlagban évi 10 ezer ha nagyságrendű volt, tartsuk fenn a jövőben is.



2. ábra. A különböző szektorok kibocsátása, ill. (az erdőt tartalmazó „Földhasználat és -változás” esetében) elnyelése egymáshoz viszonyítva; NIR Hungary (2008.) alapján.

Fig. 2. Emissions and net removals (in forestry, included in the „Land use and land use change, in green colour) of the various economic sectors (based NIR Hungary, 2008.)

Megemlítyük azt is, hogy a tanulmányban közölt módszertan alapján számolva a hazai erdők biomasszájában (csak a dendromasszát számítva) 117 millió t C van elraktározva, ami 430 millió t CO<sub>2</sub>-nek felel meg. Ez az érték alacsonyabb a Führer, Mátyás (2005.) által becsült 135 millió tC-nél, de több mint ötszöröse az ország éves átlagos kibocsátásának. A különböző módszertanok és adatbázisok harmonizálásán tehát még tovább kell dolgozni; az azonban határozottan állítható, hogy az erdőkben lekötött szén mennyisége (ideértve most a talajban tároltét is) hatalmas mennyiség, amelynek megőrzése nagy felelősséget ró az erdőtulajdonosokra és az erdőket kezelőkre.

A tanulmányban közölt ÜHG leltár lehetséges hibáival kapcsolatban mindenekelőtt azt kell elemezni, hogy a leltár minden ÜHG forrásra és nyelőre kiterjed-e („completeness”), és hogy vélhetően melyek a becslés során előforduló számszerűsíthető és nem számszerűsíthető hibák („accuracy”). Azzal kapcsolatban, hogy a leltár milyen mértékben terjed ki valamennyi forrásra és nyelőre, meg kell állapítani, hogy néhány kibocsátást és elnyelést nem tudunk becsülni, ezeknek azonban az okát és a következményét feljebb már jeleztük.

A pontosságot illetően megállapítható, hogy a becsült értékek a nemzetközileg elvárható gyakorlatlatiság szempontját figyelembe véve elegendően pontosak (a pontosság javulásához indokolatlanul nagyok tűnő beruházások volnának szükségesek). Majdnem minden számítás alapját az OEA-ból származó adat képezi. Ez az adattár az ország erdeinek adatait tartalmazó legpontosabb adatbázis. Évente aktualizálják, és az adatokat sok ember ellenőrizi a terepi felvételektől egészen az adatfeldolgozás legmagasabb szintjeiig. A terepi módszerek, az informatikai háttér, valamint a minőségi követelmények folyamatos fejlesztése vélhetően az adatbázisban tárolt adatok minőségének folyamatos növekedését eredményezte az elmúlt években. A fasűrűség-adatok vonatkozásában a 2. táblázatban közölt szórás-adatok szolgálnak becslésként. Amennyiben az OEA adatainak szórása ismert lenne, számítható volna a biomassza-leltár statisztikai hibája is.

Végezetül megemlítyük, hogy a pontosságot más helyen sem mindig tudjuk számszerűsíteni, részben mivel a hibaeloszlásokat nem ismerjük, részben pedig azért, mert konkrét számítások helyett eleve nem számszerűsíthető feltételezésekkel élünk. A leltár során elvégzett számítási hibák viszont – amelyek elvben szintén hibaforrást jelentenek – vélhetően nagyon kis valószínűséggel fordulnak elő, mivel az adatfeldolgozási módszert dupla ellenőrzésnek vetettük alá.

A jövőben ugyanakkor szükséges mind az erdőleltári adatok, mind pedig az alkalmazott egyéb módszertani elemek további verifikálása és a hibaforrások számának csökkentése. Különösen fontos volna, hogy az erdőleltári adatok minősége ne romoljon. Emellett szükséges az erdőleltár további fejlesztése több olyan statisztika (pl. erdőtelepítések, erdőirtások, erdőtüzek) levezetésére, ill. fejlesztésére, amelyek elegendhetlenek a Kyotoi Jegyzőkönyv hatálya alatt 2010-től kezdődően kötelezően leadandó leltárhoz. Végül ismételtelen kiemeljük, hogy a fentiek mellett további bázis-sűrűség mérések, valamint a talaj szénkészlet-változásának becslésére volna szükség ahhoz, hogy mind a Keretegyezmény, mind a Kyotoi Jegyzőkönyv hatálya alatt leadandó leltárok vonatkozásában, mind pedig a szénkészletek és a szénlekötés megőr-



zésére, ill. ez utóbbi további növelésére irányuló szakmapolitikák vonatkozásában a szükséges fejlesztéseket végre tudjuk hajtani.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- ÁESZ, 2005. Hungary, 2005. Global Forest Resources Assessment 2005. Hungary. Country Report 023. Rome, 2005.  
<http://www.fao.org/forestry/foris/webview/common/media.jsp?mediaId=8859&geoId=149>
- Barcza, Z., Haszpra, L., Somogyi, Z., Hidy, D., Churkinak, G., Horváth, L. 2008. Estimation of the biospheric carbon dioxide budget of Hungary using the BIOME-BGC model. Leadott kézirat, Időjárás.
- Babos, K., Filló, Z., Somkuti, E. 1979. Haszonfák. Műszaki könyvkiadó, Budapest
- Buzás, Z. 2007. Erdészeti politikánk "jutalma". Erdészeti Lapok, CXLII.7–8:253–255.
- Cienciala, E., J. Apltauer, Z. Exnerová, F. Tatarinov, 2008. Biomass functions applicable to oak trees grown in Central-European forestry. Journal of Forest Science, , 54, (3):109–120.
- CRF Hungary 2008. Common Reporting Format of Hungary, Ministry of Environment and Water, [http://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/application/x-zip-compressed/hun\\_2008\\_crf\\_14apr.zip](http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/application/x-zip-compressed/hun_2008_crf_14apr.zip)
- ERTI, 1985. Az erdei biomaszra meghatározásának módszereiről. MTA részére készített kutatási jelentés, Budapest, kézirat.
- Führer E. Jagodics, A. 2007. A klímátényezők és a klímajelző fafajok szervesanyag-képzése közötti ökológiai összefüggés. In: Mátyás, Cs., Vig, P. (szerk.) Erdő-klíma V., NYME, 269–280, Sopron
- Führer E., Járó Z. 1989. Az éghajlat változékonyságának és feltételezett változásának hatása az erdőállományokra, az erdőgazdálkodásra. In: Az éghajlat változékonysága és változása I. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium-Országos Meteorológiai Szolgálat. 63–69.
- Führer E., Járó Z., Márkus L. 1991. A magyarországi erdők szénmegkötő képessége és éghajlati hatások a hosszú termesztési idejű fák növekedésére. In: Az éghajlat változékonysága és változása II., Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium-Országos Meteorológiai Szolgálat. 67–73.
- Führer, E., Molnár, S., 2003. A magyarországi erdők élőfakészletében tárolt szén mennyisége. Faipar. LI.2:16–19.
- Führer, É. 2005. Az erdőgazdálkodás talajtani vonatkozásai. In: Stefanovics, P. (szerk.): A talajok jelentősége a 21. században. Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai tanulmányok a Magyar Tudományos Akadémián II. Az agrárium helyzete és jövője. MTA Társadalomkutató Központ, 97–117. Budapest
- Führer, E., Mátyás, CS. 2005. A klímaváltozás hatás a hazai erdők szénmegkötő képességére és stabilitására. Magyar Tudomány 166 évf. 7:837–841.
- Führer E. 1994. A klímaváltozás és a szénforgalom összefüggése az erdőgazdálkodásban. Biotechnológia és környezetvédelem, 1. sz.
- Führer, E. 2007. Erdei ökoszisztémák szervesanyag-mennyisége a klímátényezők függvényében. In: Lakatos, F., Varga, D. (szerk.): Erdészeti, Környezettudományi, Természetvédelmi és Vadgazdálkodási Tudományos Konferencia (EKTV-TK) kiadványa, NYME Erdőmérnöki Kar, 56–57, Sopron
- Halupáné Grósz Zsuzsanna 1983. Adatok a fafajok térfogati sűrűségéről és térfogatsúlyáról. Erdészeti Kutatások, Vol. 75:49–66., Budapest
- IPCC, 1990. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment [Houghton, J.T., G.J. Jenkins, and J.J. Ephraums (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 365 pp.
- IPCC, 1995. Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios [Houghton, J.T., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 339 pp.

- IPCC, 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change* [Houghton, J.T., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 572 pp.
- IPCC 1997. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volumes 1, 2 and 3*. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France
- IPCC 2000. *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and Tanabe, K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan
- IPCC, 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.
- IPCC 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, land-Use Change and Forestry*. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. and Wagner, F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan
- IPCC 2006, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan
- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- KE 1992. ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye, <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (angolul), [http://klima.kvvm.hu/documents/28/unfcc\\_hun.pdf](http://klima.kvvm.hu/documents/28/unfcc_hun.pdf) (magyarul)
- Király, 1978. Új eljárások a hosszúlejárati erdőgazdasági üzemtervek készítésében. Kandidátusi értekezés, Budapest.
- KJ, 1997. Az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményének Kyotói Jegyzőkönyve. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (angolul), [http://klima.kvvm.hu/documents/28/kiotoi\\_jegyzokonyv.pdf](http://klima.kvvm.hu/documents/28/kiotoi_jegyzokonyv.pdf) (magyarul)
- Kovács, I. 1979. Faanyagismerettan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- NIR Hungary 2008. National Inventory Report of Hungary. Ministry of Environment and Water [http://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/application/x-zip-compressed/hun\\_2008\\_nir\\_14apr.zip](http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/application/x-zip-compressed/hun_2008_nir_14apr.zip)
- Perelugin, L. M., Ugolev, B. N. 1971. Drevecinovedenie. Izdatelctvo Lecnaja Promüslennoct, Moszkva
- Somogyi, Z. 2006. Alternative methods for reporting carbon stock changes under the Kyoto Protocol – case study: forest soils in Hungary. Kyoto workshop, Ispra, 2006. [http://afolu.jrc.it/events/Kyoto\\_technical\\_workshop/presentations/Z\\_Somogyi.pdf](http://afolu.jrc.it/events/Kyoto_technical_workshop/presentations/Z_Somogyi.pdf)
- Somogyi, Z., Horváth, B. 2006. Az 1930. óta telepített erdők szénlekötéséről. Erdészeti Lapok CLI.9:257–259.
- Somogyi, Z. 2007a. A Kyotói Jegyzőkönyv és az erdők. Erdészeti Lapok CXLII:152–154.
- Somogyi, Z. 2007b. Klímaháborús egyenlegek, avagy néhány további klímapolitikai, erdészeti-politikai és tudományos megjegyzés. Erdészeti Lapok, CXLII:301–302.
- Somogyi, Z. 2007c. A klíma, a klímaváltozás és a fanövekedés néhány összefüggéséről. In: Mátyás, Cs., Vig, P. (szerk.) Erdő-klíma V., NYME, 281–294, Sopron
- Sopp, L. et al. 1974. Fatömegszámítási táblázatok. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- UNFCCC 2006. Updated UNFCCC reporting guidelines on annual inventories following incorporation of the provisions of decision 14/CP.11 FCCC/SBSTA/2006/9). <http://www.unfccc.int>