



Somogyi Zoltán

ENSZ szakértő, az IPCC magyar kutatója

NAIK Erdészeti Tudományos Intézet, Budapest

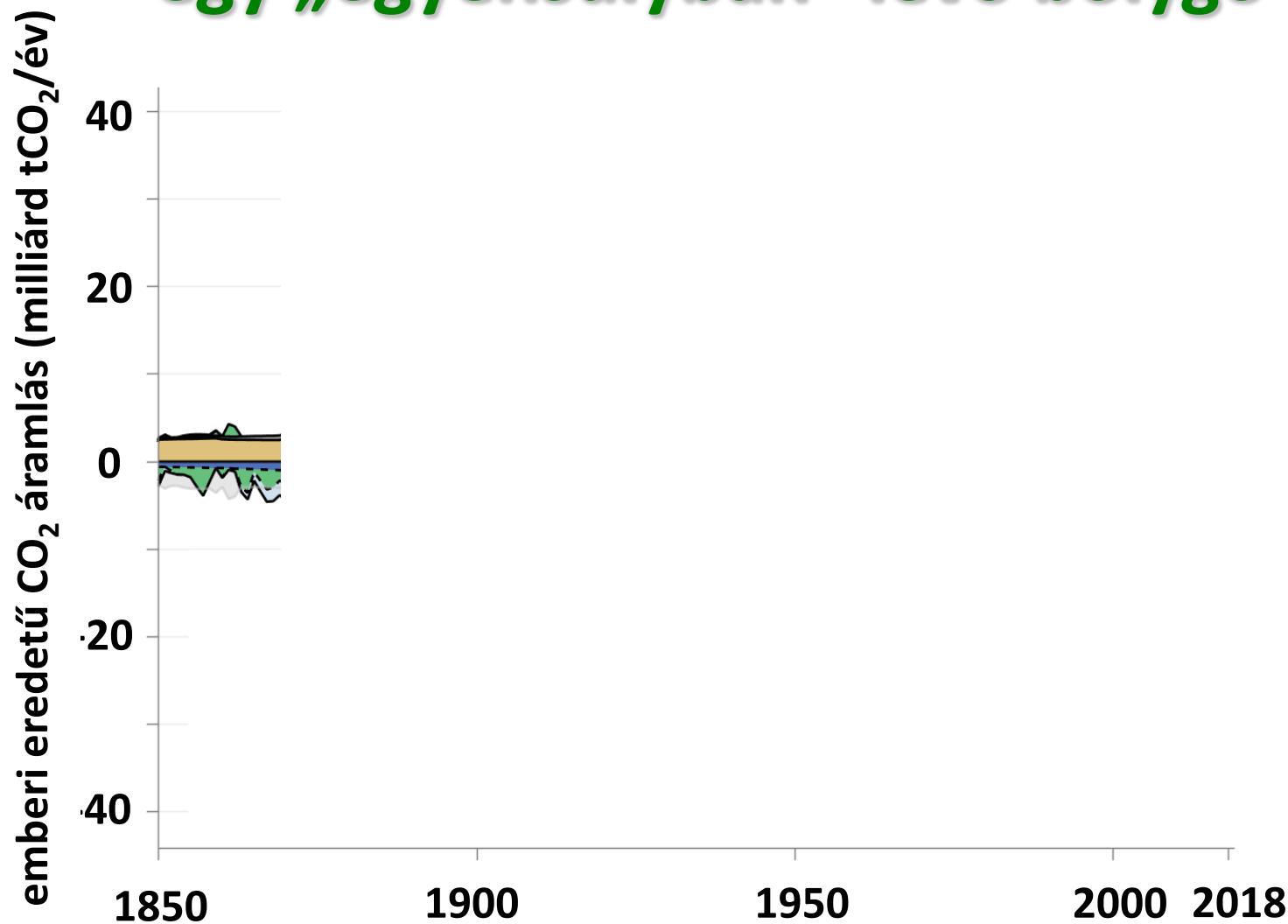
somogyiz@erti.naik.hu



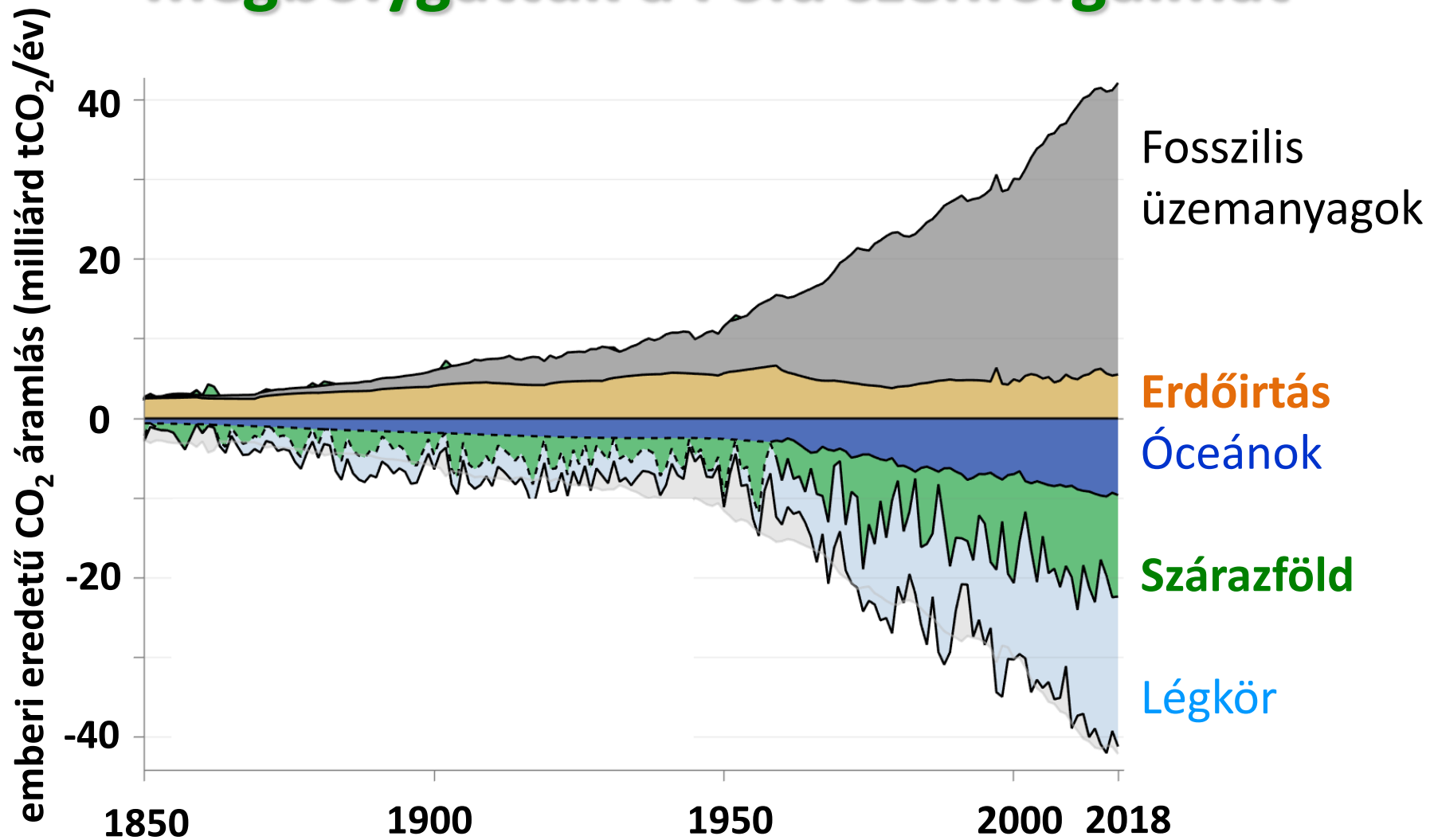
OEE, Erdészeti Információs Központ, Budapest, 2020. február 18.

Az erdők szénforgalma a biológusok előtt régóta vizsgált jelenség. Kb. három évtizede azért került az érdeklődés homlokterébe, mert az emberiség - először az egyre növekvő erdőirtásokkal, később a fosszilis energiahordozók egyre intenzívebb használata miatt - megbontotta a Föld szénforgalmának egyensúlyát. A Föld erdei erre nagyobb növekedéssel - szénlekötéssel - reagáltak, és hosszú ideig úgy tűnt, hogy az erdők az egyensúly helyreállításában fontos szerepet játszhatnak.

A Föld nemréggel ezelőttig egy „egyensúlyban” lévő bolygó volt

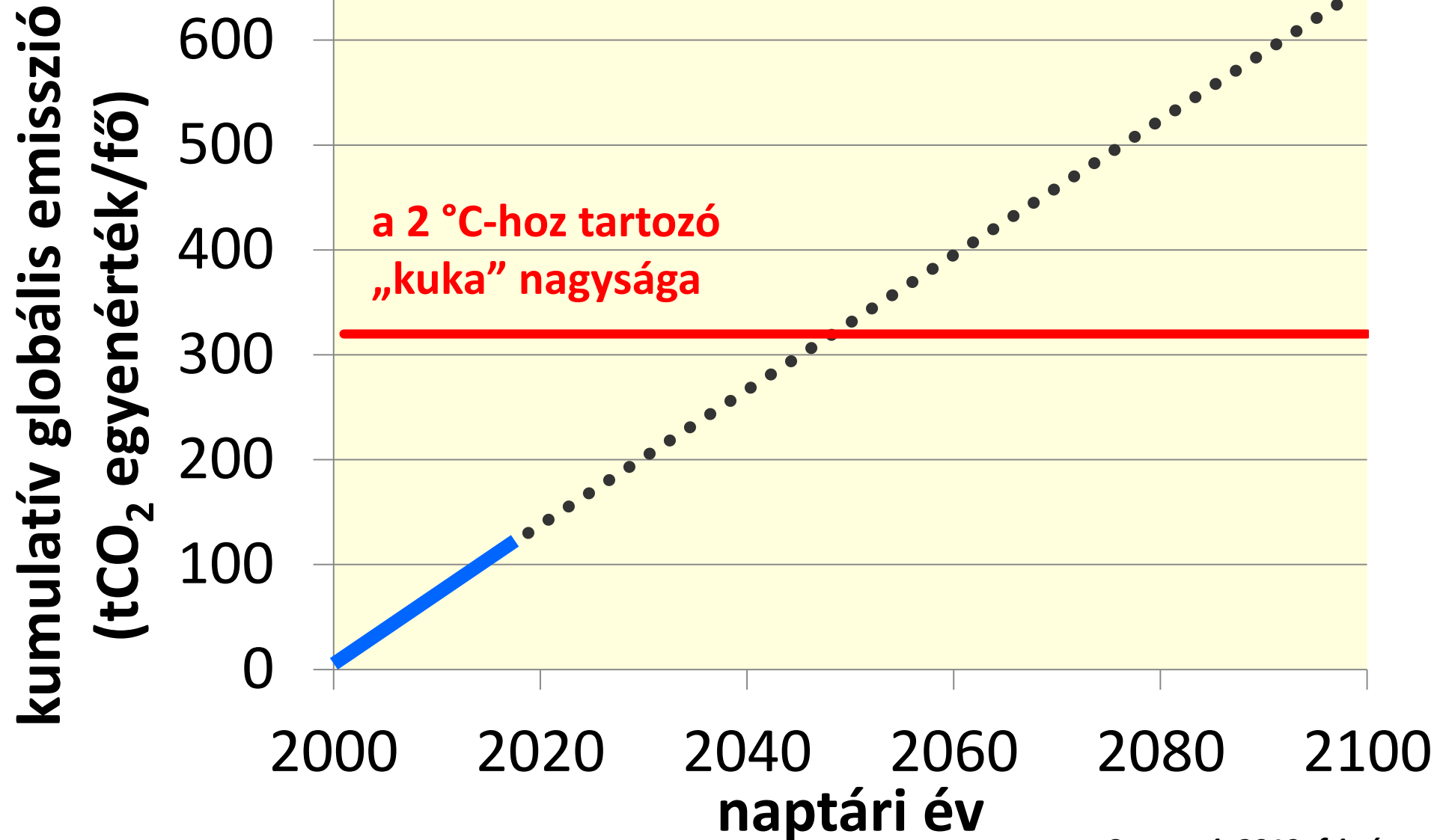


Azóta rövid idő alatt jelentősen megváltoztattuk a Föld szénforgalmát

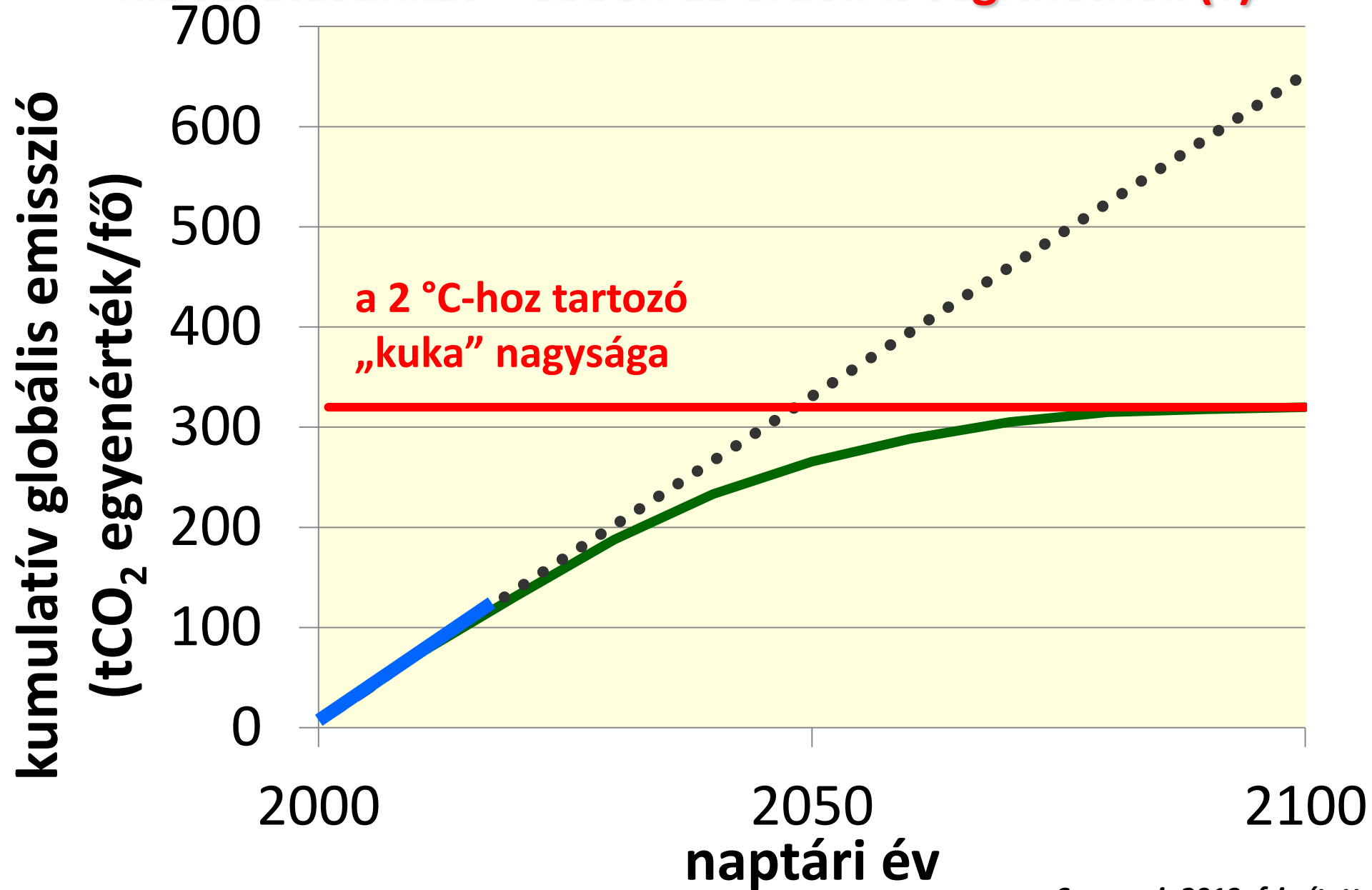


A földi szénforgalom megbontásának mértéke azonban oly nagy mérvű, hogy már a közeljövőben - akár már 2030. után - katasztrófák sorozatát hozhatja. Ez azért van így, mert nagyon korlátozott a Föld légkörének (és óceánjainak) képessége arra, hogy felvegye az emberiség kibocsátásait. Az emberiség kumulatív kibocsátása egyre nő, pedig ahhoz, hogy az átlaghőmérséklet ne nőjön többel, mint két fok, nagyon jelentős kibocsátás-csökkentésre volna szükség minden szektorban.

Ezért már egyre inkább szorul a hurok!



A katasztrófa elkerüléséhez le kéne nullázni kibocsátásunkat – ebben az erdők is segíthetnek (?)



Az előadás célja az volt, hogy összefoglalja az erdők szénforgalmával kapcsolatos legfontosabb ismereteket. Ezek nemcsak a „szénnyelésre” terjednek ki, hanem a teljes forgalomra. Az előadás célja olyan témák megemlítése is (pl. az, hogy az erdészeti szektorban milyen mitigációs lehetőségekkel rendelkezünk), amelyek nem feltétlenül csak természettudományos kérdések, s amelyekkel kapcsolatban eddig nem kerültek nyugvópontra egyes, időnként idehaza is fel-fellángoló viták.

Mit érdemes tudni az erdők szénforgalmáról?

- forgalom és tárolás
- hogyan mérjük?
- mi a magyar erdők egyenlege?
- ez mennyit ér?
- hogyan kell elszámolni?

- mit hozhat a jövő?

- mit csináljunk?

Forgalom: nyelés és kibocsátás

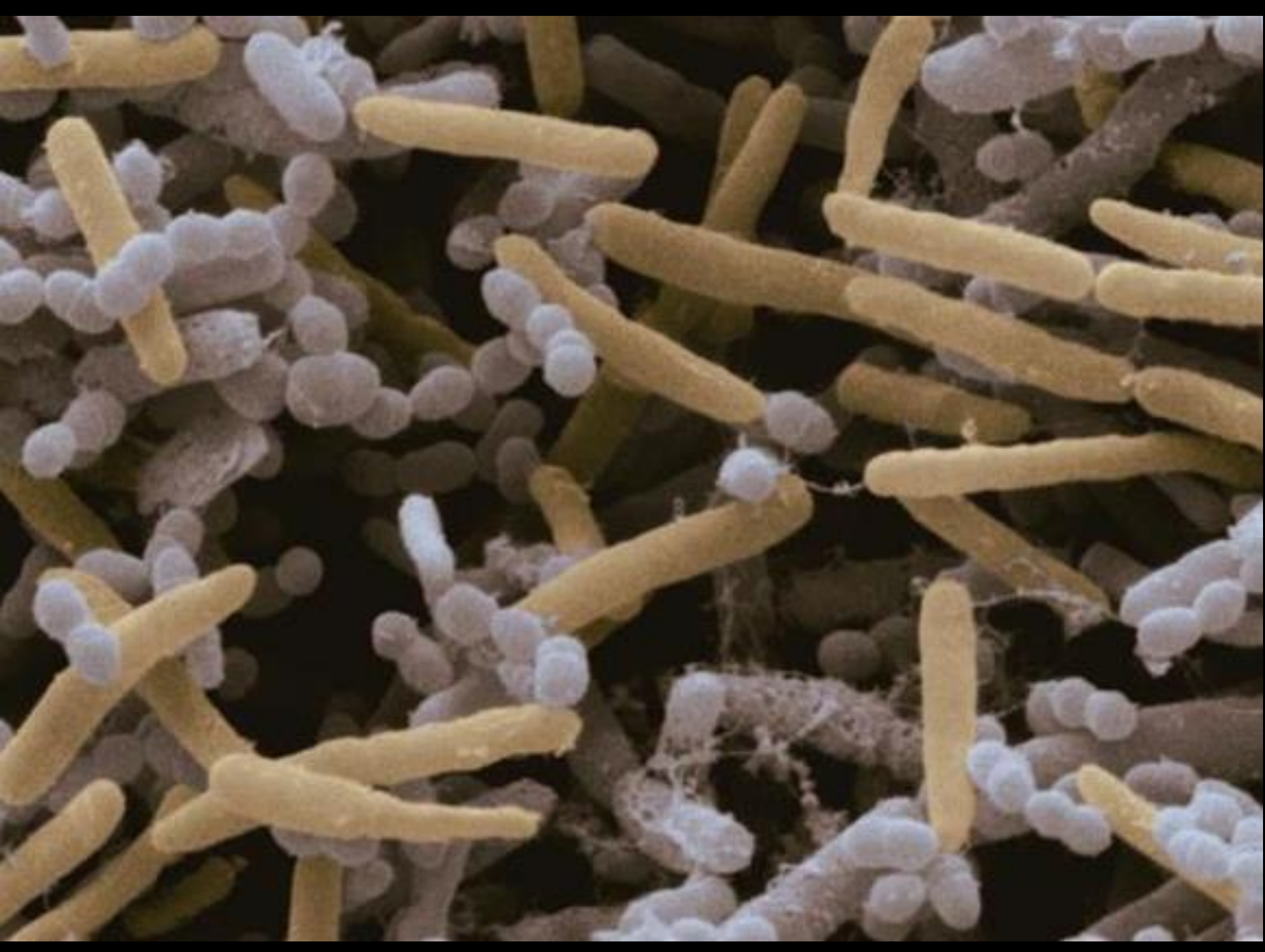
A szén erdei körforgalma a levegőből indulva a biomasszában kezdődik



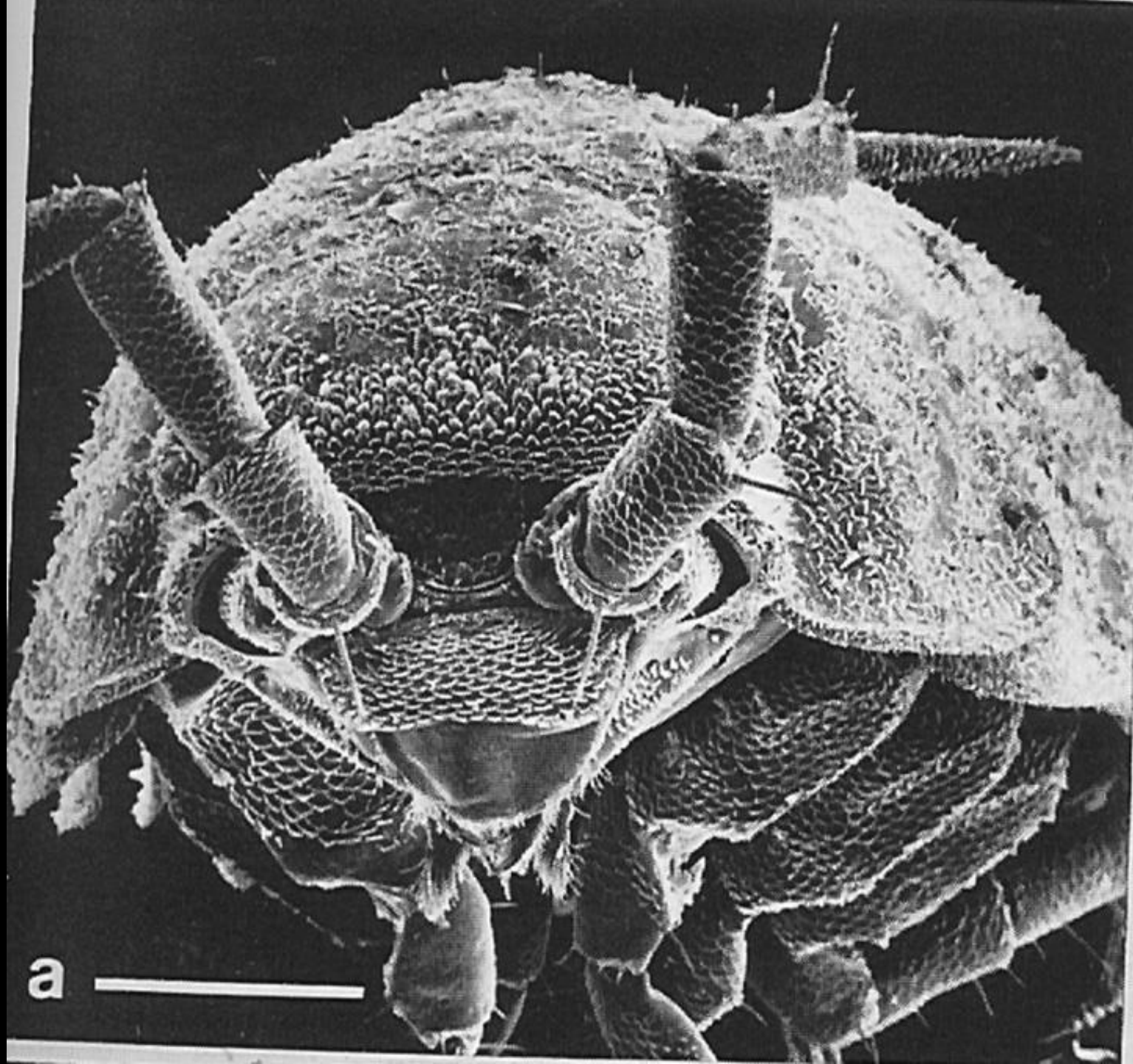
Általában „evidens” dolog, hogy az erdőkben nemcsak szénlekötés, hanem kibocsátások is előfordulnak. Az erdők viszont hosszú ideje (nettó) szénlekötők, és oly nyomasztó az igény, hogy az erdők szénlekötők maradjanak, hogy ezekről a kibocsátásokról hajlamosak vagyunk megfeledkezni. Pedig a holt szervesanyag lebontásával sok-sok élőlény foglalkozik a gombáktól kezdve a mikro-szkopikus szervezeteken keresztül a nagyobb állatokig. Az ezek működésének eredményeként fellépő kibocsátás ugyanolyan fontos, mint a fotoszintézis.



















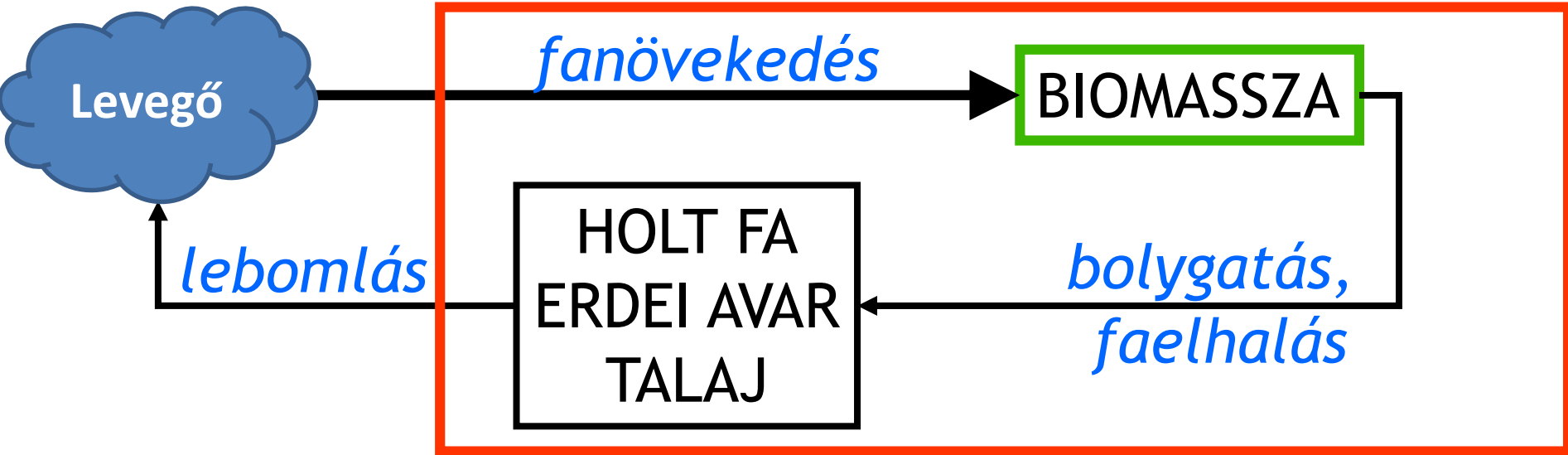




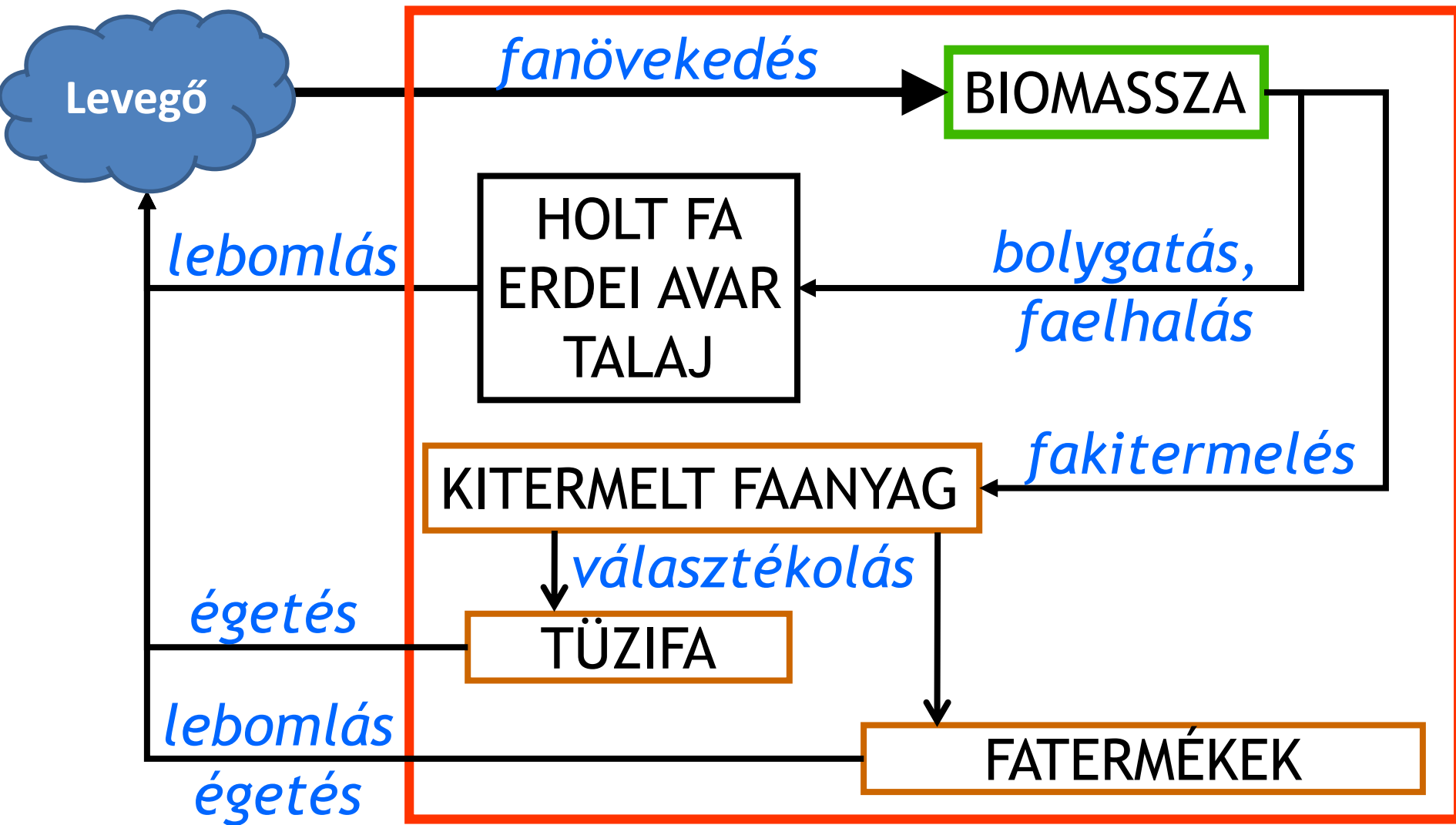


Az erdőkből ezért - valamint a tudatos erdőgazdálkodás során végzett fakitermelések miatt - nem szénnyelésről, hanem szénforgalomról, valamint ennek adott időszak alatti egyenlegéről érdemes beszélni. (Szektoron kívüli kitekintésnek: a fa helyettesítő szerepének értékelése is fontos, ám a gyakorlatban egyelőre kevés megfelelő adattal rendelkezünk, és a helyettesítés modellezésénél oly sok feltételezéssel kell élni, ami egyelőre nagyon megnehezíti e helyettesítő szerep megfelelő elemzését.)

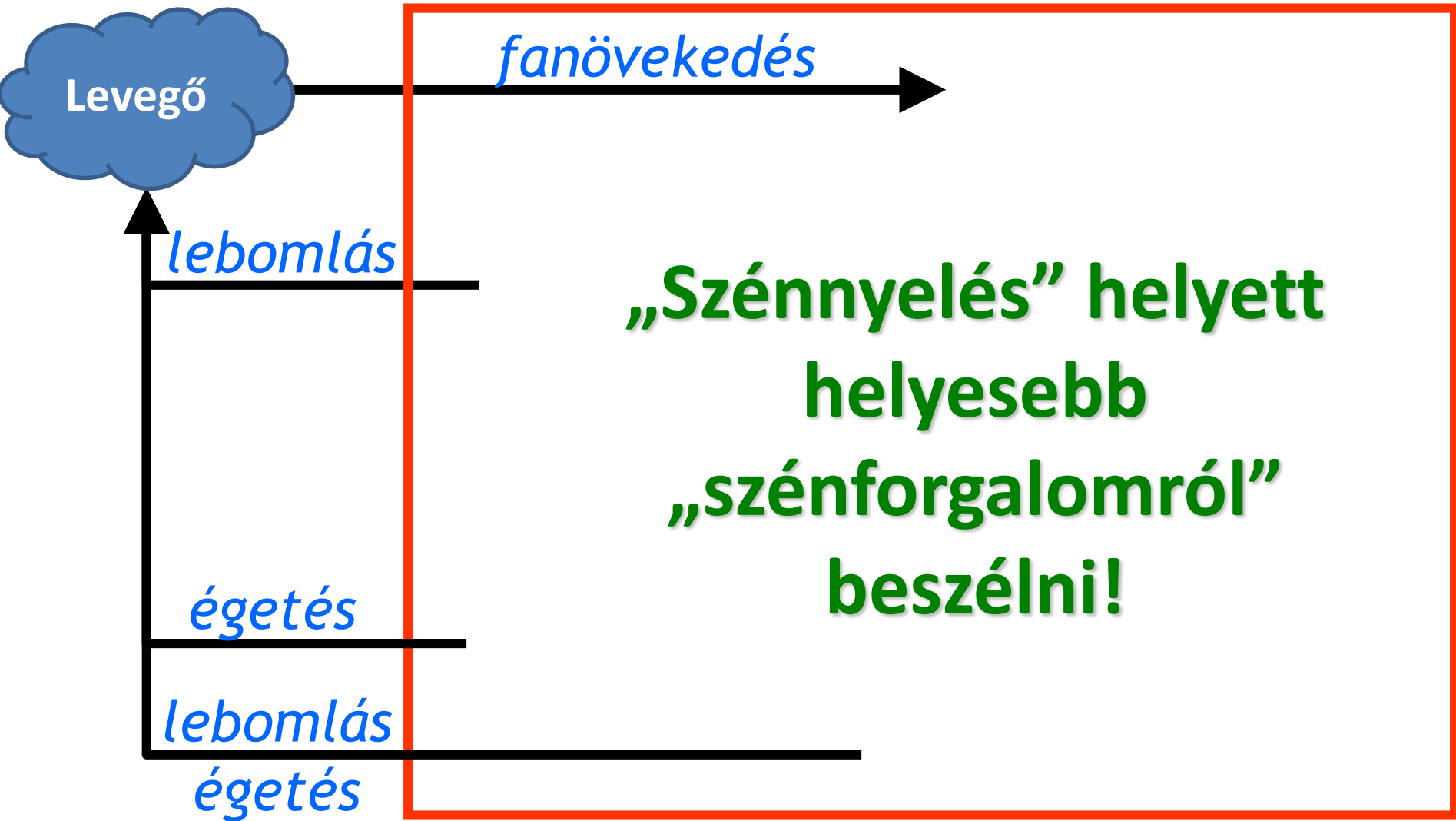
A szén útja különböző széntárolókon keresztül ... a levegőben végződik!



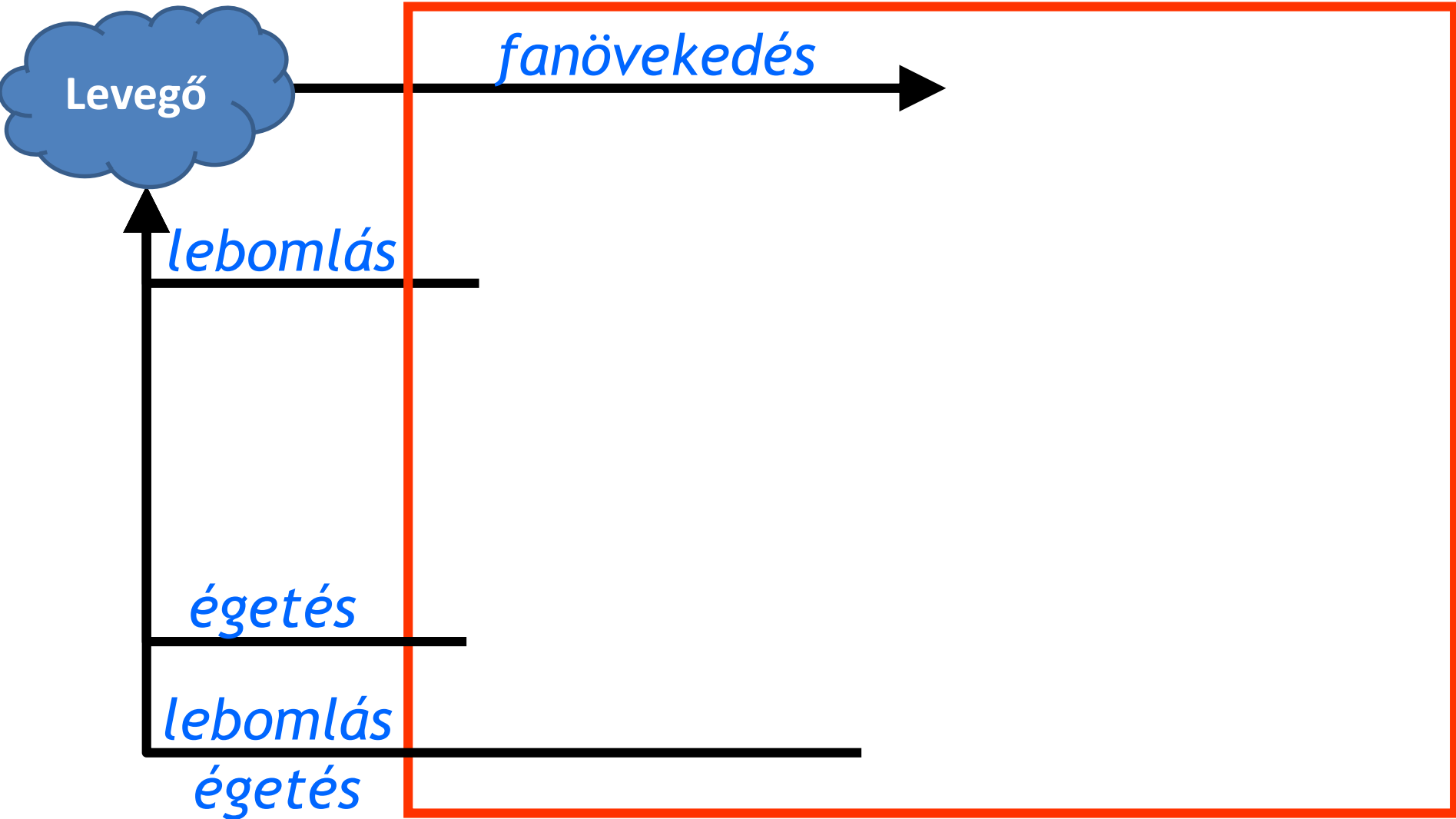
A körforgalomhoz mi is „hosszjárulunk”



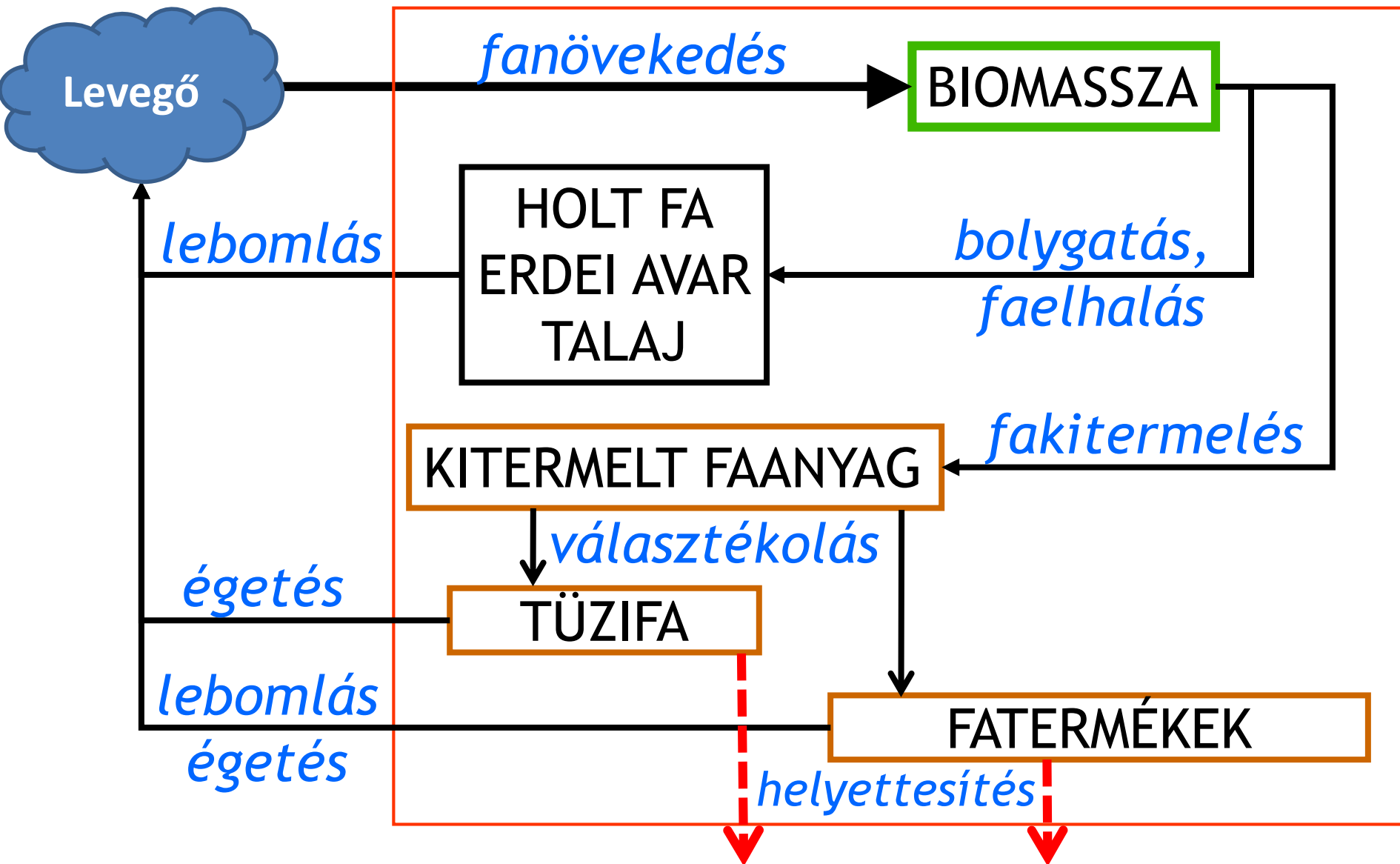
Forgalom: lekötés, kibocsátás



Egyenleg = lekötés – (összes) kibocsátás

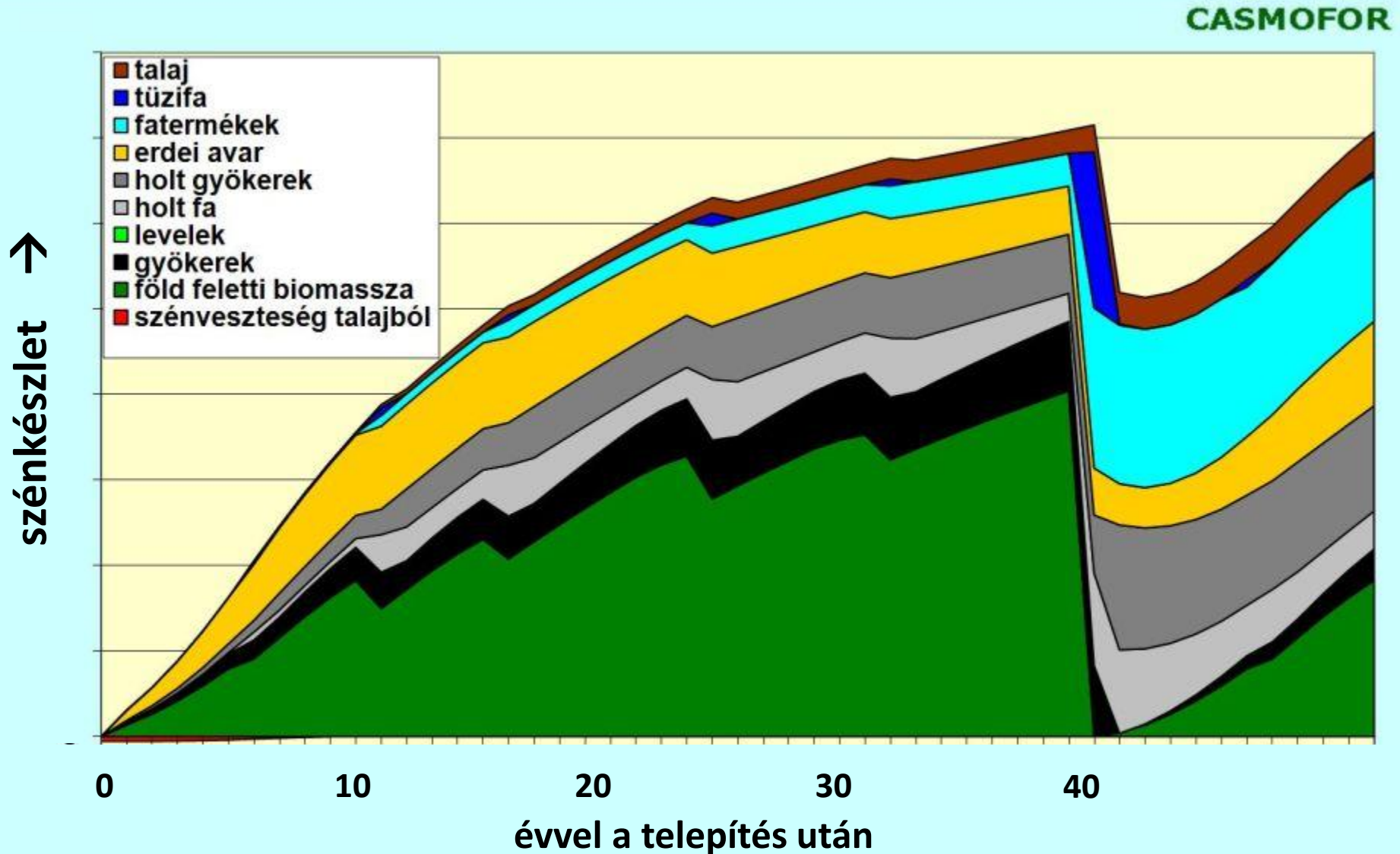


Szektoron kívüli hatások: vannak, de jelenleg nemigen mérhetőők



Az erdők szénforgalma azonban a mai ismeretek mellett is elég jól modellezhető. Ez a modellezés elsősorban a biomassza esetében pontos, azonban a többi széntároló időbeli változására nézve is - a szénforgalom gyakorlati jelentőségéhez képest - elegendően pontos becslésekhez juthatunk. A modellezés eredménye természetesen függ attól, hogy mekkora területű, milyen termőhelyű és fafajú, és milyen módon kezelt erdőre vonatkozik.

Modellezés: szénkészlet-változások 1 ha akácos telepítése után



Az erdők földi szénforgalomban betöltött szerepében és a mitigációs lehetőségekben fontos szerepet töltenek be a különböző széntárolók. Ezek időbeli változását is könnyen modellezhetjük. Ebből - is - le lehet vonni azt a következtetést, hogy az erdők nem állandóan szénnyelők. Valódi erdők akár évtizedekig lehetnek szénnyelők (mint a mi erdeink az elmúlt legalább négy évtizedben, és még talán egy-két évtizedig), de aztán egészen biztosan (nettó) szénkibocsátók lesznek.

Széntárolás

Tárolók: a szén átmeneti tartózkodási helyei

BIOMASSZA

HOLT FA

ERDEI AVAR

TALAJ

KITERMELT FAANYAG

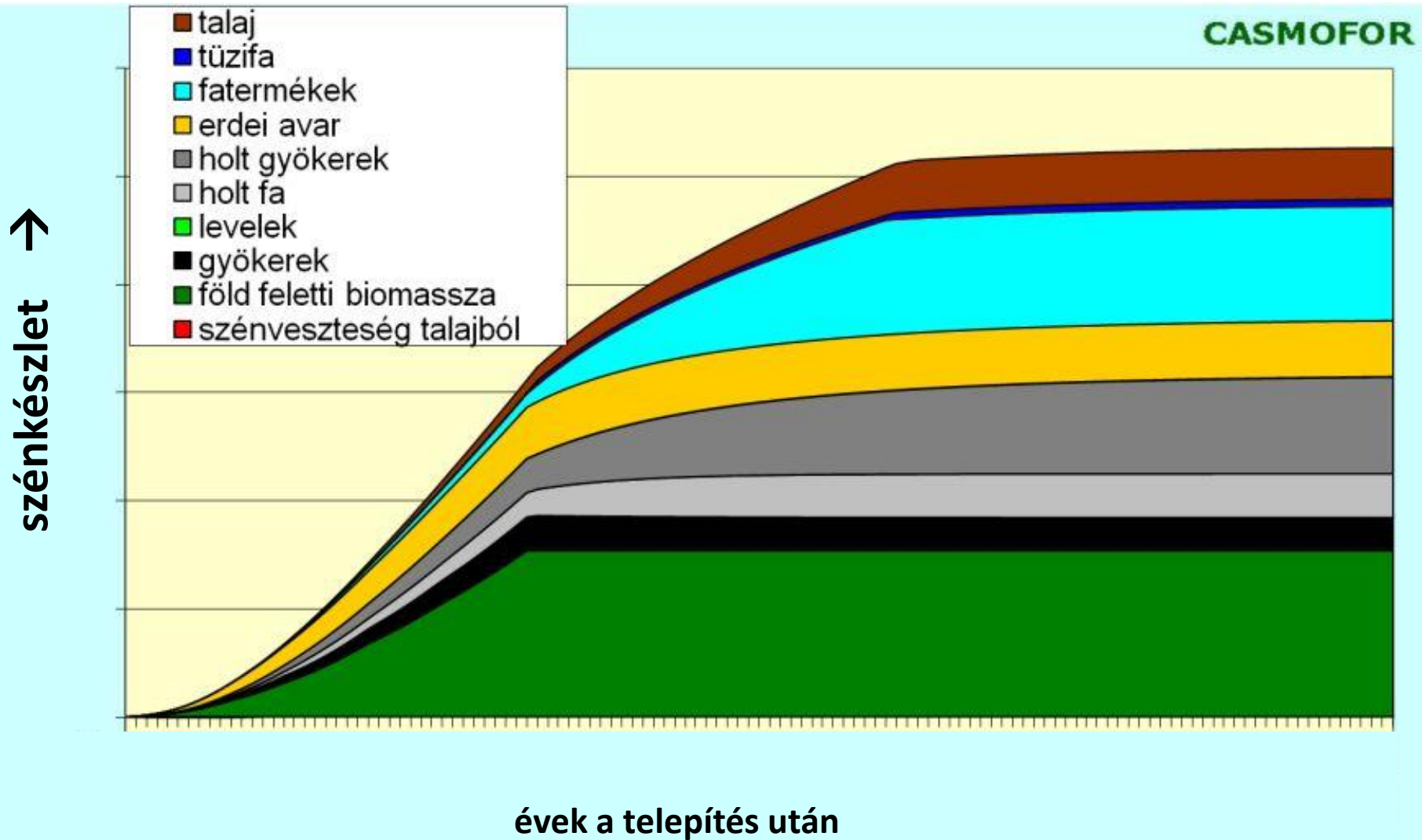
TÜZIFA

FATERMÉKEK

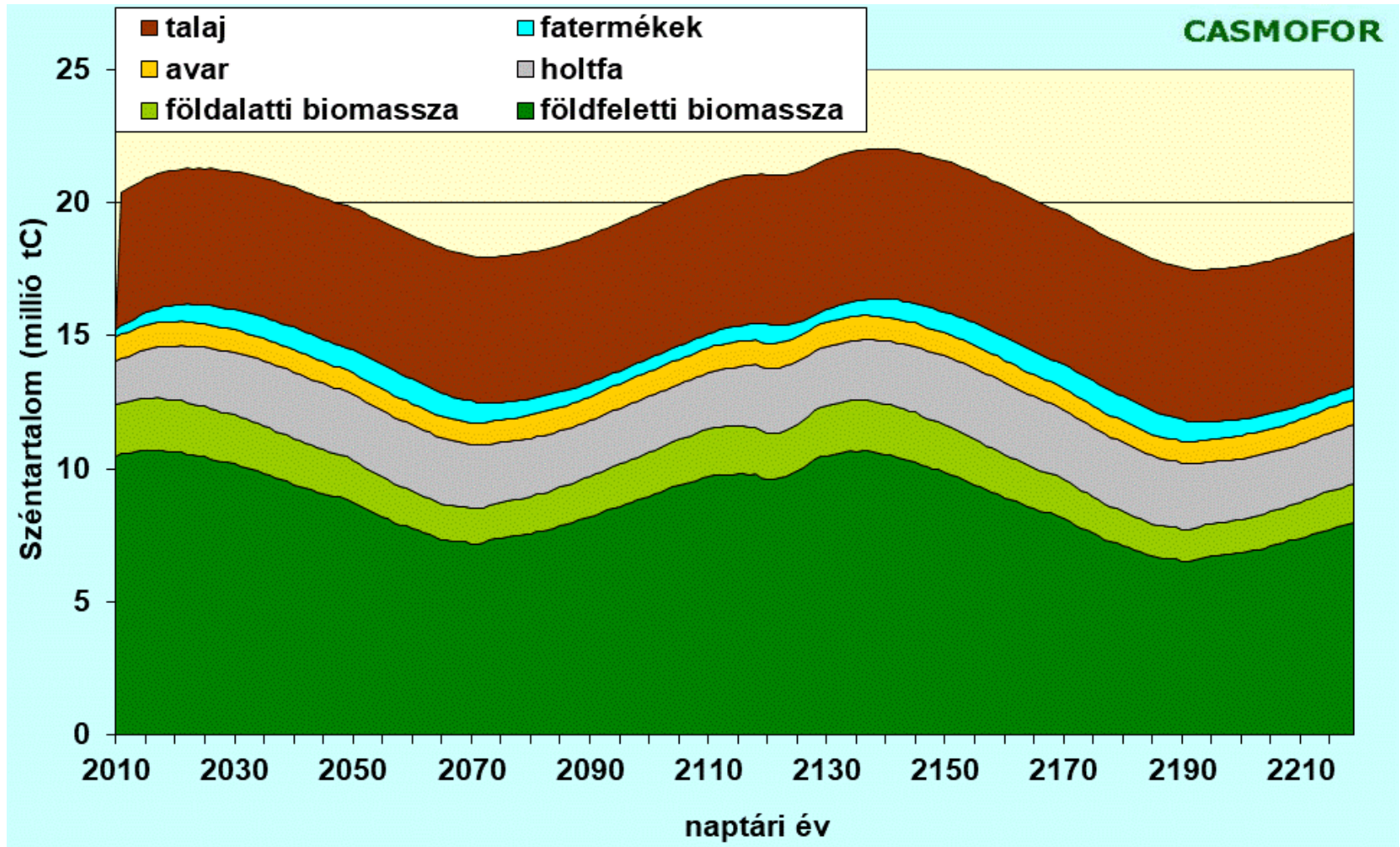
Modellezés: 40 évig éventként 1 ha akácost telepítünk, és a vágáskor 40 év:

1	6	11	16	21	26	31	36
2	7	12	17	22	27	32	37
3	8	13	18	23	28	33	38
4	9	14	19	24	29	34	39
5	10	15	20	25	30	35	40

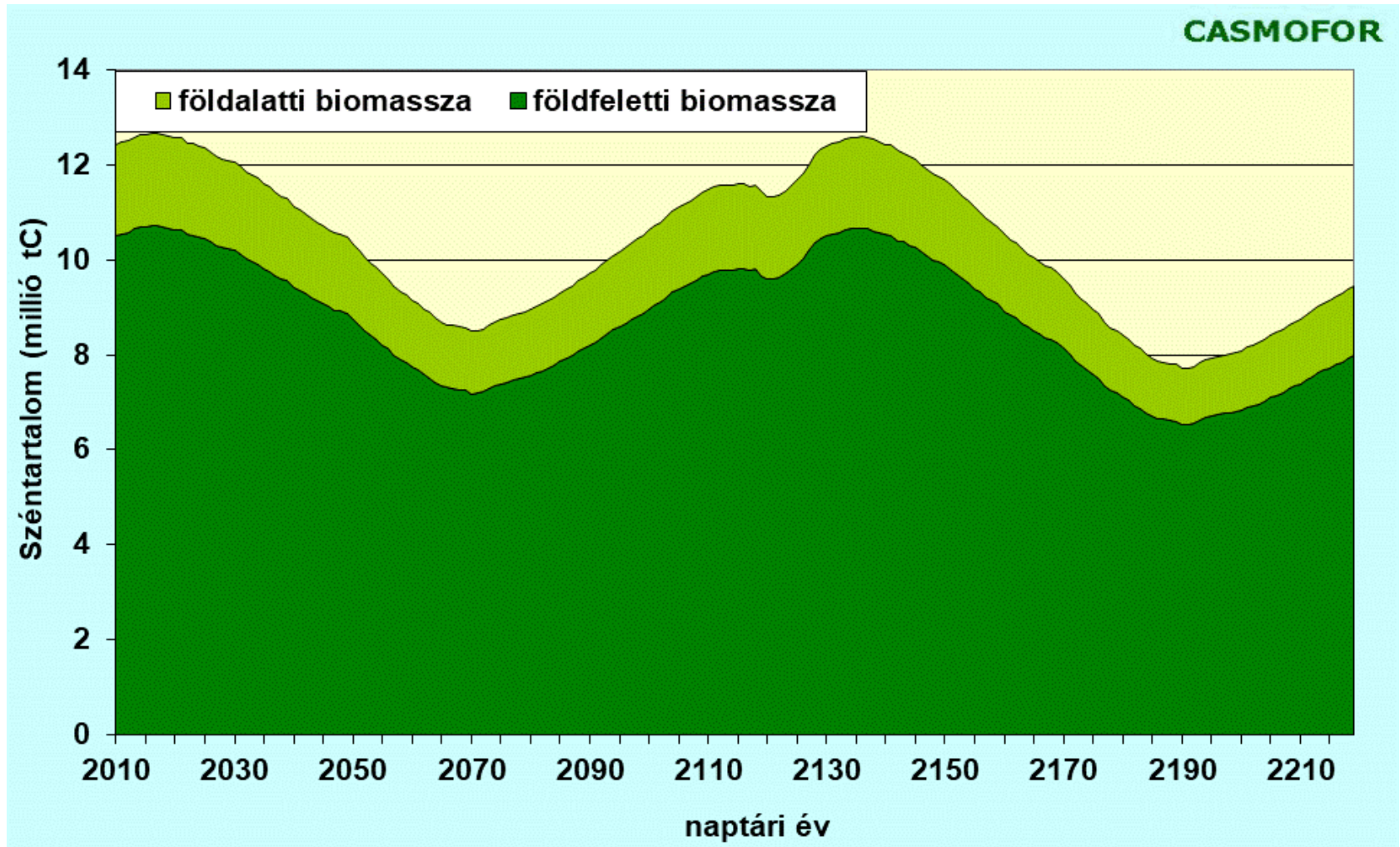
Ültetett szabályos erdő szénforgalma stabilizálódik, tárolói feltöltődnek



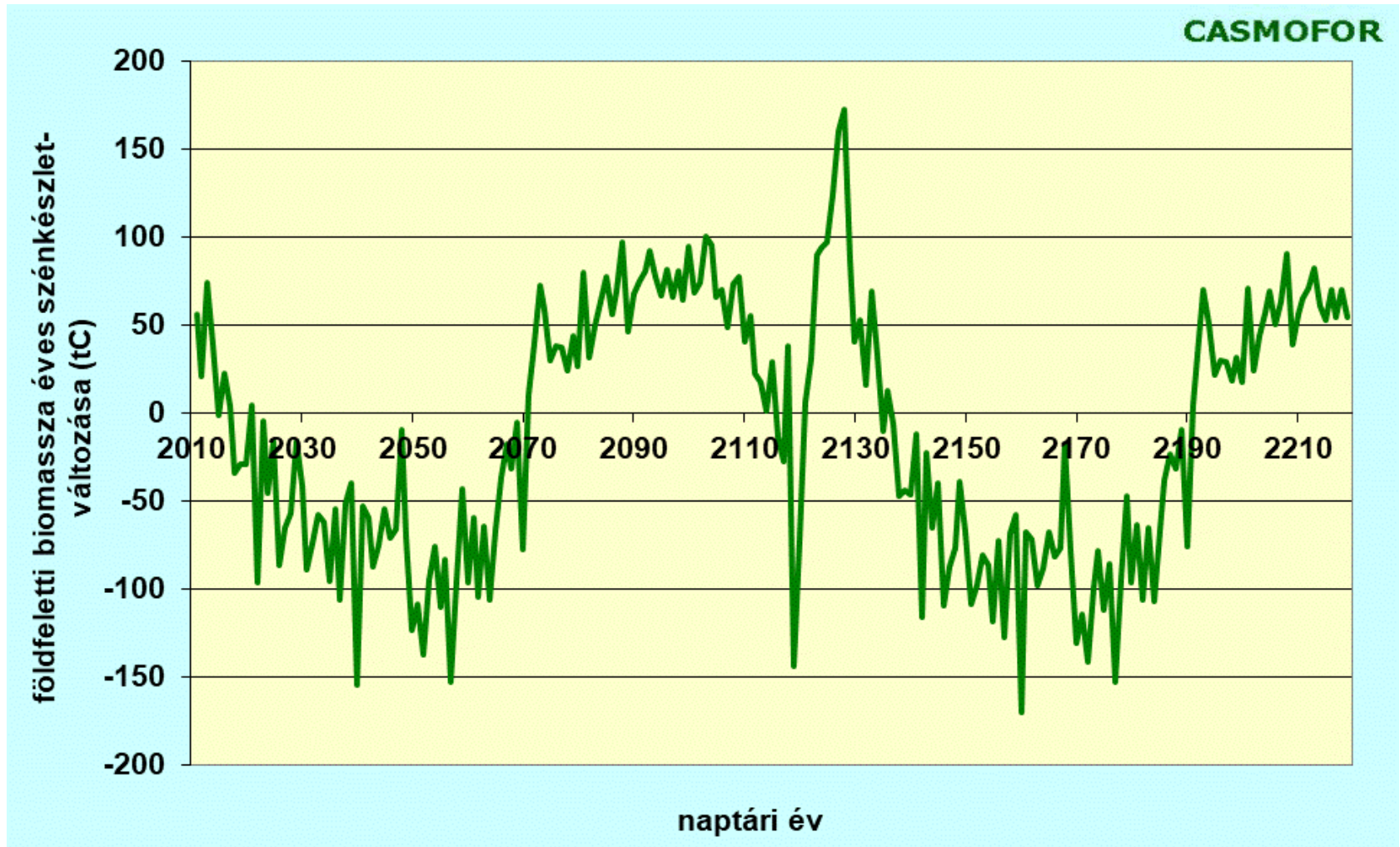
Valódi erdők szénkészlete (egyenetlen korosztály-eloszlás és bolygatások miatt) dinamikusan változik



Valódi erdők szénkészlete (egyenetlen korosztály-eloszlás és bolygatások miatt) dinamikusan változik



Valódi erdők csak időlegesen szénnyelők, időlegesen szénkibocsátók



Az erdők szénforgalmának elemeit a hazai gyakorlatban is az IPCC (Klímaváltozási Kormányközi Testület) nemzetközi módszertanával becsüljük. A becslés korlátait a hazánkban rendelkezésre álló modellek és adatok jelentik. Az erdők (földfeletti) biomasszájára, valamint az erdőtelepítések esetében a talajokra nézve azonban viszonylag egyszerű módszerrel akár egyes erdészetekben is jól meg lehet becsülni a szénkészlet-változásokat.

Hogyan becsülhető a szénforgalom?

A szénforgalom becslésének nemzetközi módszertana

- nagy területekre alkalmazható
- sok-sok feltételezéssel, egyszerűsítéssel dolgozik
- sok ország összességében ad pontos becslést

Intergovernmental Panel on Climate Change

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories



IGES



With

Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

English (Vol.1, Vol.2, Vol.3), French, Russian, Spanish (Vol.2 only)

**Good Practice Guidance and Uncertainty Management
in National Greenhouse Gas Inventories**

English, Arabic, Chinese, French, Russian, Spanish

Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry

English, Arabic, Chinese, French, Russian, Spanish

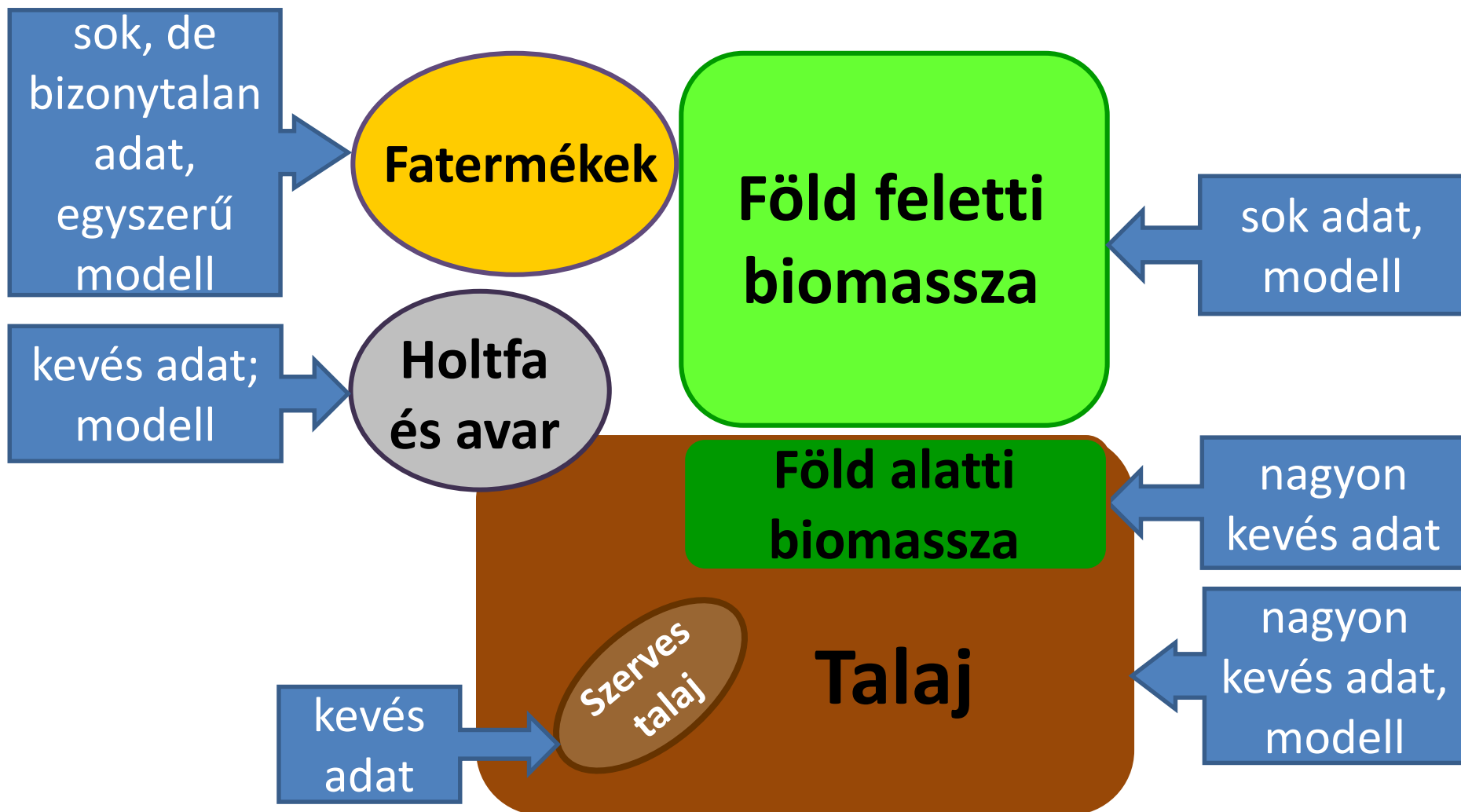
Made in Japan © Intergovernmental Panel on Climate Change

IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme

**COMPACT
disc**

<http://www.ipcc.ch>

A becslés hazai lehetőségei és korlátai



Biomassza, meglévő erdők:



Biomassza, meglévő erdők:

$$\Delta C \text{ (tCO}_2\text{/év)} = \Delta V * \text{fasűrűség} * \text{széntartalom} * -44/12$$

Folyamatok segítségével:

$$\Delta V \text{ (m}^3\text{/év)} = \text{Növedék} - \text{Használat} - \text{Mortalitás}$$

Készletváltozás alapján:

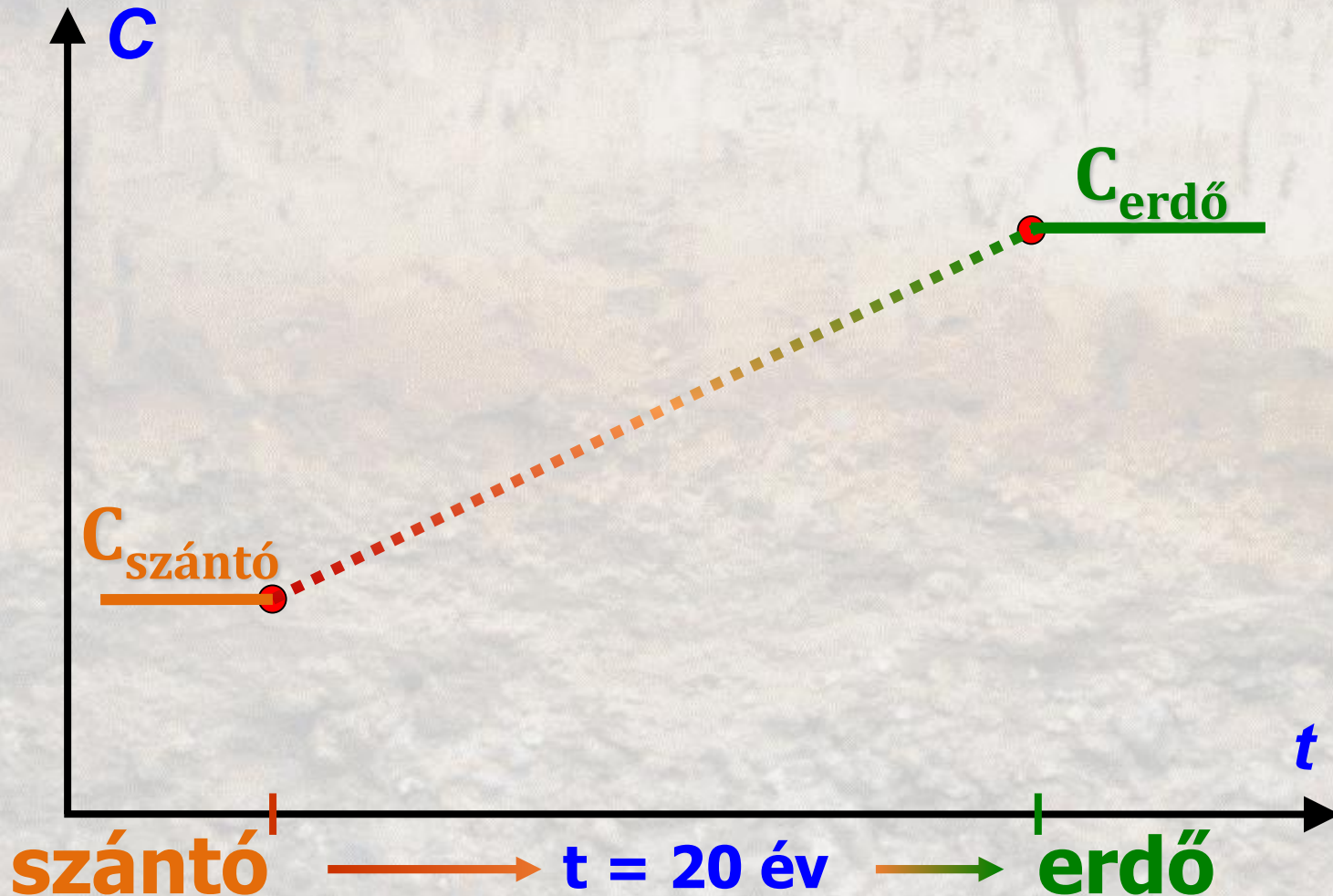
$$\Delta V \text{ (m}^3\text{/év)} = V_2 - V_1$$

Szervetlen talajok, erdőtelepítés:



Szervetlen talajok, erdőtelepítés:

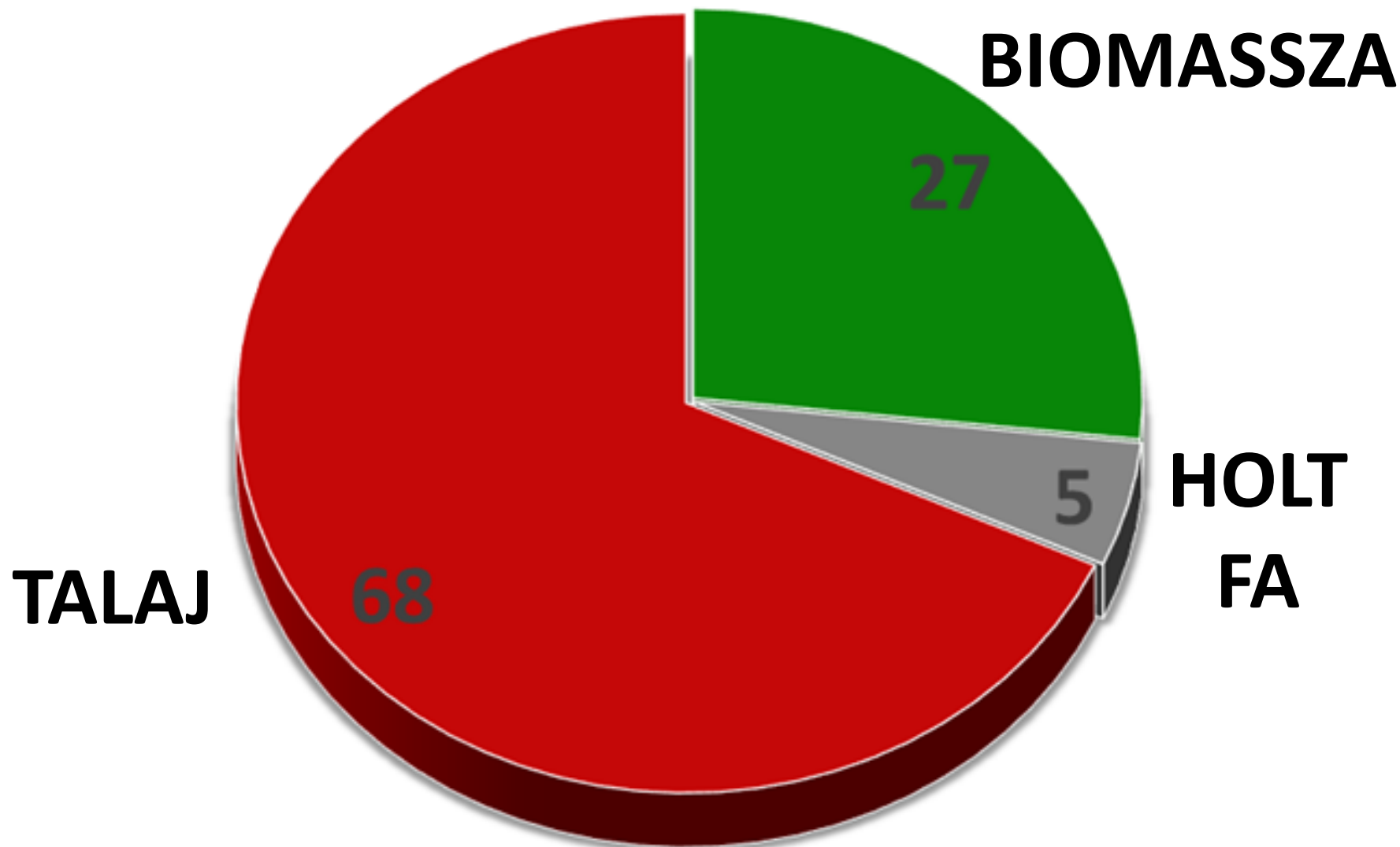
$$\Delta C = \text{terület} * (C_{\text{erdő}} - C_{\text{szántó}})$$



A magyar erdők szénforgalmára nézve évtizedek óta viszonylag jó becslésekkel rendelkezünk. Ezek alapján - jelentős részben az erdőtelepítések következtében - az erdők még a mezőgazdaságban keletkező kibocsátásokat sem tudják teljesen ellensúlyozni; a teljes magyar gazdaság és háztartások összes kibocsátásához képest pedig eddig eltörpült az erdők szénlekötése.

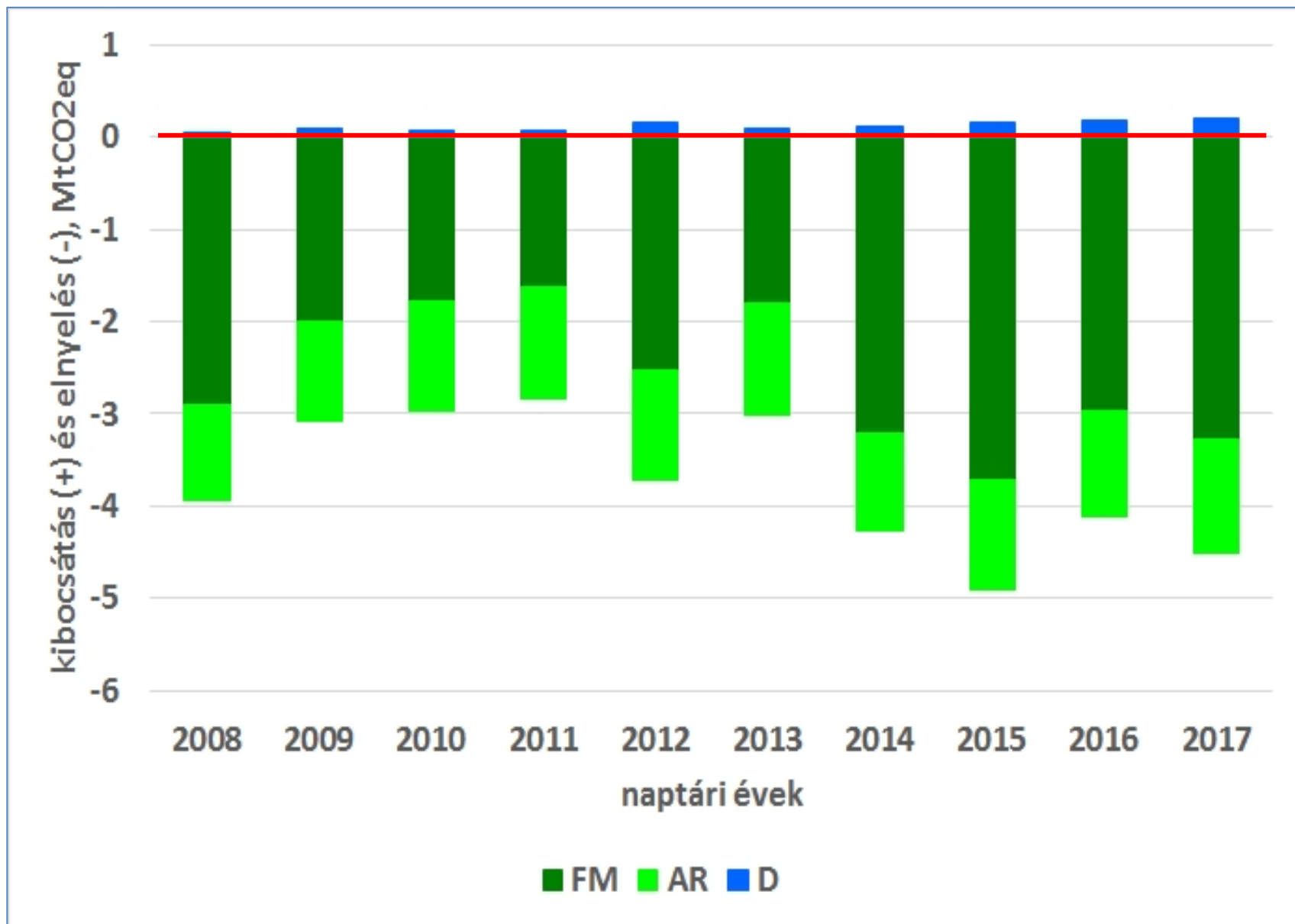
**Mekkora a magyar erdők
szénkészlete és -forgalma?**

Az erdők szénkészletének legnagyobb része a *talajban* található (%)

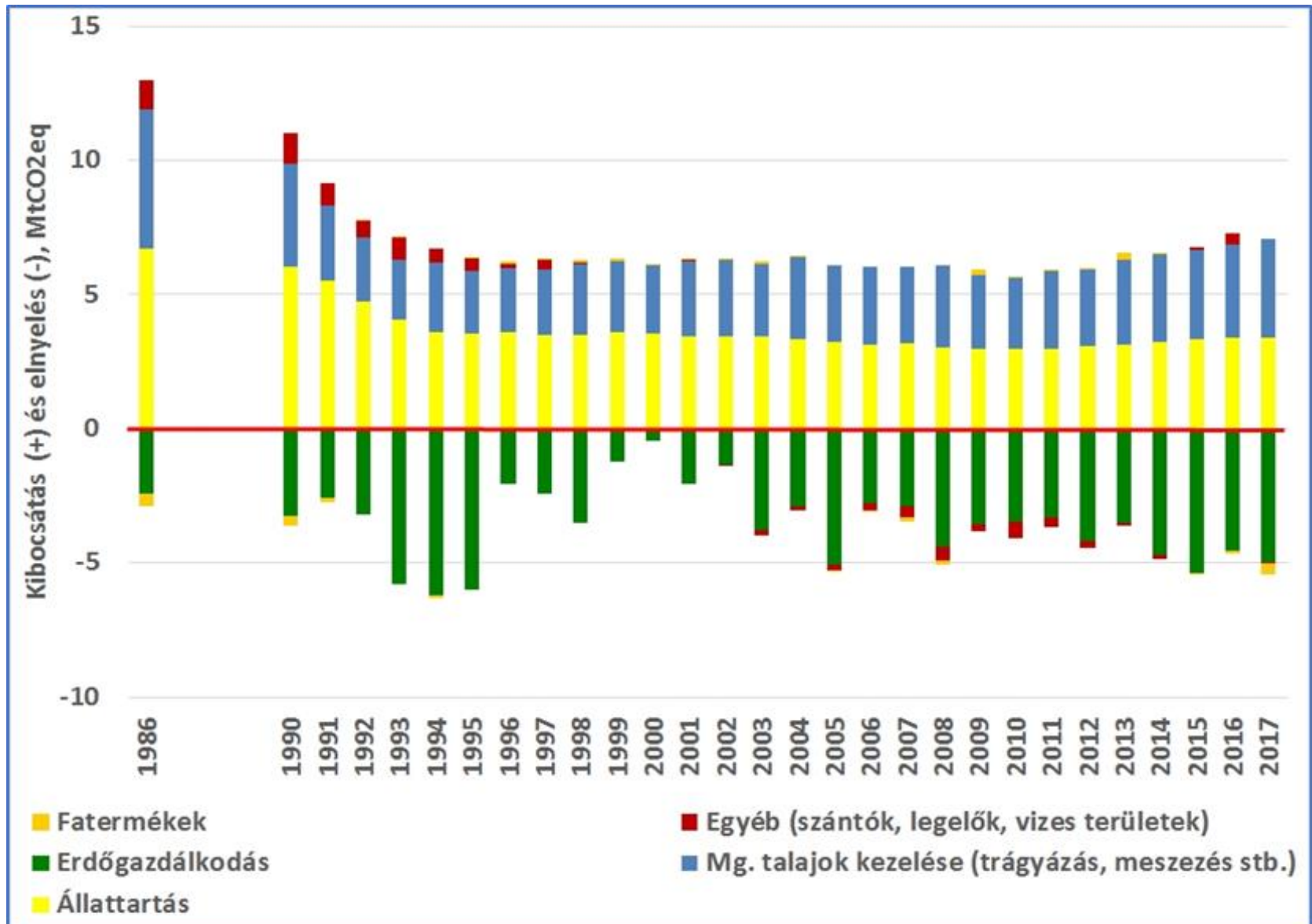


A hazai erdők szénegyenlege

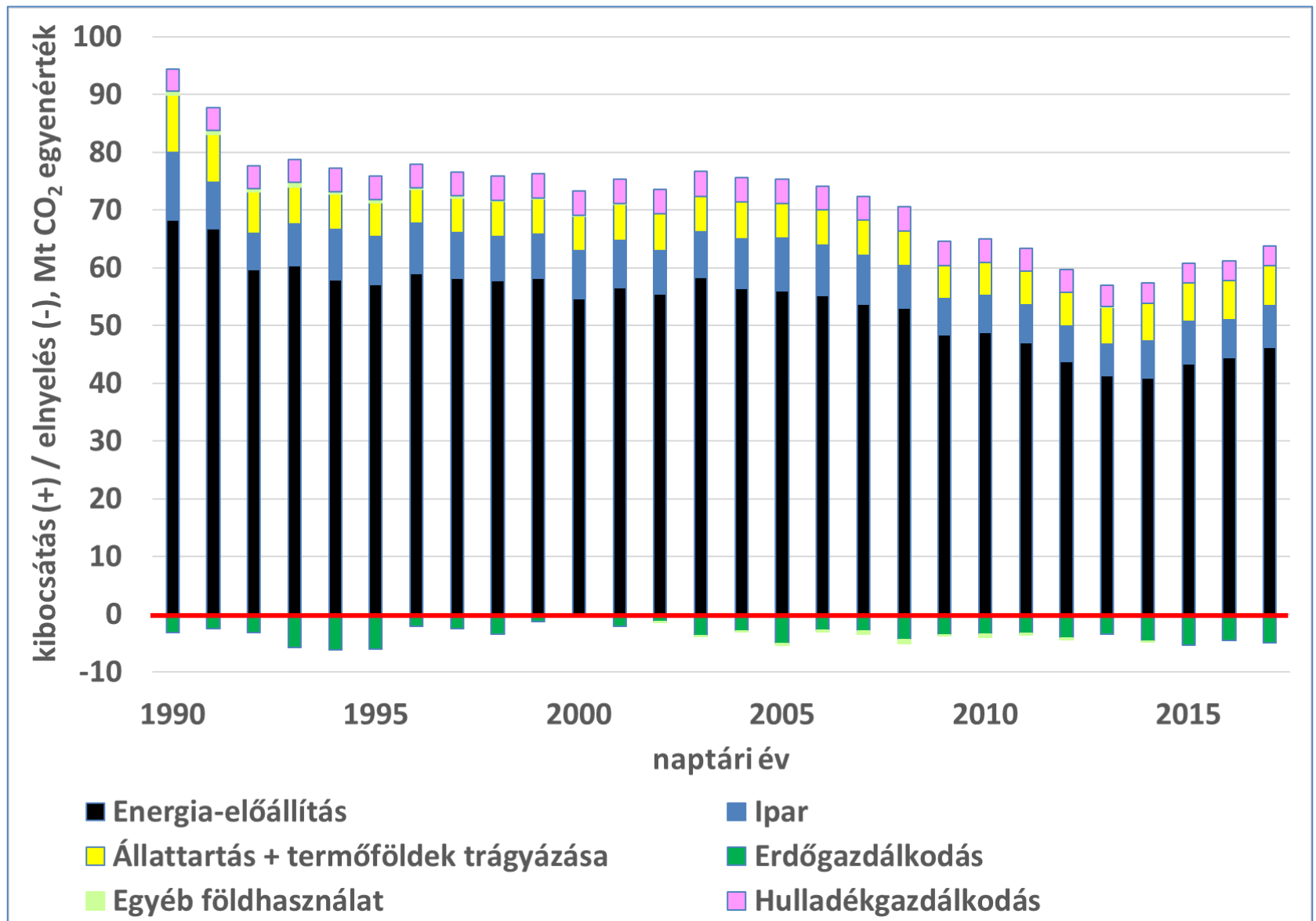
D: erdőirtás; AR: erdőtelepítés 1990. óta; FM: többi erdő



A hazai erdők és a mezőgazdaság arányai



A hazai erdők és a teljes gazdaság arányai



A magyar erdők jelenleg még nettó szénlekötők. Ennek pénzben kifejezhető értéke is van, ami az emissziókereskedelem tőzsdéjén kialakuló CO₂-ártól - mint piaci ártól - nagymértékben függ. Jelenleg ez az érték azonban elég jelentősnek tűnik az erdőgazdaságok elsősorban fatermesztésből származó bevételeihez képest. (A külföldön értékesített lekötési kvótákért járó pénz jelenleg az államkincstár bevételeit növeli, és nem jut el az erdőgazdálkodókhoz.) Fontos viszont azzal is számolni, hogy a lekötött szén felszabadulása jelentős veszteségeket is okozhat.

**Mennyit érnek a hazai erdők
az emisszió-kereskedelemben?**

A kibocsátás elkerülés értéke (EU CO₂ kereskedelem)



Erdeink szénlekötésének értéke (2018)

23 €/tCO₂-vel és 340HUF/€-val számolva

erdőtelepítések (1990. óta)

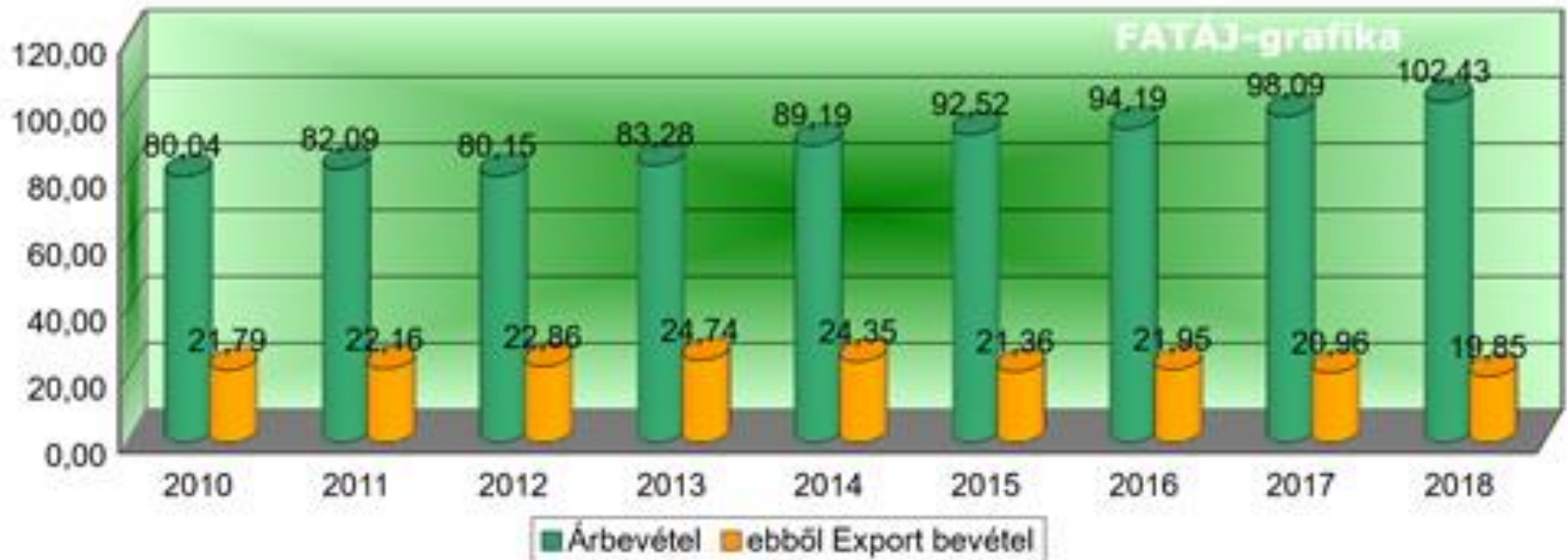
7,8 milliárd Ft/év

többi erdő

15,6 milliárd Ft/év

Összehasonlításul:

A 22 állami (AM) erdőgazdászati zrt árbevétele és export eladásai 2010-2018. (milliárd Ft)



Erdők szénkészletének értéke

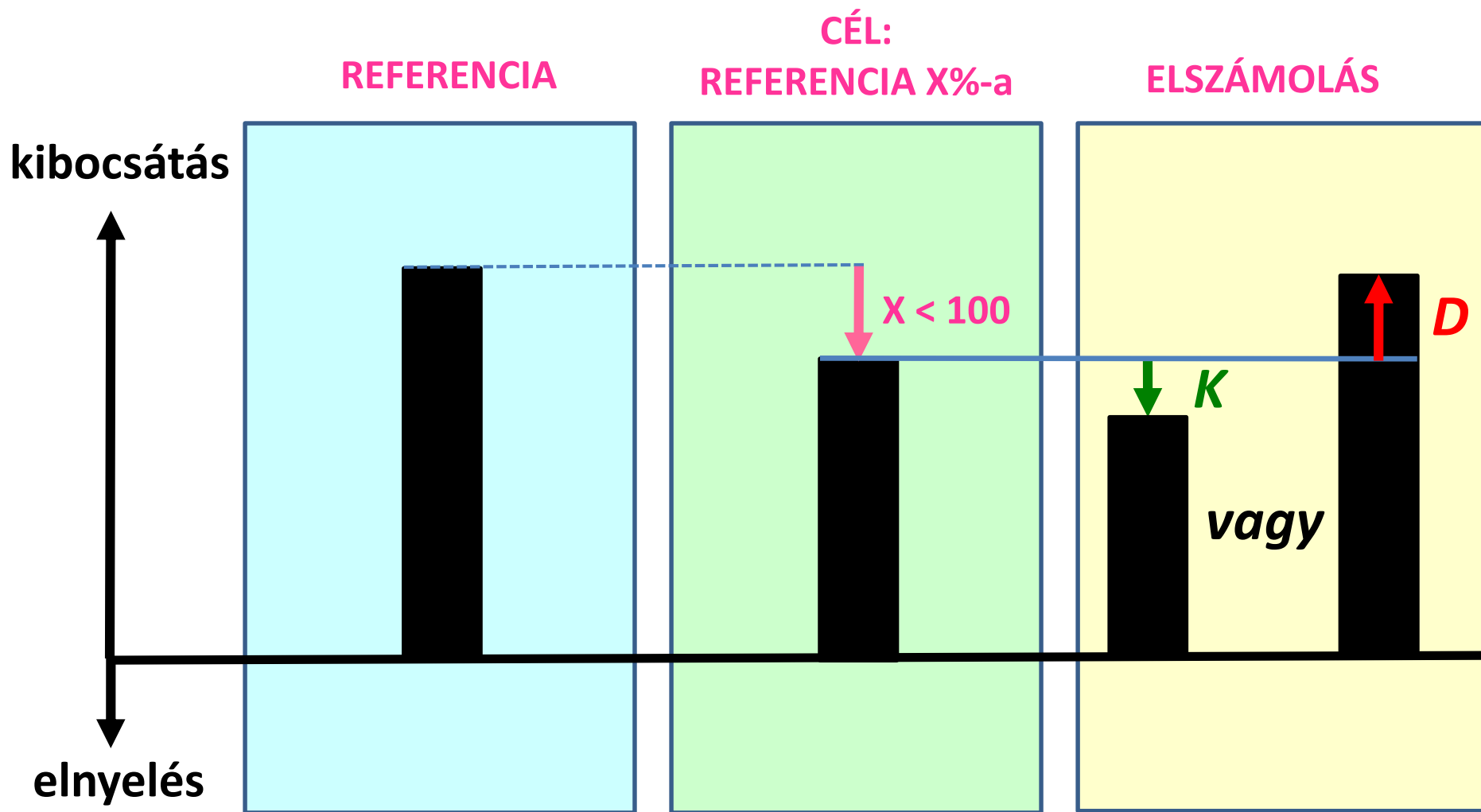
- „önmagában” zéró
- akkor válik (negatív) értékke, ha kibocsátódik
- nulla körüli dinamikus egyensúlyt csak klímaváltozás nélküli világban lehetne elképzelni
- *nagy a kockázata* a jövőbeli jelentős kibocsátásoknak

Az erdők szénegyenlegének elszámolási szabályai azonban az elmúlt időszakban jelentősen változtak. Az erdőtelepítések szénnyelését ma is és a jövőben is - ahogyan ez a múltban is történt - teljes mértékben el lehet számolni. A meglévő erdők esetében azonban a szénkészletváltozást jövőben egy, az EU által meghatározott szabályok szerint levezetett ún. erdő referencia szinthez viszonyítva kell elszámolni. Ez már jóval kisebb hasznot („kredit”) eredményezhet, mint a korábbi rendszerek, sőt, veszteséget is („debit”), függően attól, hogy a jövőben hogyan fogjuk majd kezelni az erdőket.

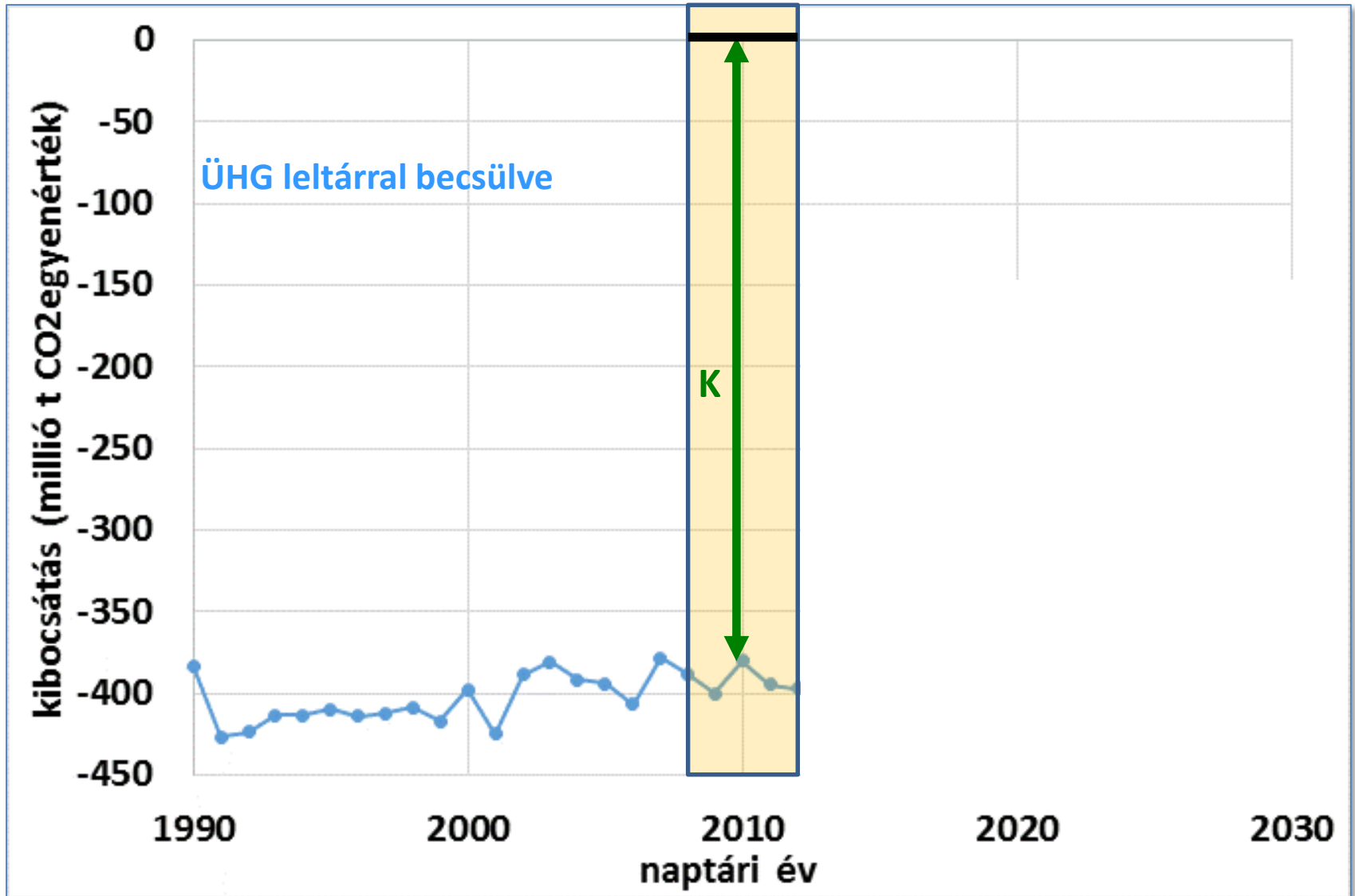
Elszámolási szabályok

Elszámolási szabályok a nem-erdő szektorokban

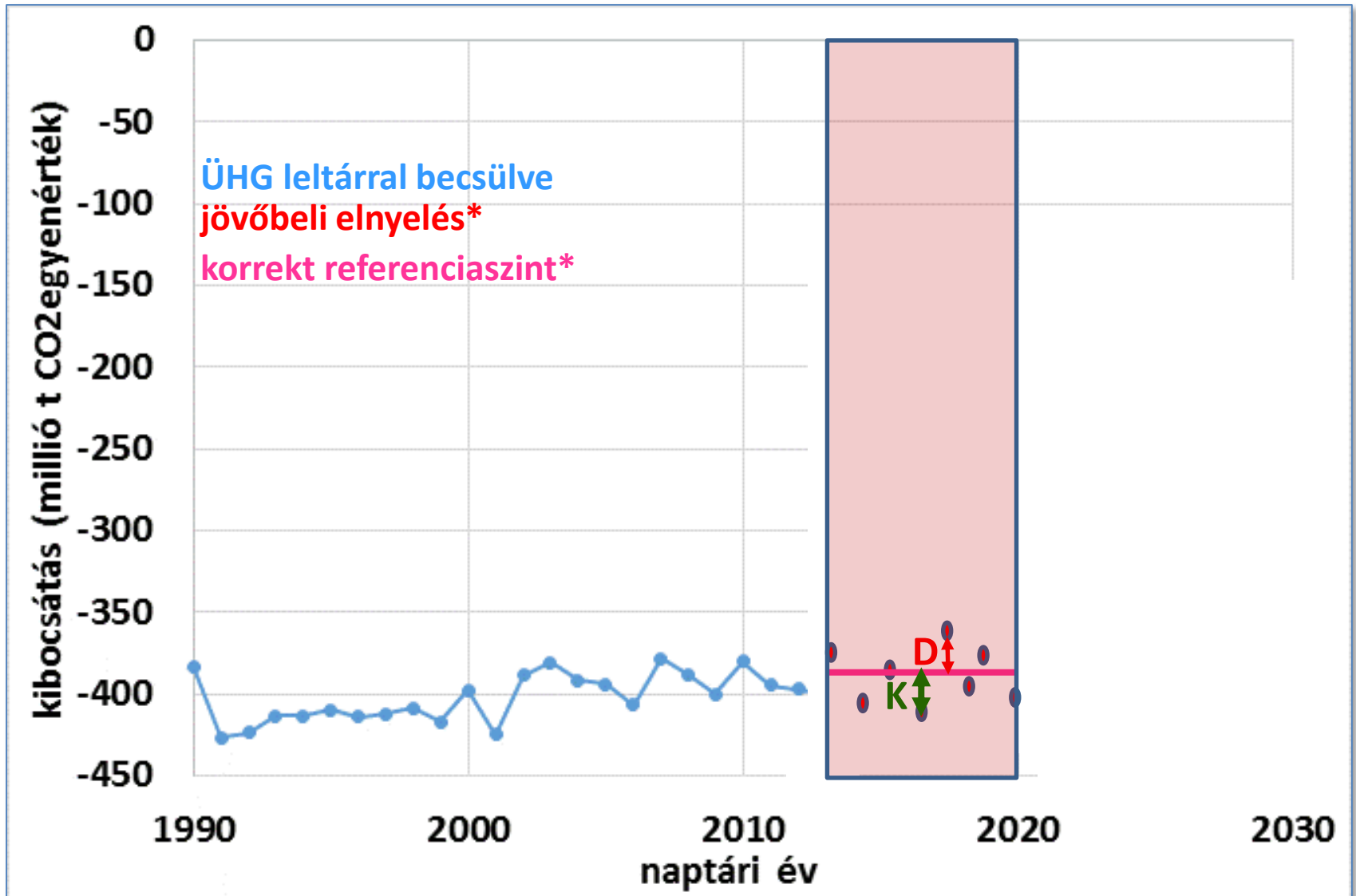
K: Kredit (nyereség); D: debit (fizetni kell érte)



1. Kyoto Protocol 2008-2012: Kredit = teljes elnyelés

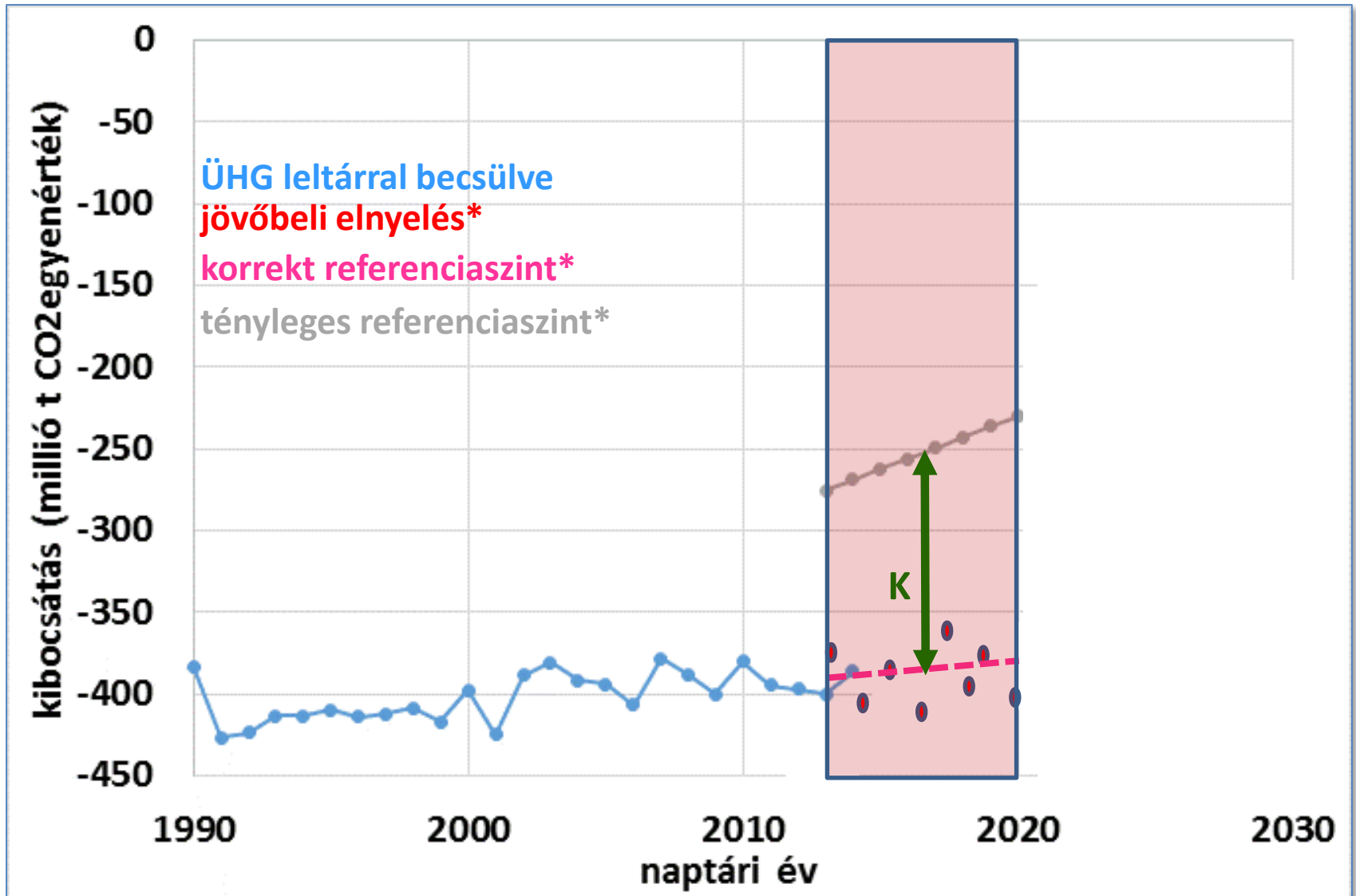


2. Kyotoi Jegyzőkönyv 2013-2020 - elmélet: korrekt referenciaszint



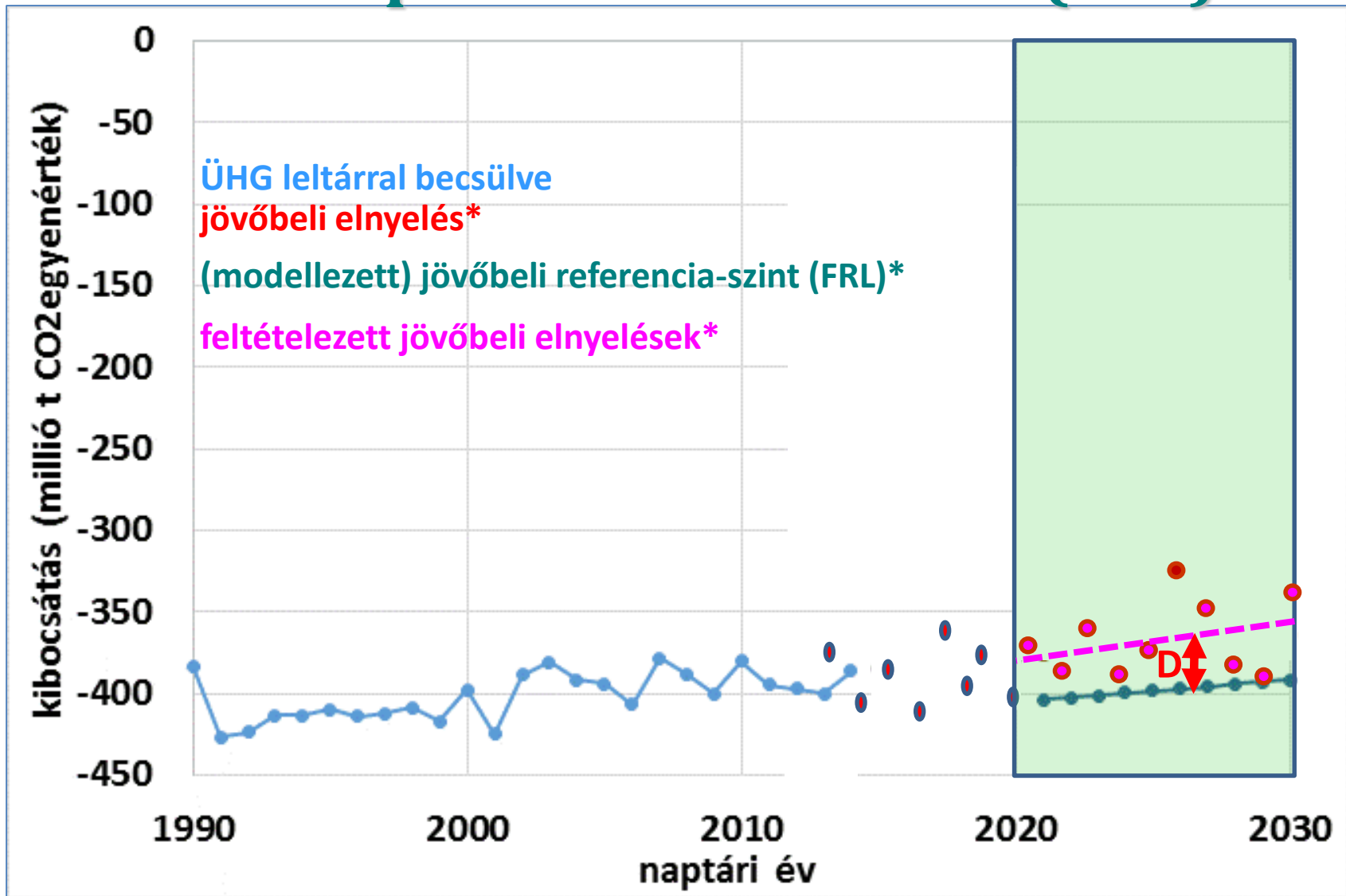
* demonstrációs célú adatok

2. Kyotoi Jegyzőkönyv **2013-2020** - gyakorlat: „elrontott” (?) referenciaszint



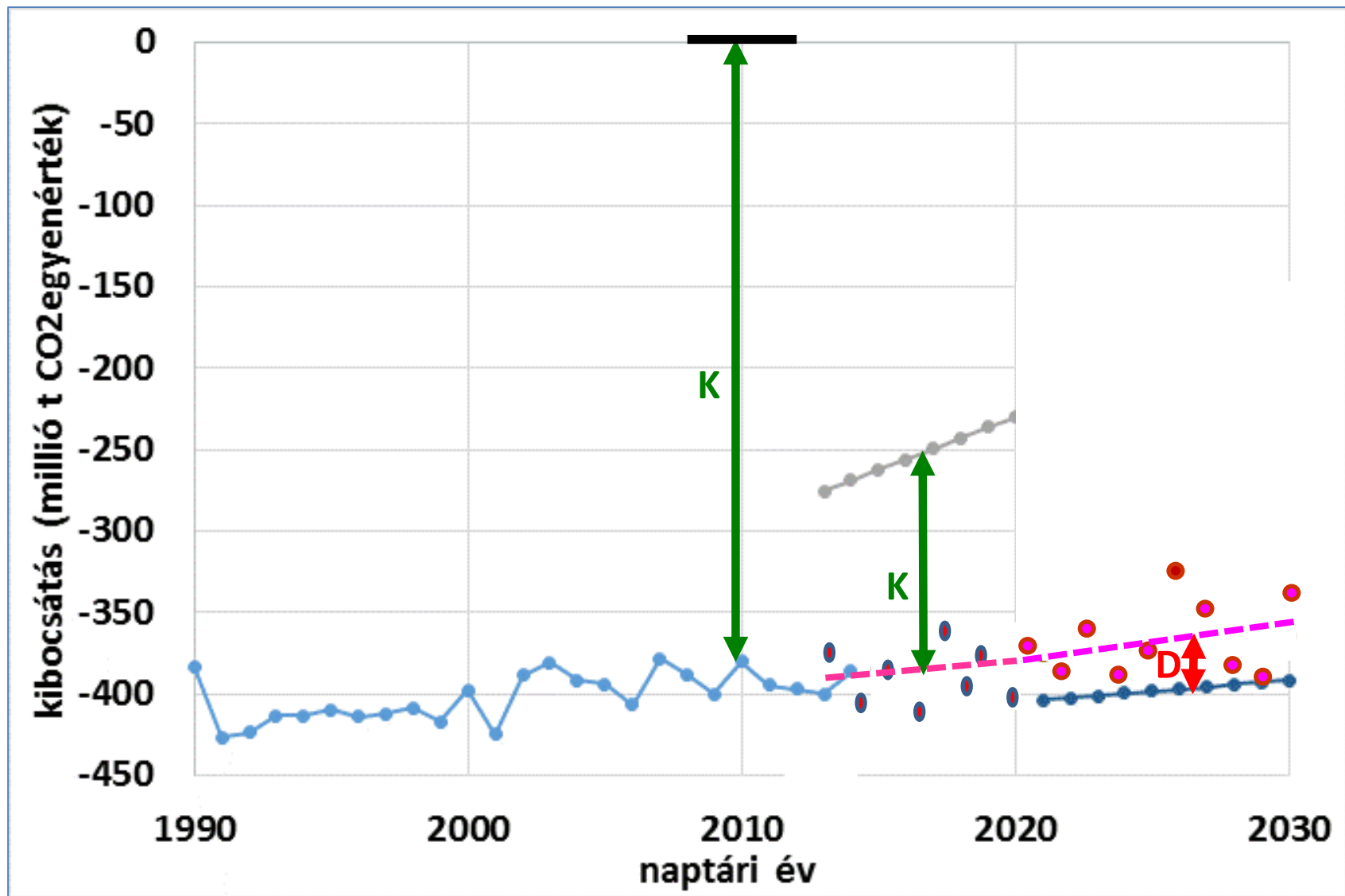
* demonstrációs célú adatok

3. EU LULUCF Rendelet; 2021-től, a Párizsi Egyezmény végrehajtásához: valódi cél-típusú referenciaszint (FRL)



* demonstrációs célú adatok

A jövőben a **kreditek** luxusa helyett kemény **debitek** várhatnak az erdőgazdálkodásra is



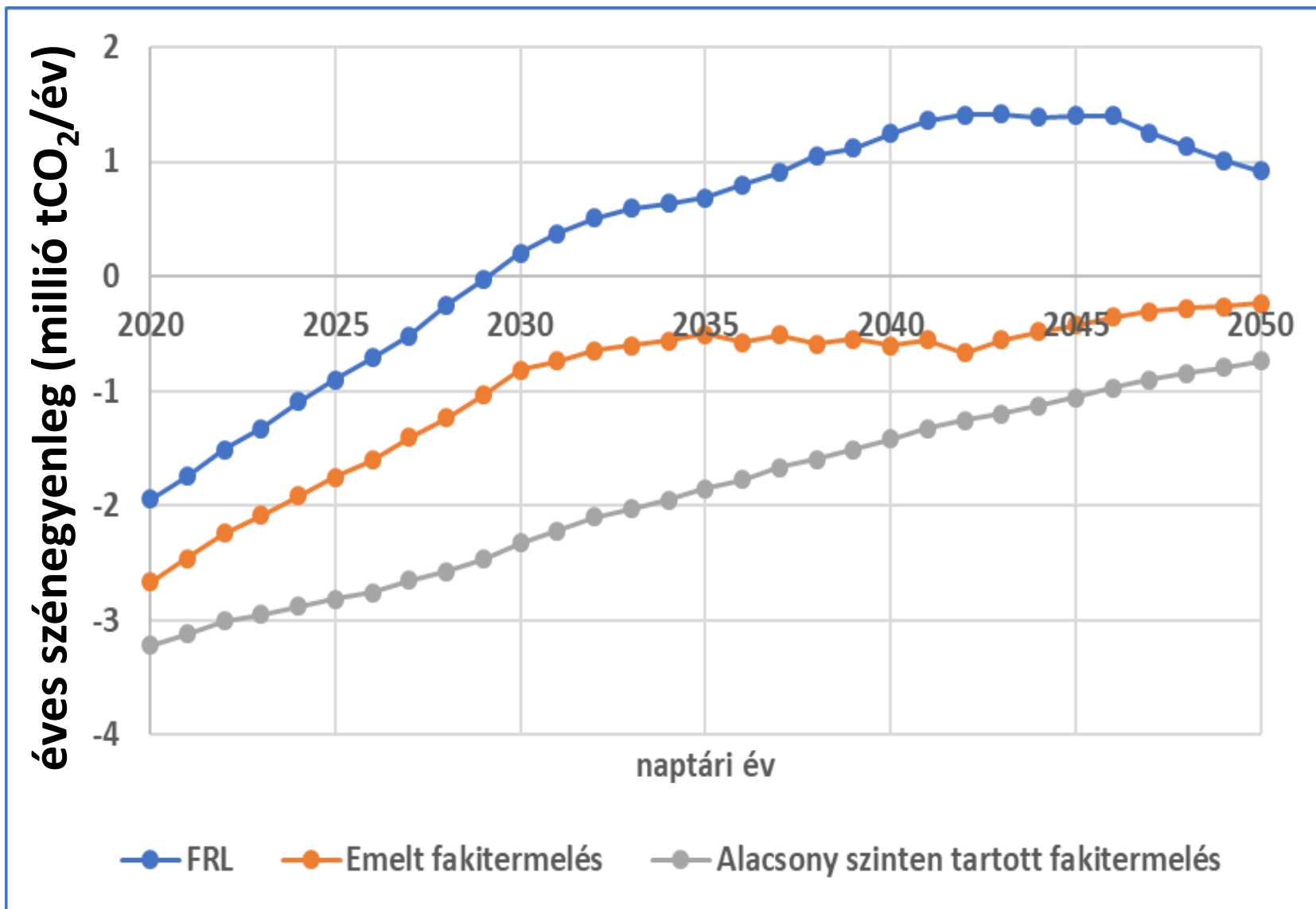
Az erdők jövőbeli szénegyenlegét az erdők kezelésén (pl. a fakitermelések intenzitásán) kívül maga a klímaváltozás is nagyon jelentősen befolyásolhatja. Ez a hatás várhatóan nagyon drasztikus, negatív irányú lesz. Egy ilyen- egyáltalán nem mellékes - hatás az erdők különböző módon történő pusztulása miatti nagyon jelentős üvegház gáz kibocsátás lesz.

Mit hozhat a jövő?

A hazai erdők várható szénegyenlege

különböző fakitermelési forgatókönyvek szerint

FRL: az országos éves fakitermelés kb. 10 millió m³-re emelkedik; az „Emelt fakitermelés”-nél 9 millió m³-re; az „Alacsony szint” kb. a mai szintet jelenti



Potenciális elterjedési terület változása 2080-ig a klímaváltozás hatására

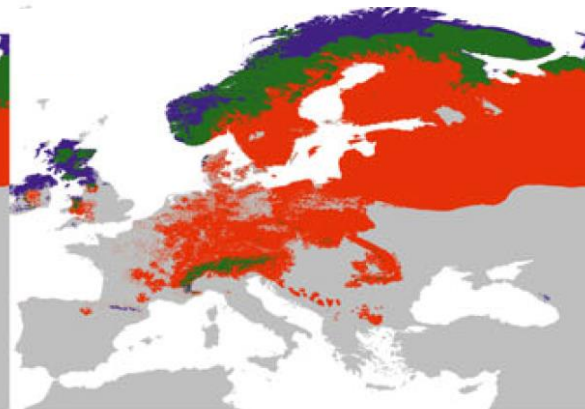
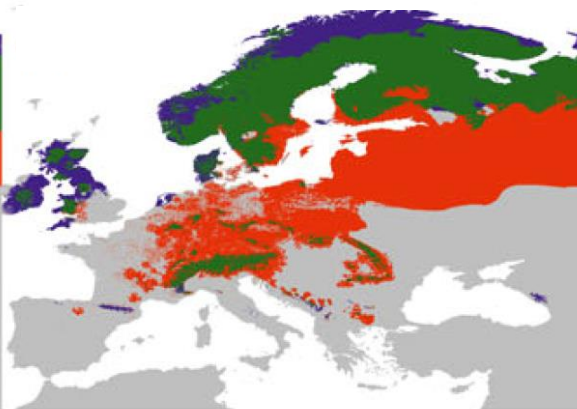
zöld: marad; kék: új; piros: elvész

+1 °C

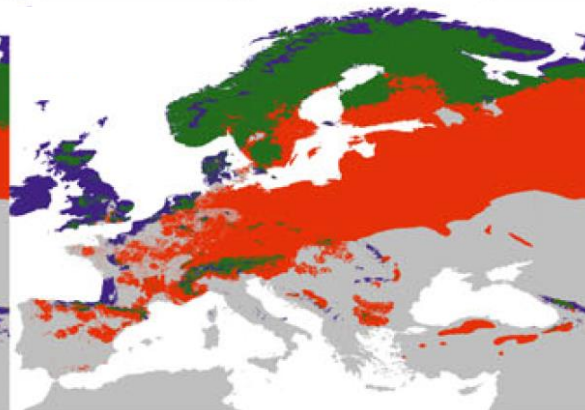
+1,7 °C

+3,7 °C

LF



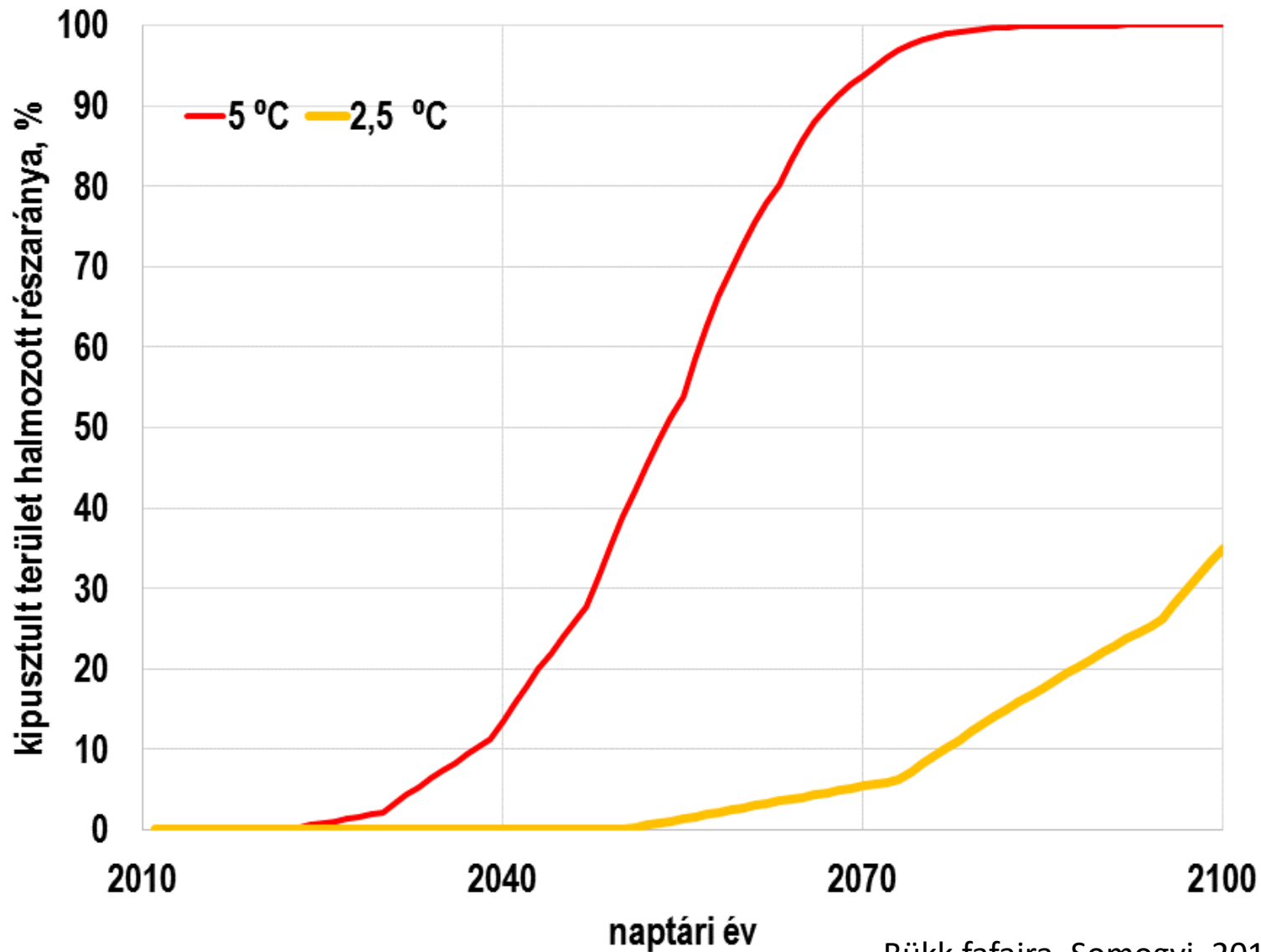
EF



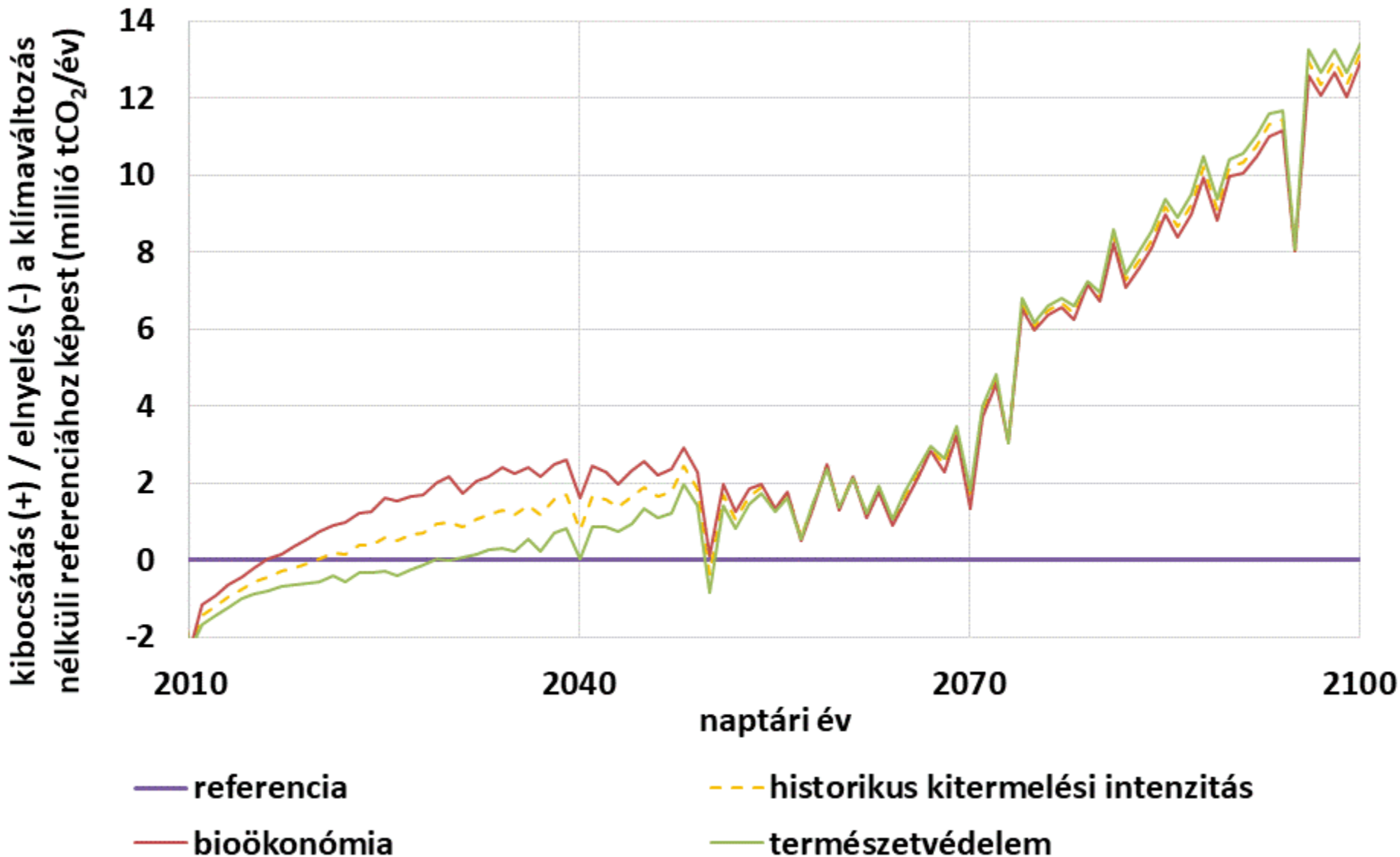
A klímaváltozás miatt elpusztulhat erdeink jelentős része



A klímaváltozás miatt elpusztulhat erdeink jelentős része



A klímaváltozás miatt sok lekötött szén szabadulhat fel a jövőben



Az erdők szénforgalmával kapcsolatos általános és a jövőre vonatkozó ismeretek alapján elemezhető az, hogy a különböző beavatkozási lehetőségektől milyen eredményeket várhatunk. Talán csalódást okozhat egyeseknek az, hogy több, gyakran hangoztatott állítás is tévedésnek vagy túlzónak találtatik a mérnöki, adatokon alapuló számítások fényében. Véleményem szerint a klímaváltozást egyébként sem lehet (jelentősen) lassítani. Ezért az erdők kezelői számára a mitigáció helyett sokkal inkább az alkalmazkodás lesz a jövő feladata és kihívása.

Mit csináljunk?

Mitigációs lehetőségek

Szénkészletek növelése	Viszonylagos fontosság	
	globálisan	<i>Magyarországon</i>
Az erdőterületek növelése	● ● ●	● ● ● ● ●
A meglévő erdők (szén-) sűrűségének növelése	●	● ●
A fatermékekben tárolt szén mennyiségének növelése	●	●

Erdőtelepítések

- minél többet
- termőhelynek „megfelelő” fafajt választva
- rövid vágásfordulójú fafajokkal
- ne a legelők helyére
- ökológiai szempontból a sok kicsi a jobb
- a talajvíz kiszivattyúzását el kéne kerülni

Mitigációs lehetőségek

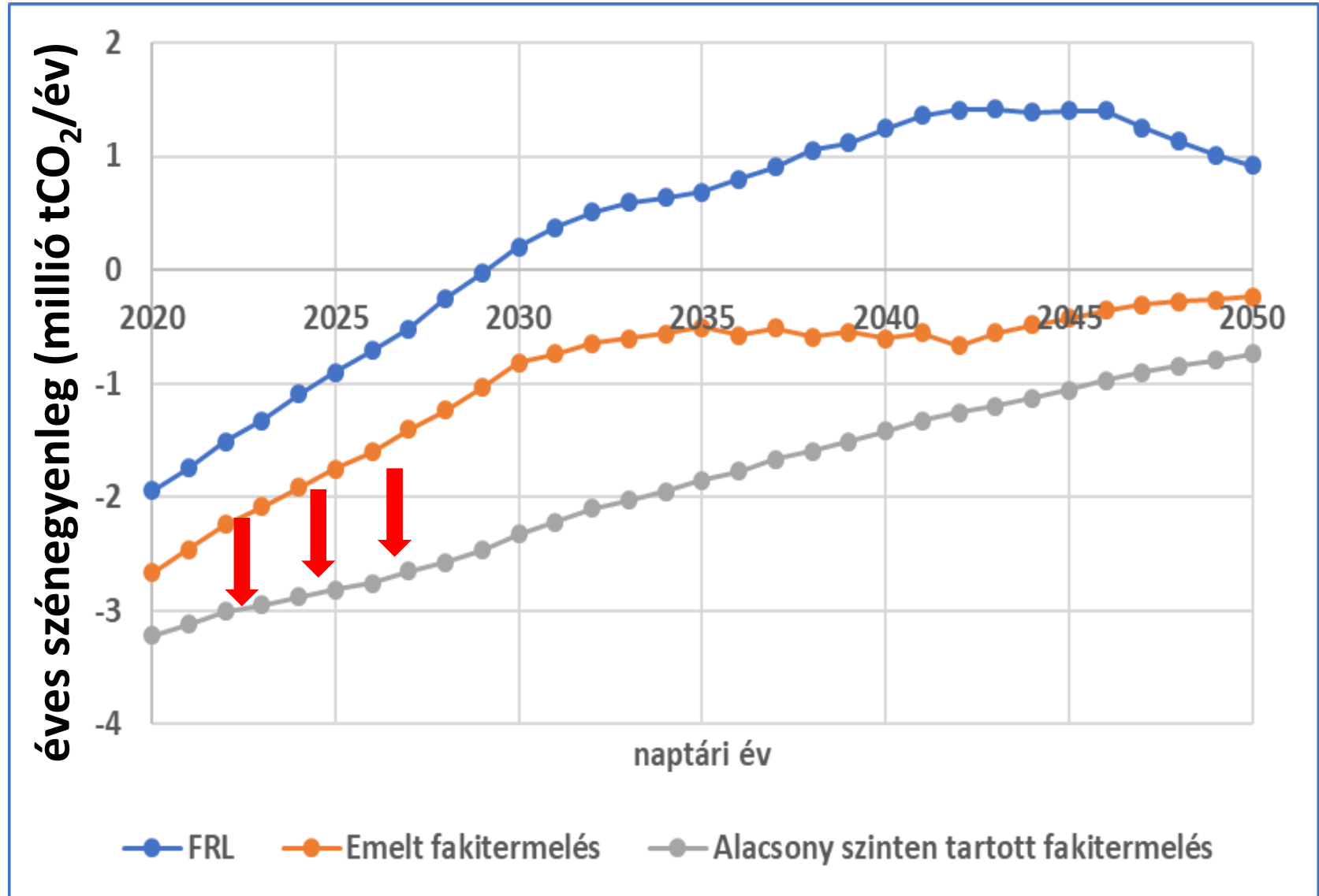
Meglévő szén- készletek megőrzése	Viszonylagos fontosság	
	globálisan	<i>Magyar- országon</i>
Meglévő erdők megőrzése	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
Degradálódás (pl. túlgyérítés, a termőhely leromlásának) akadályozása	● ● ●	●
A talaj szénkészletének védelme	● ● ●	● ●
A fatermékek széntartalmának megőrzése	●	●

Meglévő erdők

- **biomassza:**
 - *kevesebb fa kitermelése éppen a szükséges időszakban lehetne kedvező hatású*
 - **vigyázni az erdők szénkészletére (=egészségi állapotára)**
- **tüzifa: sokkal rosszabb, mint a földgáz**

Lehetőségek (?) meglévő erdőkben

kreditet érhet, ha **csökkentjük** a kitermelés mértékét



Meglévő erdők

- **fatermékek:**
 - csak évi $\sim 0,9$ MtCO₂ lekötés az új termékekben
 - *van „ára”*: a miatta kitermelt (=elbomló, elégetett) faanyagból származó emisszió nem sokkal kevesebb!!
- **(fa helyettesítési értékének kihasználása: csak megfelelő technológiával, a fatermék hosszú-hosszú távú megőrzésével képzelhető el)**

Meglévő erdők

- **holt fa:**
 - természetes
 - visszaadja az energiát az erdőnek
 - a túl sok (erdőtűz miatt) veszélyes lehet
- **talaj:**
 - nagyon lassan épül fel
 - nagyon gyorsan erodálható, pl. véghasználat és felújítás idején (a mértékét egyelőre nehéz kimérni, nagyon kevés kutatási eredményünk van)

A talajveszteségeket el kellene kerülni véghasználat és felújítás idején

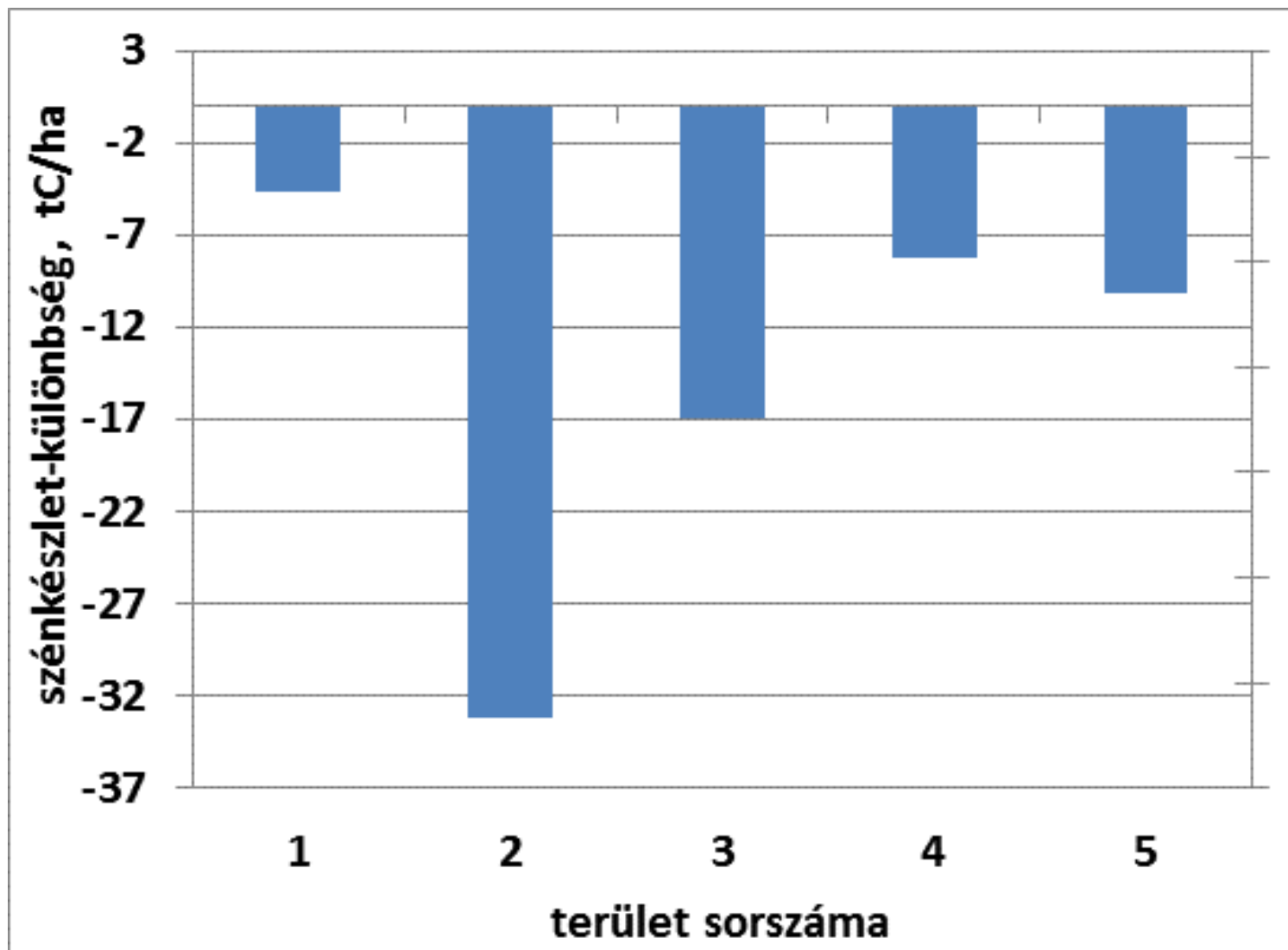
Sok szén



Kevesebb szén



A talajvesztéseket el kellene kerülni véghasználat és felújítás idején



Mit csináljunk?

- **érdekeltté kellene tenni az erdőgazdálkodókat**
- **nem szabad más, fontos dolgokat feláldozni**
- **inkább legyenek (egészséges, diverz) erdők, mint szénlekötés!**
- **a legjobb mitigációhoz az ALKALMAZKODÁS-on keresztül vissz az út**

Mit csináljunk?

ALKALMAZKODJUNK!

miért? részleteiben lásd:

<http://klima.erti.hu/home/miert-nem-tudjuk-megallitani-a-klimavaltozast/>