

# A BIOSZÉN FELHASZNÁLÁS KÖRNYEZETGAZDASÁGTANI MEGKÖZELÍTÉSE LEHETSÉGES TECHNOLÓGIAI ÉS GAZDASÁGI SZCENÁRIÓK A MAGYARORSZÁGI BIOSZÉN HASZNOSÍTÁSBAN

## Environmental economics aspects of biochar Possible technical and economical scenarios to utilize biochar in hungary

SZŐKE Linda – BATTAY Márton – HERCZEG Boglárka – FOGARASSY Csaba

### Összefoglalás

A növényi és állati eredetű bioszenek alkalmazása a korszerű mezőgazdaság által újra felfedezett technológia, amely bizonyos mértékig alkalmas lehet a műtrágyák kiváltására, és a műtrágyahasználatból eredő környezetterhelés csökkentésére. A kedvező tulajdonságai ellenére a hatályos közösségi szabályozás nem segíti elő a bioszén alkalmazásának széleskörű elterjedését. Míg a műtrágyák vonatkozásában van egységes közösségi szabályozás, addig a bioszenek esetében tagállami hatáskörbe tartozik a szabályozás megalkotása. Az eltérő tagállami szabályok nem kedveznek a bioszén nemzetközi kereskedelmének. A növényi eredetű bioszenek talajjavító, illetve az állati eredetű bioszenek talajjavító és termésmenővelő hatása közismert. Azonban a bioszén használatának az előbbieken túl van még egy igen kedvező környezeti hatása, mégpedig az a széndioxid-csökkentő képesség, aminek a klímavédelem szempontjából van jelentősége. Jelen tanulmány a klímavédelmi hatások szempontjából vizsgálja a bioszenek előállításának és alkalmazásának klímagazdaságtani kérdéseit. Kiemelten vizsgáljuk, hogy miképp azonosíthatóak a bioszenek teljes életciklusának környezeti hatásai és

miképp határozható meg ezen klímabarát technológia hatásfoka, a szén-dioxid megtakarítások kontextusában.

**Kulcsszavak:** bioszén, innováció, klímavédelem, környezetgazdaságtan

### Abstract

Use of plant based biochar and animal bone biochar nowadays has re-discovered by the modern agriculture. This technology may be suitable to replace chemical fertilizers and reduce the environmental impact caused by chemical fertilizer use. Despite of the favorable properties the EU legislation is not conducive to the widespread use of biochar. While in the case of fertilizers is comprehensive EU legislation in the case of biochar will have national competence in the regulation. The different national rules don't support the international trade of biochar. The biochar soil and yield-increasing effect is well known. The carbon dioxide-reduction capacity has an additional positive climate change impact of use of biochar, which in terms of climate protection is significant. This study examines the climate change economics issues of biochar from the climate protection point of view.

**Keywords:** biochar, innovation, climate protection, environmental economics

### Bevezetés

Mint minden termelési rendszer így a bioszenek előállítása és felhasználása is hatással van környezetünkre. Ezen hatások azonosítására az előállítás és a felhasználás során is szükségünk van ahhoz, hogy képesek legyünk mérni az új, fenntarthatóbb megoldások

hatásfokát és az általuk elért szén-dioxid kibocsátás csökkentést. Ezek nagyon fontos mozzanatok akkor, amikor egy új megoldást próbálunk egy rendszerbe integrálni. A bioszenek alkalmazásának számos előnye van, mely illeszkedik az új globális kihívásokhoz. A fenntartható modern társadalmak igényei számos kontextusban mások, mint a pár évtizeddel korábban működő társadalmaké, kiemelten fontos cél a megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszer rendelkezésre állása, a tiszta víz vagy az alacsony szén-dioxid kibocsátású technológiák alkalmazása. Ezek az igények a mezőgazdasági termelésre is jelentős hatással vannak, megkövetelik a szigorúbb szabályok bevezetését és ezek betartását is. A bioszén alkalmas az új követelményeknek való megfelelésnek, hiszen adaptációja egyszerű, nem igényel hatalmas beruházásokat, ellenben számos pozitív externális hatása van, mint például a talajjavító jellege és a terméshozamokra gyakorolt kiemelt hatása. Megoldást nyújt a mezőgazdaságban termelődött növényi és állati hulladékok oly módon felhasználására, hogy az az adott rendszerbe visszaintegrálható legyen. A bioszén egy sokrétűen felhasználható, számos kedvező biológiai és kémiai tulajdonsággal bíró természetes anyag, mely igen sokrétűen használható. Fizikai tulajdonságaiból adódóan javítja a talaj szerkezetét, valamint csökkenti a talajból származó ÜHG kibocsátást (SOHI et al, 2009).

Vizsgálatunk során megpróbáltuk összesíteni a hazai és nemzetközi tapasztalatokat a bioszén előállítás és alkalmazás vonatkozásában, illetőleg megvizsgálni, majd mérni ezen rendszerek pozitív hatásait, illetve megvizsgálni, hogy a bioszén előállítás és alkalmazás milyen környezeti hatásokkal jár. A meglévő tapasztalatok alapján kialakításra került egy specifikus számítási módszer, mely az alapvonal kibocsátás (baseline) méréséhez nyújthat segítséget. A baseline számítás az egyik legfontosabb mozzanata a kibocsátás csökkentés meghatározásának, hiszen ez által nyerünk viszonyítási alapot ahhoz, hogy kalkulálhassuk az egyes bioszenes projektek által elért szén-dioxid megtakarítást. Tulajdonképpen a régi rendszer így válik összevethetővé, az újabb, fenntarthatóbb termelési megoldással. A kibocsátási alapszint meghatározása, az ehhez alkalmazott módszer bemutatása és igazolása; az alapszint az adott együttes végrehajtási projekt megvalósítása nélküli kibocsátási érték becslése, amely viszonyítási alapként szolgál a projekt által elért kibocsátás-csökkentés meghatározására. Annak érdekében, a bioszén felhasználás folyamatáról pontos képet kapjunk, első dolgunk, hogy a bioszén előállításának és felhasználásának teljes életciklusáról pontos adatokkal rendelkezünk.

### **Az Életciklus Elemzések (LCA- LIFE CYCLE ASSESMENT) szerepe a környezeti hatások azonosításában**

Az életciklus elemzés segítséget nyújthat abban, hogy:

- feltárjuk a termékek környezeti tényezőivel kapcsolatos javítási lehetőségeket, a termék életciklusának különböző pontjain,
- segíti a döntéshozatalt az ipar, a kormányzati, és nem kormányzati szervek esetében (stratégiai tervezésben, prioritások megfogalmazásában, folyamatszervezésben),
- segít kiválasztani a megfelelő indikátorokat, módszereket a környezeti teljesítés esetében (LEHMANN et. all., 2009).

### **A teljes életciklusra vonatkozó ISO 14040:2006 szabvány**

Napjainkban az életciklus elemzések folyamatához az ISO 14040:2006-os szabvány nyújtja a gyakorlati és elméleti kereteket. Mint, a szabványok általában, ez is meghatározza a leltárkészítés alap irányvonalait és paramétereit is, melyek által már felépíthető az elemzés. Az elemzés elkészíthető termékekre és szolgáltatásra egyaránt.

Az életciklus értékeléshez kapcsolódó MSZ EN ISO 14040-es szabványsorozat tartalmazza mindazon célokat, eszközöket, eljárásokat, melyek alkalmasak arra, hogy az életciklus értékeléssel beazonosíthatóvá váljanak az egyes környezeti tényezők, illetve hatások, amelyek az egyes termékekhez köthetőek. Ez a nemzetközi szabvány leírja az életciklus-értékelési tanulmányok és az értékelésről szóló jelentés elkészítésének alapelveit, kereteit, továbbá tartalmaz néhány követelményt is.

Az életciklus elemzésnek négy szakaszát lehet megkülönböztetni:

1. Az LCA elemzés céljainak, és a vizsgálat területeinek kijelölésének szakasza
2. Az életciklus leltár fázis szakasza
3. Hatásértékelés
4. Értelmezés

Az, hogy mi lesz az életciklus értékelés tárgya, melyek lesznek a kijelölt határai, és milyen részletességgel kívánjuk elvégezni az elemzést, attól függ általában, hogy milyen célokat tűzünk ki magunk elé, illetve milyen célokra szeretnénk felhasználni az elemzés során kapott eredményeinket. A kitűzött céloktól függően különböző lehet az egyes életciklus elemzések mélysége (Böröcz et. al., 2016).

Az életciklus leltár az elemzés második szakasza, melyben leltárba vesszük a rendszerbe belépő input, illetve kilépő output anyagokat. A hatásértékelési fázisban az input, és output energiák, és anyagok környezeti hatásainak értékelése történik meg, majd a legvégső fázis az értékelési szakaszok eredményeinek értelmezése, és rögzítése. Ebben a végső fázisban összegzik és elemzik az életciklus elemzés során feltárt összefüggéseket, adatokat, amelyekből majd összeállítják a javaslatokat, levonják a végső megállapításokat az LCA célkitűzésekkel összhangban, elősegítve ezzel a döntéshozatali eljárást. Az életciklus értékelésnek tartalmaznia kell a cél-és tárgykör lehatárolását, az életciklus leltárelemzést, a hatásértékelést, illetve a kapott eredmények kiértékelését a 1. ábrának megfelelően.



1. ábra: Az LCA keretei

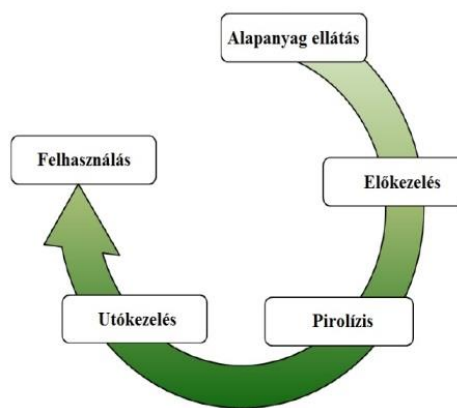
Forrás: ISO 14040 szabvány

A cél és tárgykör meghatározása fázisban definiálásra kerül a vizsgálat kontextusa, és határai. A funkció egység meghatározása szintén igen jelentős, hiszen a vizsgálat eredményei arra fognak vonatkozni (pl. 1 kWh, 1 tonna bioszén). Minden anyag és energiaáramnak meg kell jelennie a leltárelemzés részben. Az LCA minden egyes lépésére meg kell pontosan határozni az input és output áramokat. Ezek lehetnek termékek, alapanyagok, köztes termékek, emissziók.

Az LCA-k készítés során kiemelten kell kezelni az adatok minőségi kritériumaira vonatkozó feltételrendszereket. Bioszén projektek esetében az egyik legjelentősebb problémát az életciklus elemzések elvégzéséhez az adatok nehéz elérhetősége jelentheti. Mivel a bioszén projekteknek még nincs nagy múltjuk, ezért csak néhány megbízható adatforrás érhető el pl. a speciális bioszén termelési egységekre, bioszén használat hatásaira vonatkozóan. A hiányzó értékek általában becslések alapján, vagy a szakirodalmi gyűjtésből állhatnak rendelkezésre.

### **Bioszén ICA-k a nemzetközi szakirodalmakban**

Több bioszén LCA is elérhető a szakirodalmakban, bár ezek igen különbözőek lehetnek, mind módszertanilag, mind pedig az elemzések lefolytatásának folyamata és a felhasznált adatok tekintetében találhatunk eltéréseket. Ezeket a különböző területi, környezeti, gazdasági illetve jogszabályi sajátosságok indokolják. Többségük bemutatásra kerül az anyagban, de a legegyszerűbb LCA modellt az alábbi 2. ábra mutatja.



2. ábra: **Bioszén életciklus alap diagram**

Forrás: Interreg projekt alapján saját szerkesztés

Jelenleg az adatok elérhetőségéből adódóan a legnagyobb kihívást a bioszén LCA-ban a felhasználáshoz valamint a pirolízishez köthető lépések jelentik.

Kettő jelentősebb teljes LCA elemzés került publikálásra kifejezetten bioszén gyártásra specifikálva, de mindkettő meglehetősen különböző eredményt adott. Ezek Gaunt és Lehmann, valamint McCarl nevéhez fűződnek. Gaunt és Lehmann összevetette a lassú pirolízises bioszén eljárást a lassú pirolízises eljárással energiatermelésre optimalizálva. Arra az eredményre jutottak, hogy a bioszén outputra optimalizált lassú pirolízis és a bioszén termőföldbe történő juttatása kétszer-háromszoros karbonmegtakarítást eredményez az energiatermelésre optimalizált pirolízishez képest. Ők egy korlátozott közgazdasági analízist is elvégeztek, melyben arra jutottak, hogy a bioszént 47 USD-on szükséges ahhoz értékesíteni, hogy az energiatermelésre optimalizált verzióhoz képest a kieső profit kompenzálhatóvá váljon. Az ő általuk elvégzett LCA több bizonytalansági tényezőt is tartalmaz, mint a pirolízises eljárás pontos paraméterrendszere, illetve a várható outputok a vizsgálat során nem adóttak, vagy nem áll rendelkezésre adat. BRUCE McCarl et al a bioszén előállítás gazdasági feltételrendszerét vizsgálja alaposabban és két nagy pirolízis berendezést vizsgál meg, melyek mindegyike 70000 tonna/év kapacitásúak. Ők a lassú pirolízist vizsgálták energia előállításra, valamint a gyors pirolízist vizsgálták kukorica maradvány alapanyagot felhasználva energia előállításra kiélezve. McCarlék több lépést iktattak bele az életciklus elemzésbe valamint konzervatívabb becslésekre hagytak adatbizonytalanság esetén (HAMMOND, 2009).

DUTTA – RAGHWAN 2014 kutatásukban rávilágítottak az LCA jelentőségére a teljes életciklus GHG kibocsátását és ökonómiai megvalósíthatóságát érintően bioszén rendszerek esetében. Elemzésüket optimalizált pirolízis paraméterek mentén végezték a mezőgazdasági hulladékok, kukorica maradványok és erdészeti melléktermékekre. Vizsgálataik eredményeként kimutatták a GHG elkerülést a kukoricamaradványok, és erdészeti melléktermékek esetében is. Esetükben a bioszén stabilizált karbon tartalma egyértelműen hozzájárult a csökkentéshez.

A bioszén rendszerek biomassza alapanyagokat igényelhetnek inputanyagként, vagy energiaforrásként (LEHMANN, 2007).

Ezek forrása lehet:

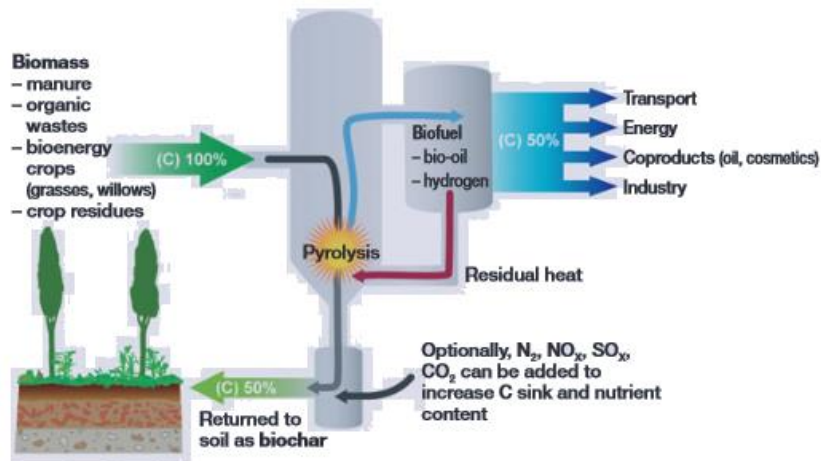
- Cellulóz alapú biomassza (Fa hulladék, forgács, fakéreg)
- Szennyvíziszap
- Erdészeti biomassza
- Papírgyári iszap
- Állati eredetű trágya

### **A bioszén előállításának technológiai folyamatai, a pirolízis**

A pirolízis egy olyan termokémiai bomlási folyamat, amely során oxigén-mentes környezetben képzünk szerves anyagokból karbonban gazdag szilárd termékeket (DEMIRBAS, 2001). A biomassza bekerülésével a pirolízisesbe bioszén és energia képződik. Két fajtáját különböztetjük meg, a magas és az alacsony hőmérsékleten végbemenő pirolízist. Előbbi esetében – amint a neve is mutatja – magas hőfokon (500°C körül) és rövid ideig tartó gőzkezeléssel dolgozunk. Ebben az esetben általában kis részecskékből előállított alapanyagra van szükségünk, és egy olyan rendszer kialakítására, ahol a szilárd termék képződése után a gőzt azonnal el tudjuk tüntetni.

Az alacsony hőfokú pirolízis esetében pedig megkülönböztetünk egymástól hagyományos faszén előállító és ennél már modernebb eljárásokat is. Az alapvető karakterisztikák viszont itt is adódtak, melyek szerint az előzőnél kisebb (400°C) hőmérsékleten és hosszabb gázkezeléssel hozzuk létre a végterméket (LEHMANN, 2007). Bár a cél ilyenkor is a faszén előállítása, mégis a procedura végén megfigyelhető folyékony és gázalapú termékek outputként való megjelenése is. Kutatásunk szempontjából viszont célszerű a modern – a 20. század végén kialakuló – modern eljárásokra koncentrálni, ugyanis bioszént csak ezekkel lehet előállítani. A folyamathoz ilyenkor egy vízszintes, cső alakú kemencét használnak, melynek a biomassza alakításában besegítenek még további dob kemencék, forgókemencék.

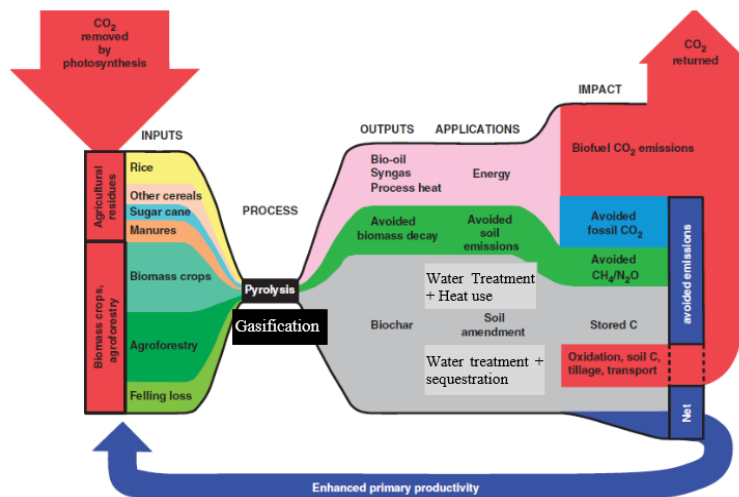
Ez utóbbiak már a biomassza pirolízisének megvalósításához kerültek a rendszerbe a hagyományos szénelőállításán túl. Ezt az aspektust azért is fontos hangsúlyozni, mert annak ellenére, hogy az ilyen termékekre specializált eljárás már régóta használatos, addig a bioszénra specializálódott módszer még nem tudott széles körben elterjedni az üzleti életben (BROWNSORT, 2009). Összességében, bár a pirolízis csak az egyik olyan technológia, mely energiát állít elő biomasszából (BRIGDWATER, 2002), ami megkülönbözteti a többi alternatív (biomasszából) energiát előállító rendszertől, az az, hogy pirolízis során karbonban gazdag szilárd termék is keletkezik, a bioszén (3. ábra).



3. ábra: **Alacsony hőfokú pirolízissel előállított bioszén modellje**  
 Forrás: LEHMANN, 2007

Lehmann modelljében a bioszén mellett bioenergia is termelődik szintetikus gázok, illetve bio-olajok formájában, melyek a továbbiakban megfelelően hasznosíthatóak további energiatermelési folyamatokban. A bioenergia a pirolízisen keresztül bioszén előállítása mellett a környezetbarát energia előállítás ígéretét is hordozza. A technológiai potenciálból adódóan a termelés karbon negatív lehet, mely azt jelenti, hogy minden egyes megtermelt vagy elfogyasztott energia egység, GHG eltávolításra/megkötésre kerülhet a légkörből.

WOOLF et al. és BESS OUKO is a fenntartható bioszén előállítási folyamatára hasonló eredményeket kapott, mint Lehmann (4. ábra).



4. ábra: **Fenntartható bioszén gyártás koncepciója**  
 Forrás: BESS-OUKO, 2014 and WOOLF et al, 2012

A GHG kibocsátás szempontjából kiemelt jelentőségű a pirolízis folyamata a bioszén előállítási folyamat során. A bioszén gyártás előnyei közé tartoznak a karbon megkötés, energiatermelés, termőföld minőségének javítása, és hulladékkezelés. A biomassza karbonizációjából származó minden egyes termék, mint a bioszén, a szén-monoxid, bio-olajok, jól felhasználhatóak a további folyamatokban.

A nemzetközi szakirodalmakban rendelkezésre állnak bioszénhez készült LCA tanulmányok, melyek jól használhatóak, de nem adaptálhatóak egy az egyben a hazai bioszén üzemekre. A

legtöbb LCA az ISO 14040-es szabványt használja kiindulási alapként, de más és más aspektusból közelítik meg a bioszén előállítási folyamatát, mely abból adódik, hogy többféle technológiai megoldás, és inputanyag felhasználási lehetőség adott. A tanulmányban többféle LCA került ismertetésre, melyek kiindulási alapként szolgálhatnak egy üzem specifikus LCA kialakításához, de minden esetben szükséges az elemzéshez köthető rendszerelemek lehatárolása a pontos eredmények elérése érdekében (milyen mélységű LCA-t szeretnénk elvégezni, stb.). Rendelkezésre állnak különféle szoftverek (Umberto, GaBi, CMLCA), melyek az életciklus elemzést segíthetik. A bioszénhez kapcsolódó LCA-k elkészítésekor számos alapvető tényezőt kell számításba vennünk, figyelembe kell venni a rendelkezésre álló technológiai megoldásokat, logisztikai folyamatokat, melléktermékek, köztestermékek kezelésének eljárásrendjét, szükséges-e vizsgálat során specifikus pirolízis egység bevezetése, vagy elegendő aggregált értékekkel dolgoznunk, stb.. Célszerű lehet egyéb kiegészítő lábnyomszámítási módszertan bevonása is a vizsgálatba, mint például vízlábnyom, vagy karbonlábnyom számítási módszertanok. A fenntartható mezőgazdasági gyakorlatnak megfelelően a bioszénnek a jövőben mindenképpen szükséges további fejlődési, illetve felhasználási teret biztosítani (BÖRÖCZ et. al., 2016).

## **Anyag és módszer**

### ***Kibocsátási alapszint (baseline) számítás folyamata a bioszén rendszerek vizsgálatában***

A kibocsátási alapszint meghatározása, az ehhez alkalmazott módszer bemutatása és igazolása; az alapszint az adott együttes végrehajtási projekt megvalósítása nélküli kibocsátási érték becslése, amely viszonyítási alapként szolgál a projekt által elért kibocsátás-csökkentés meghatározására.

### ***Általános szempontok az alapvonalai kibocsátás mérésére vonatkozóan***

A scenáriók meghatározásakor az első lépés a projekttevékenységek pontos és részletes leírása. Ebben a fázisban ismertetni kell az alkalmazott technológiát és a felhasznált alapanyagok tulajdonságait. Nagyon fontos kiemelni, hogy nincsen két egyforma projekt, így minden esetben az adottságokhoz illeszkedő mérési struktúrát kell felállítani, melyben figyelembe vesszük a területi, időbeli, technológiabeli... stb. rendszertulajdonságokat. Mivel az alapvonalai kibocsátáshoz kell hasonlítani majd a projekt által elért csökkentés mértékét, így nem elhanyagolható egyik részlet sem (ELSŐ MAGYAR KARBONGAZDÁLKODÁSI Kft.,2014).

A mezőgazdasági (esetünkben bioszén előállítás) projektek tekintetében figyelembe kell vennünk az alapanyagok (szármaradványok, biomassza) speciális tulajdonságait. Meg kell határozni az emissziós szintet a jelen esetre is, amikor ezen szerves anyagok nem kerülnek feldolgozásra, hasznosításra. Ilyenkor természetszerűleg indulnak be a bomlási folyamatok, nagymértékű üvegházhatású gáz kibocsátást eredményezvén (CDM, 2012). Ennek a kibocsátási szintnek a meghatározása a baseline számítás feladata. A termelési és előállítási folyamatok azonban ettől sokkal összetettebbek. A rendszer működése során számos emissziós forrás fedezhető fel, ilyenek a felhasznált elektromos áram, a fosszilis üzemanyagok elégetése a géppark működtetése során... stb. Természetesen, ezen rendszertulajdonságok nem iktathatóak ki a rendszerekből, azonban működésüket optimalizálni lehet az újonnan bevezetett technológiai elemekkel (American Carbon Registry, 2010). Ezen elemek kibocsátás elkerülési hatékonyságát azonban csak úgy tudjuk reálisan kiértékelni, ha az alapvonalai kibocsátási mérésünk pontos és részletes volt.

A legvalószínűbb baseline scenárió meghatározásához szükséges lépések:

1. Alternatív forgatókönyvek áttekintése és azonosítása a jelenleg érvényes szabályozási és jogi környezetet figyelembe véve.
2. A projekttevékenység során felmerülő akadályok azonosítása és elemzése, alternatív forgatókönyvek kidolgozása.
3. A beruházási környezet és rendelkezésre álló források felmérése és becslése (AMERICAN CARBON REGISTRY, 2010).

A fent leírt elemzési részfolyamatok végrehajtása nélkülözhetetlen a beruházás megvalósítás előtt, mivel a rendszer működésének kialakítása és a bevezetni kívánt technológia számos egyéb jellegű szempont függvénye, melyek nem kapcsolódnak szűken az üvegházhatású gázkibocsátás csökkentés témaköréhez. Ennek ellenére a projektmegvalósítás és a működési folyamatok alapvető feltételei.

A következőkben kerülnek részletes bemutatásra az alapvonalai kibocsátás meghatározás módszertani és vizsgálati keretei.

### ***Alkalmazhatóság: A projekt típusához alkalmazható kibocsátási alapszint mérési módszertan meghatározása***

Az alkalmazott kibocsátási alapszint kalkulációs módszertan és a projekt típusa közötti kapcsolat meghatározása és kialakítása fontos részfeladat a baseline kalkulációk elvégzésének folyamatában. Jelen dokumentációban bemutatott módszertan egy általánosan alkalmazható kalkulációs metódus. Ezen folyamatokba számos kiegészítő részszámítás beépülhet függően az alkalmazott technológiai rendszerek sajátosságaitól, és az alkalmazott input-output kombinációk speciális tulajdonságaitól is. A baseline számítás kereteinek meghatározásakor fontos a projekt megvalósítás során alkalmazott technológiai rendszerek pontos ismerete, továbbá, hogy a bevezetésre kerülő rendszerben hol és milyen mennyiségben valósul meg a nettó üvegházhatású gáz kibocsátás csökkentése (CARBON GOLD, 2009).

### ***Technológia/mérés***

A kalkulációs adatok és az egyéb kibocsátásokat meghatározó körülmények feltárásakor ismernünk kell az alkalmazott technológia minden egyes részletét és elemét, hiszen az emissziós pontok meghatározása alapvető részfeladat. Az input és output adatok, a gazdálkodási módszer, a nettó GHG kibocsátást meghatározó projekt elemek, a lehetséges csökkentési területek ismerete a kezdeti modell felállításakor elsődleges szempont. A nettó GHG kibocsátások jellemzően a szántóföldi művelési tevékenységekből fakadnak (talajkezelés, növénykultúra, alapanyagként használ biomassza, géppark...stb.), de ide tartozik a talajban felhalmozódott szén-dioxid készlet is (CARBON GOLD, 2009).

### ***Határértékek***

A baseline kalkulációk során célszerű a projekt megvalósítás körülményeinek felvázolása, mivel a mérés alapjául szolgáló fontos adatok meghatározottak a területi, környezeti, technológiai...stb. körülmények által. A területi lehatárolás során bemutatásra kerülnek azon fontos helyszínek, ahol a projektmegvalósítás, termék előállítás, szállítás és ezáltal a „kibocsátások” történnek. Az időbeli lehatárolás is fontos mivel az alapvonalai kibocsátás csökkentés nem értelmezhető adott vizsgálati időintervallum nélkül (CARBON GOLD, 2009).



### ***Területi és időbeli lehatárolás***

A területi lehatárolásnál meg kell határozni a növényi alapanyagok (szármaradványok) és biomassza előállításának helyét, a projekt megvalósításának elvetése esetén, hol zajlik az alapanyagok felhasználása, megsemmisítése, illetve az elhelyezés; a pirolízissel történő felhasználás esetén, a pirolízis üzem területi elhelyezkedését; a pirolizált anyagok tárolási helyét; azt a területet, ahol a pirolizált anyagokat alkalmazzák; az előállítás (pirolízis) és az alkalmazási terület közötti útvonalakat (CARBON GOLD, 2009). Az időbeli lehatárolásnál a projekttevékenység vizsgálati intervallumát határozzuk meg.

### ***A baseline számítás módszertana***

Ebben a fejezetben kerül meghatározásra az a lehetséges módszertan melyet alkalmazhatunk a hazai bioszén projektek alapvonalai kibocsátásának meghatározásához. Ezek a jelenleg elérhető nemzetközi módszertanok alapján kerültek kialakításra, oly módon, hogy a hazai rendszerekbe is könnyen integrálhatóak legyenek. Tartalmazzák a baseline számítási módszerek legfontosabb elemeit, kiemelten koncentrálna a hazai technológiai rendszerek sajátos tulajdonságaira. A kialakított számítási metódus a következő elemeket foglalja magába (a jobb érthetőség kedvéért a képletek komponensei magyar nyelven lettek meghatározva, az eredeti leírás a cikk végén lévő rövidítések jegyzékében látható):

#### Teljes nettó GHG elkerülés a projektben

A projekt által elérhető nettó GHG elkerülés számítása a projekt nélküli eset és a megvalósítás során megvalósuló kibocsátási értékek összevetésével történik, belekalkulálva az esetleges szivárgásokat (CARBON GOLD, 2009).

$$\mathbf{PR}_{,y} = \mathbf{Cnet}_{,y} - \mathbf{Cbsl}_{,y} - \mathbf{Ly}$$

Ahol:

$PR_{,y}$  = a projekt által elért teljes nettó antropogén GHG elkerülés évente (tCO<sub>2</sub>e)

$Cnet_{,y}$  = a projekttevékenység eredményeképp elért éves nettó GHG elkerülés ( tCO<sub>2</sub>e/év)

$Cbsl_{,y}$  = alapvonal GHG elkerülés (tCO<sub>2</sub>e/év)

$Ly$  = projekttevékenység során létrejött szivárgás a vizsgált évben (tCO<sub>2</sub>e/év)

#### Nettó GHG elkerülés a projekttevékenység által

A nettó GHG elkerülés mértéke számszerűsíthető az elkerülési és megkötési hányadok értékének és az éves kibocsátási mennyiség különbségének meghatározásával (Carbon Gold, 2009).

$$\mathbf{Cnet}_{,y} = \mathbf{Csequest}_{,y} - \mathbf{PEy}$$

Ahol:

$Cnet_{,y}$  = a projekttevékenység eredményeképp elért éves nettó GHG elkerülés ( tCO<sub>2</sub>e/év)

$Csequest_{,y}$  = GHG elkerülés a vizsgált évben ( tCO<sub>2</sub>e/év)

$PEy$  = projekt általi kibocsátás a vizsgált évben ( tCO<sub>2</sub>e/év)

#### GHG elkerülés a projekttevékenység által

A projekttevékenység által elért szén-dioxid kibocsátás elkerülés a talajban megkötött szén-dioxid mennyiségre értendő (CARBON GOLD, 2009).

$$\mathbf{Csequest,y = Qresidue,y * CCresidue,y * SCcarbon-CO2}$$

Ahol:

Csequest,y = GHG elkerülés a vizsgált évben ( tCO<sub>2</sub>e/év)

Qresidue,y = a pirolizált anyagok mennyisége a vizsgált évben (tonna)

CCresidue,y = a pirolizált anyagok átlagos állandó/fix szén tartalma a vizsgált évben (%)

SCcarbon-CO<sub>2</sub>= Isztöchiometriai átalakítás szénből szén-dioxiddá (44/12)

### Projekttevékenység által okozott kibocsátás

A projekttevékenység által okozott kibocsátás a következő elemekből tevődik össze:

- a) CO<sub>2</sub>-kibocsátás a nem biogén eredetű pirolizálható szerves anyagok (növényi maradványok és egyéb biomassza) révén
- b) CO<sub>2</sub>-kibocsátás a pirolízis létesítményben használt kisegítő fosszilis tüzelőanyagok használatából
- c) CO<sub>2</sub>-kibocsátás az alapanyag begyűjtésből és szállításból adódóan, illetve tárolási és alkalmazási folyamatok révén
- d) CO<sub>2</sub>-kibocsátás gépek használatából adódóan
- e) CO<sub>2</sub>-kibocsátás a fosszilis tüzelőanyagok és / vagy fogyasztott villamos energia révén (létesítmények, berendezések)

A projektfolyamatok során okozott kibocsátási értékek kiszámítása a következő részekre kell, hogy kiterjedjen: pirolízisből származó emisszió, kiegészítő tevékenységek fosszilis tüzelőanyag felhasználásából adódó emisszió, szállításból származó kibocsátás, gépek által okozott emisszió, káros anyag kibocsátás egyéb forrásokból (CARBON GOLD, 2009).

### Projekt általi kibocsátás éves szintje (y)

$$\mathbf{PEy = PEpyrol,y + PEfuel,y + PEtran,y + PEmach,y + PEother,y}$$

Ahol:

PEy = projekt általi kibocsátás, a vizsgált évben (tCO<sub>2</sub>e)

PEpyrol,y = pirolízisből származó kibocsátás a vizsgált évben, nem beleértve a biogén szerves anyagok általi kibocsátást (tCO<sub>2</sub>e)

PEfuel,y = a pirolízis létesítményben felhasznált fosszilis üzemanyagok égéséből származó kibocsátás, a vizsgált évben (tCO<sub>2</sub>e)

PEtran,y = a begyűjtésből és szállításból származó kibocsátás, a vizsgált évben (tCO<sub>2</sub>e)

PEmach,y = a pirolízishez használt berendezések kibocsátása, a vizsgált évben (tCO<sub>2</sub>e)

PEother,y = a projekt létesítményeiben történő egyéb üzemanyag és áram felhasználásából származó kibocsátás, a vizsgált évben (tCO<sub>2</sub>e)

### Pirolízisből származó kibocsátás

Első lépés:

$$\mathbf{PEpyrol,y = Q1emissions,y + Q2emissions,y \dots + Qnemissions,y}$$

Ahol:

Q1emissions,y = a pirolízis során kezelt 1. típusú nem-biogén anyagokból származó kibocsátás, a vizsgált évben (tCO<sub>2</sub>e)

Q2emissions,y = a pirolízis során kezelt 2. típusú nem-biogén anyagokból származó kibocsátás, a vizsgált évben (tCO<sub>2</sub>e)

Qnemissions,y = a pirolízis során kezelt n. típusú nem-biogén anyagokból származó kibocsátás, a vizsgált évben (tCO<sub>2</sub>e)

Második lépés:

$$Q_{\text{emissions},y} = Q_{\text{material},y} * NCV_{\text{material}} * EF_{n\text{-bmaterial}}$$

Ahol:

$Q_{\text{material},y}$  = a felhasznált anyagok mennyisége, a vizsgált évben (1 vagy kg)

$NCV_{\text{material}}$  = a felhasznált anyagok nettó energia értéke (MJ/1 vagy MJ/kg)

$EF_{n\text{-bmaterial}}$  = a felhasznált anyagok CO<sub>2</sub> kibocsátási tényezője (tCO<sub>2</sub>/MJ)

vagy,

$$PE_{\text{pyrol},y} = Q_{n\text{-bmaterial},y} * \frac{QC_{CO_2,pyro,y}}{Q_{\text{total},y}}$$

Ahol:

$Q_{n\text{-bmaterial},y}$  = a nem biogén eredetű pirolizált anyagok mennyisége, a vizsgált évben (tonna)

$Q_{\text{total},y}$  = a pirolizált anyagok mennyisége, a vizsgált évben (tonna)

$QC_{CO_2,pyro,y}$  = a pirolízis során kibocsátott CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2e</sub>)

Amennyiben a pirolízis során nem használnak fel nem biogén anyagokat, akkor a  $PE_{\text{pyrol},y} = 0$ .

#### A fosszilis üzemanyag felhasználásból származó kibocsátás

$$PE_{\text{fuel},y} = Q_{\text{fuel},y} * NCV_{\text{fuel}} * EF_{\text{fuel}}$$

Ahol:

$Q_{\text{fuel},y}$  = az elégetett fosszilis üzemanyagok mennyisége, a vizsgált évben (1 vagy kg)

$NCV_{\text{fuel}}$  = a felhasznált fosszilis üzemanyagok nettó energia értéke (MJ/1 vagy MJ/kg)

$EF_{\text{fuel}}$  = a felhasznált fosszilis üzemanyagok CO<sub>2</sub> kibocsátási tényezője (tCO<sub>2</sub>/MJ)

#### Szállításból adódó kibocsátás

$$PE_{\text{tran},y} = Q_{\text{transfuel},y} * NCV_{\text{transfuel}} * EF_{\text{transfuel}}$$

Ahol:

$Q_{\text{transfuel},y}$  = a szállítás során felhasznált üzemanyagok mennyisége, a vizsgált évben (1 vagy kg)

$NCV_{\text{transfuel}}$  = a szállításhoz használt üzemanyag nettó energia értéke (MJ/1 vagy MJ/kg)

$EF_{\text{transfuel}}$  = a szállításhoz felhasznált üzemanyagok CO<sub>2</sub> kibocsátási tényezője (tCO<sub>2</sub>/MJ)

#### A géppark működtetéséből származó kibocsátás

$$PE_{\text{mach},y} = Q_{\text{machfuel},y} * NCV_{\text{machfuel}} * EF_{\text{machfuel}}$$

Ahol:

$Q_{\text{machfuel},y}$  = a géppark működtetése során elégetett üzemanyag mennyisége, a vizsgált évben (1 vagy kg)

$NCV_{\text{machfuel}}$  = a felhasznált üzemanyag nettó energia értéke (MJ/1 vagy MJ/kg)

$EF_{\text{machfuel}}$  = a felhasznált üzemanyagok CO<sub>2</sub> kibocsátási tényezője (tCO<sub>2</sub>/MJ)

#### Egyéb forrásból származó kibocsátás

$$PE_{\text{other},y} = Q_{\text{otherfuel},y} * EF_{\text{otherfuel}}$$

Ahol:

$Q_{\text{otherfuel},y}$  = a géppark működtetése során elégetett üzemanyag mennyisége, a vizsgált évben (1 vagy kg)

$EF_{\text{otherfuel}}$  = a felhasznált üzemanyagok CO<sub>2</sub> kibocsátási tényezője (tCO<sub>2</sub>/MJ)

vagy,

$$PE_{other,y} = Q_{elec,y} * E_{Felec}$$

Ahol:

$Q_{elec,y}$  = a felhasznált hálózati villamos energia mennyisége, a vizsgált évben (kWh)

$E_{Felec}$  = súlyozott átlaggal számolt kibocsátási tényező a felhasznált hálózati villamos energia tekintetében, figyelembe véve a jelenlegi generációs energiamixet, a vizsgált évben, melyben az energia felhasználásra került (kgCO<sub>2e</sub>/kWh)

### Alapvonal GHG elkerülés

A projekt nélküli alaphelyzetben, a felhalmozódó növényi maradványok bomlásából adódó szén-dioxid emisszió értékét kell figyelembe venni, illetve, hogy ebben az esetben mekkora a talajban megkötött szén-dioxid mennyisége.

Ezen körülmények fennállását (azaz a projekt nélküli eset körülményeit) bizonyos igazoló dokumentációval alá kell támasztani. Ilyenek lehetnek:

- a) műholdas képek, illetve egyéb távérzékelési adatok
- b) helyi, regionális vagy nemzeti mezőgazdasági leltárok, szakmai anyagok vagy tudományosan lektorált tanulmányok (CARBON GOLD, 2009).

### Nettó alapvonal GHG elkerülés

A nettó alapvonal GHG elkerülés kiszámításakor az összes alapvonal emisszió elkerülés és az alapvonal kibocsátás különbségét számoljuk (CARBON GOLD, 2009).

$$BC_{net,y} = BC_{sequest,y} - BE_y$$

Ahol:

$BC_{net,y}$  = a baseline scenárió szerinti nettó GHG elkerülés, a vizsgált évben (tCO<sub>2e</sub>)

$BC_{sequest,y}$  = a baseline scenárió szerinti GHG elkerülés, a vizsgált évben (tCO<sub>2e</sub>)

$BE_y$  = alapvonal kibocsátás, a vizsgált évben (tCO<sub>2e</sub>)

### Alapvonal GHG elkerülés

Az alapvonal GHG elkerülési szint meghatározásakor számításba vesszük a szerves anyagok és a talaj által megkötött szén-dioxid mennyiségeket, a különböző technológiai feltételek figyelembe vételével (CARBON GOLD, 2009).

### **Alapvonal kibocsátás kalkulációja a szerves anyagok és szármadaradványok elégetése során létrejövő kibocsátás számításához**

$$BC_{sequest,y} = Q_{DOM,residue,y} * C_{DOM,residue,y} * S_{Ccarbon-CO2}$$

Ahol:

$BC_{sequest,y}$  = GHG elkerülés, a vizsgált évben (tCO<sub>2e</sub>)

$Q_{DOM,residue,y}$  = a holt szerves anyag mennyisége az égetés után, a vizsgált évben (tonna)

$C_{DOM,residue,y}$  = a holt szerves anyagok átlagos szén tartalma, a vizsgált évben (%)

$S_{Ccarbon-CO2}$  = sztöchiometriai átalakulás szénből szén-dioxiddá (44/12)

Az égetés után fennmaradt, holt szerves anyagok mennyiségét a pirolízishez begyűjtött holt szerves anyagok mennyisége és azon holt szerves anyagok mennyisége határozza meg, melyeket nem égetünk el. Tehát a holt szerves anyagok mennyisége az égetés után, a vizsgált évben:

$$QDOM, \text{residue}, y = QDOM, y * f \text{ BL}, DOM$$

Ahol:

$QDOM, y$  = a pirolízishez begyűjtött holt szerves anyagok mennyisége, a vizsgált évben (tonna)

$f \text{ BL}, DOM$  = a bomlásnak indult holt szerves anyagok átlagos mennyisége az égetés után, alapértelmezett érték 0.4

### Alapvonalai kibocsátás kalkulációja a szerves anyagok és szármadaradványok bomlása során létrejövő kibocsátás számításához

A holt szerves anyagok és a talajban lévő szerves anyagok általi szén megkötés, a vizsgált évben:

$$BC\text{sequest}, y = \Delta CDOM, y + \Delta CSOM, y$$

Ahol:

$BC\text{sequest}, y$  = alapvonalai GHG elkerülés a vizsgált évben (tCO<sub>2</sub>e)

$\Delta CDOM, y$  = átlagos változás a szénkészletekben, a vizsgált évben (a bioszén előállításához betakarított biomassa holt szerves anyag tartalma, tCO<sub>2</sub>e )

$\Delta CSOM, y$  = átlagos változás a szénkészletekben, a vizsgált évben (a talajban lévő szerves anyagok mennyisége, tCO<sub>2</sub>e )

### Alapvonalai kibocsátás

Ha nincsen szignifikáns alapvonalai kibocsátási forrás a baseline scenárió szerint, akkor az alapértelmezés szerint a kibocsátás értéke 0 (CARBON GOLD, 2009).

$$BEy = BE1\text{emissions}, y + BE2\text{emissions}, y \dots + BE\text{nemissions}, y$$

Ahol:

$BE1\text{emissions}, y$  = az 1. emissziós forrásból származó kibocsátás a vizsgált évben (tCO<sub>2</sub>e)

$BE2\text{emissions}, y$  = az 2. emissziós forrásból származó kibocsátás a vizsgált évben (tCO<sub>2</sub>e)

$BE\text{nemissions}, y$  = az n. emissziós forrásból származó kibocsátás a vizsgált évben (tCO<sub>2</sub>e)

### Szivárgás

A szivárgások feltárása fontos a baseline számítások elvégzésekor, ugyanis ezen részek befolyásolják (pozitívan vagy negatívan) a kapott végeredményt. Ide kell érteni egyes esetekben a projekt hatályán kívül eső szegmenseket. Például abban az esetben, ha a pirolízis berendezés használata nem kizárólagosan a projekttevékenységekre korlátozódik, vagy a megtermelt bio szenet más platformokon is hasznosítják, szintén a projekt tevékenységen kívül (CARBON GOLD, 2009).

## **Eredmények**

### ***A baseline kalkuláció során figyelembe vett kibocsátási források és kibocsátott üvegházhatású gázok összesítése***

Összesítő táblázat (1. táblázat) a lehatárolás során figyelembe vett gázokról és forrásokról, illetve kiegészítő magyarázatok azon esetekről, melyeknél az egyes kibocsátott üvegházhatású gázok nem kerültek bele a számításba.

1. táblázat: **Baseline kalkulációs adatok meghatározása**

	<b>Forrás</b>	<b>Gáz</b>	<b>Magyarázat</b>
<b>Baseline</b>	A szármadarványok és egyéb biomasszák bomlásából származó emisszió	CO <sub>2</sub>	nem beleértve Nem számszerűsítjük, mivel a módszertan közvetlenül a szerves anyagok szén-dioxid megkötésén alapul.
		CH <sub>4</sub>	nem beleértve A metán kibocsátás kisebb, mint a szén-dioxidé. Nem vesszük figyelembe.
		N <sub>2</sub> O	nem beleértve A dinitrogén-oxid kibocsátás kisebb, mint a szén-dioxidé. Nem vesszük figyelembe.
	A szármadarványok és egyéb biomasszák égéséből származó emisszió	CO <sub>2</sub>	nem beleértve Nem számszerűsítjük, mivel a módszertan közvetlenül a szerves anyagok szén-dioxid megkötésén alapul.
		CH <sub>4</sub>	nem beleértve A metán kibocsátás kisebb, mint a szén-dioxidé. Nem vesszük figyelembe.
		N <sub>2</sub> O	nem beleértve A dinitrogén-oxid kibocsátás kisebb, mint a szén-dioxidé. Nem vesszük figyelembe.
	A fix széntartalmú maradványok (szerves anyagok) emisszió elkerülése	CO <sub>2</sub>	beleértve Az emisszió megkötés fő forrása.
		CH <sub>4</sub>	nem beleértve Feltételezzük, hogy a metán megkötés 0.
		N <sub>2</sub> O	nem beleértve Feltételezzük, hogy a dinitrogén-oxid megkötés 0.
	A baseline gyakorlatokhoz kapcsolódó egyéb emissziók	CO <sub>2</sub>	beleértve Nem valószínű, hogy az alapvonalai tevékenységek részéről meghatározó emisszió történne. Kizárólag akkor vesszük figyelembe, ha vannak adatok erre vonatkozóan.
		CH <sub>4</sub>	beleértve Nem valószínű, hogy az alapvonalai tevékenységek részéről meghatározó emisszió történne. Kizárólag akkor vesszük figyelembe, ha vannak adatok erre vonatkozóan.
		N <sub>2</sub> O	beleértve Nem valószínű, hogy az alapvonalai tevékenységek részéről meghatározó emisszió történne. Kizárólag akkor vesszük figyelembe, ha vannak adatok erre vonatkozóan.
<b>Projekttevékenység</b>	A bioszén fix széntartalmából adódó emisszió elkerülés	CO <sub>2</sub>	beleértve Az emisszió elkerülés fő forrása.
		CH <sub>4</sub>	nem beleértve Feltételezzük, hogy a metán megkötés 0.
		N <sub>2</sub> O	nem beleértve Feltételezzük, hogy a dinitrogén-oxid megkötés 0.
	A pirolízisből adódó emisszió	CO <sub>2</sub>	beleértve A nem biogén szén-dioxid emisszió GWP értéke 1.
		CH <sub>4</sub>	nem beleértve Az emisszió értéke elhanyagolható.
		N <sub>2</sub> O	nem beleértve Az emisszió értéke elhanyagolható.
	A szállításból és a bioszén alkalmazásából adódó emisszió	CO <sub>2</sub>	beleértve A szállítás jelentős forrása a szén-dioxid emisszióknak.
		CH <sub>4</sub>	nem beleértve Az emisszió értéke elhanyagolható.
		N <sub>2</sub> O	nem beleértve Az emisszió értéke elhanyagolható.
	Az elektromos áram és a fosszilis üzemanyagok felhasználásából adódó emisszió	CO <sub>2</sub>	beleértve Az elektromos áram és fosszilis üzemanyag felhasználás jelentős forrása a szén-dioxid emisszióknak.
		CH <sub>4</sub>	nem beleértve Az emisszió értéke elhanyagolható.
		N <sub>2</sub> O	nem beleértve Az emisszió értéke elhanyagolható.

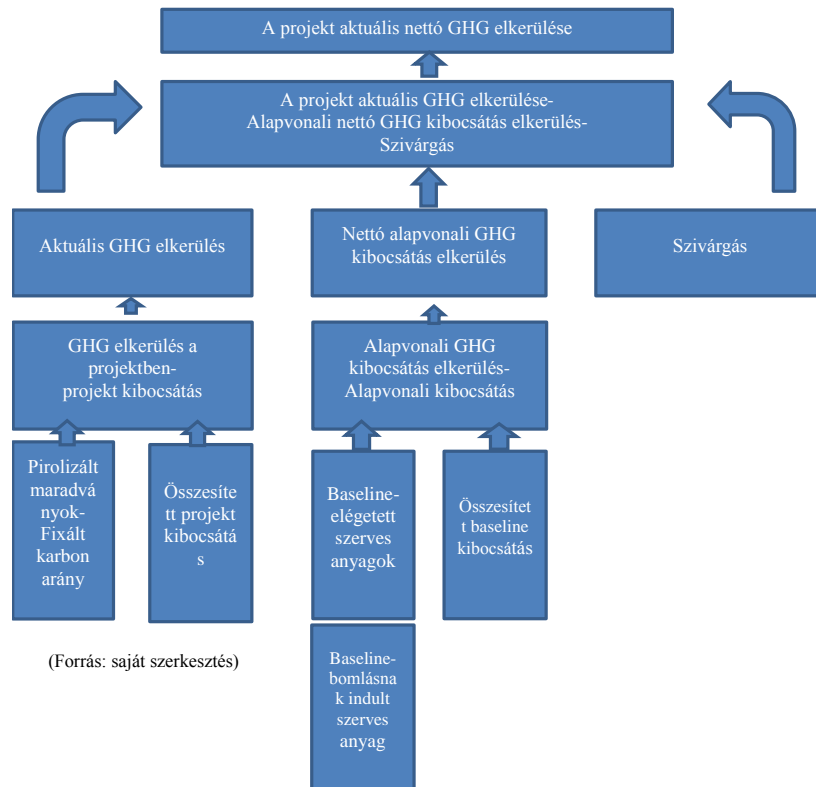
Forrás: saját szerkesztés

A fenti táblázatban összefoglalásra került az alapvonalai kibocsátás számításához szükséges adatok köre, mely jól bemutatja, hogy a kibocsátott üvegházhatású gázok közül melyeket, mikor vesszük bele a módszertanba, adott technológiai körülmények alkalmazása során. Ezen adatok kiegészülhetnek egyéb mérési szempontokkal, amennyiben azt az adott technológiai és termelési paraméterek indokolják. Az anyag végén olvashatunk egyéb számítási módszertani sajátosságokról, melyek a szerint változnak, hogy milyen rendszerben működtetjük a projekt elemeket. Eltérő vizsgálati helyzeteket generálhatnak a különböző területi és időbeli sajátosságok is illetve a bevezetésre kerülő technológiák is befolyásolják a projekt tevékenység által elért csökkentések mértékét.

## A nettó kibocsátás-csökkentés számszerűsítéséhez alkalmazott folyamatok

A fenti folyamatábra (6. ábra) átfogóan ábrázolja a projekt során felmerülő GHG emissziókat és a kibocsátás elkerülési részpontokat. A mérést általában éves szinten végzik, tehát az kikerülő adatok az adott évi GHG kibocsátásokat és elkerüléseket mutatják.

A projekt aktuális nettó GHG elkerülésének értékelemzése (éves szinten)



6. ábra: A projekt aktuális nettó GHG elkerülésének értékelemzése (éves szinten)

Forrás: Saját szerkesztés

### Adatfelvétel módja a kibocsátási alapszint (baseline) megállapítására

**Eljárásmód 1:** Az elmúlt években (előre meghatározott, a vizsgálati kritériumoknak megfelelően megadott időintervallum) alkalmazott termelési gyakorlat hitelesíthető és pontos információinak megadásával (gazdálkodási napló alapján).

Az elmúlt évekre visszamenőlegesen rögzített pontos és hitelesíthető információkkal rendelkezik a gazda, így az összes vizsgált év adatát tudja feltölteni a kalkulációt végző rendszerbe a gazdanapló alapján. Így az évek átlagaként generálódik a kibocsátási alapszint, mely kötelezően szakértővel egyeztetve, véglegesíthető. A meghatározott éves adatsor lesz a kibocsátási alapszint kalkulált értéke.

Tényadatok: hitelesített adatsor alapján, évenként beírva a pontos adatokat.

**Eljárásmód 2:** Az elmúlt években alkalmazott termelési gyakorlat információinak megadása adathiány esetén és szakértői becsléssel felépítve.

Ebben az esetben az átlagos körülmények közötti gazdálkodás esetén alkalmazott tevékenységeket, kijuttatott inputokat kell megadni. Ebbe a kategóriába tartozik az az eset is,

amelynél feltételezhető, hogy a projekt elmaradása esetén egy rosszabb technológiára lesz kénytelen átállni a gazdálkodó (pl. nem tud eszközparkot fejleszteni, olcsóbb, környezetre ártalmasabb anyagokat lesz kénytelen használni, stb.). Némely esetben a rendszer javaslatot tesz inputokra vonatkozóan. Ezek az adatok az adott termeléshez szükséges minimumokat adja meg, tehát ezektől kedvezőtlenebb érték beírása rossz gazdálkodási gyakorlatnak felel meg, így célszerű ezen értékekkel számolni.

Tényadatok: BAU (business as usual) szerint éves kalkulált adatsor a kibocsátási alapszint, ebben az eljárás módban 50% hitelesíthető adat megléte esetén, a maradék 50% adatok szakértői becsléssel együtt való kalkulációként érvényes (ELSŐ MAGYAR KARBONGAZDÁLKODÁSI Kft., 2012).

### **Következtetések**

Összességében elmondható, hogy a jelenkori kihívásoknak megfelelő projektek adaptációja elengedhetetlen a fenntartható fejlődés kritériumainak való megfelelésben. A bioszén termékek a világ minden területén alkalmazhatóak és könnyen beintegrálhatóak a termelési rendszerekbe, előnyei megkérdőjelezhetetlenek. Az életciklus elemzés eredményei is pozitívak, a termelési és felhasználási fázisban is alacsony környezeti terheléssel lehet kalkulálni. Ezen felül a termék, mint olyan sajátos specifikumai is biztosítják az alacsony szén-dioxid kibocsátású termelést. A fent bemutatott baseline számítási módszer is ezt hivatott bizonyítani a döntéshozók és alkalmazók felé. Kétséget kizáróan alkalmas lehet a fenntartható mezőgazdasági rendszerek kialakításához és a körforgásos gazdaság újszerű kihívásainak való megfelelésre is.



## Rövidítések jegyzéke

**1.  $PR,y = Cnet,y - Cbsl,y - Ly$**

$PR,y$  = Is the total net anthropogenic GHG removals achieved by the project in year  $y$  (tCO<sub>2</sub>e)

$Cnet,y$  = Is the net GHG removals as a result of the project activity in year  $y$  (tCO<sub>2</sub>e/year)

$Cbsl,y$  = Is the baseline GHG removals (tCO<sub>2</sub>e/year)

$Ly$  = Is the leakage attributable to the project activity at time  $y$  (tCO<sub>2</sub>e/year)

**2.  $Cnet,y = Csequest,y - PEy$**

$Cnet,y$  = Is the net GHG removals as a result of the project activity in year  $y$  (tCO<sub>2</sub>e/year)

$Csequest,y$  = Is the GHG removals in year  $y$  (tCO<sub>2</sub>e/year)

$PEy$  = Is the project emissions in year  $y$  (tCO<sub>2</sub>e)

**3.  $Csequest,y = Qresidue,y * CCresidue,y * SCcarbon-CO2$**

$Csequest,y$  = Is the GHG removals in year  $y$  (tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent)

$Qresidue,y$  = Is the quantity of pyrolysed residue in year  $y$  (tonnes)

$CCresidue,y$  = Is the average fixed carbon content of pyrolysed residue in year  $y$

$SCcarbon-CO2$  = Is the stoichiometric conversion from carbon to CO<sub>2</sub> (44/12)

**4.  $PEy = PEpyrol,y + PEfuel,y + PEtran,y + PEmach,y + PEother,y$**

$PEy$  = Is the project emissions during the year  $y$  (tCO<sub>2</sub>e)

$PEpyrol,y$  = Is the emissions from the pyrolysis process in year  $y$  excluding emissions from biogenic organic material (tCO<sub>2</sub>e)

$PEfuel,y$  = Is the emissions from auxiliary fossil fuel combustion by the pyrolysis facility in year  $y$  (tCO<sub>2</sub>e)

$PEtran,y$  = Is the emissions due to collection and transportation in year  $y$  (tCO<sub>2</sub>e)

$PEmach,y$  = Is the emissions from the use of machinery to apply the pyrolysis residues in year  $y$  (tCO<sub>2</sub>e)

$PEother,y$  = Is the emissions from other fuel or electricity consumption by the project activity facilities in year  $y$  (tCO<sub>2</sub>e)

**5.  $PEpyrol,y = Q1emissions,y + Q2emissions,y + \dots + Qnemissions,y$**

$Q1emissions,y$  = Is the emissions from a 1st type of non-biogenic material treated in the pyrolysis process in year  $y$  (tCO<sub>2</sub>e)

$Q2emissions,y$  = Is the emissions from a 2nd type of non-biogenic material treated in the pyrolysis process in year  $y$  (tCO<sub>2</sub>e)

$Qnemissions,y$  = Is the emissions from an  $n$ th type of non-biogenic material treated in the pyrolysis process in year  $y$  (tCO<sub>2</sub>e)

**6.  $Qemissions,y = Qmaterial,y * NCVmaterial * EFn-bmaterial$**

$Qmaterial,y$  = Is the quantity of material in year  $y$  (l or kg)

$NCVmaterial$  = Is the net caloric value of the material (MJ/l or MJ/kg)

$EF_{n-bmaterial}$  = Is the CO<sub>2</sub> emissions factor of the material (tCO<sub>2</sub>/MJ)

**7.  $PEpyrol,y = Qn-bmaterial,y * \frac{QCO2,,pyro,y}{Qtotal,y}$**

$Qn-bmaterial,y$  = Is the quantity of non-biogenic material pyrolysed in the year  $y$  (tonnes)

$Qtotal,y$  = Is the total quantity of material pyrolysed in the year  $y$  (tonnes)

$QCO2,,pyro,y$  = Is the CO<sub>2</sub> emitted by the pyrolysis process in the year  $y$  (tCO<sub>2</sub>e)

If no non-biogenic materials are pyrolysed the value for  $PEpyrol,y$  will be zero

**8.  $PEfuel,y = Qfuel,y * NCVfuel * EFFuel$**

$Qfuel,y$  = Is the quantity of fossil fuel combusted in year  $y$  (l or kg)

$NCVfuel$  = Is the net caloric value of the fossil fuel (MJ/l or MJ/kg)

$EFFuel$  = Is the CO<sub>2</sub> emissions factor of the fossil fuel (tCO<sub>2</sub>/MJ)

**9.  $PE_{tran,y} = Q_{transfuel,y} * NCV_{transfuel} * EF_{transfuel}$**

$Q_{transfuel,y}$  = Is the quantity of transport fuel combusted in year y (l or kg)

$NCV_{transfuel}$  = Is the net caloric value of the transport fuel (MJ/l or MJ/kg)

$EF_{transfuel}$  = Is the CO<sub>2</sub> emissions factor of the transport fuel (tCO<sub>2</sub>/MJ)

**10.  $PE_{mach,y} = Q_{machfuel,y} * NCV_{machfuel} * EF_{machfuel}$**

$Q_{machfuel,y}$  = Is the quantity of fuel combusted by machinery in year y (l or kg)

$NCV_{machfuel}$  = Is the net caloric value of the fuel (MJ/l or MJ/kg)

$EF_{machfuel}$  = Is the CO<sub>2</sub> emissions factor of the fuel (tCO<sub>2</sub>/MJ)

**11.  $PE_{other,y} = Q_{otherfuel,y} * EF_{otherfuel}$**

$Q_{otherfuel,y}$  = Is the quantity of fuel combusted by machinery in year y (l or kg)

$EF_{otherfuel}$  = Is the CO<sub>2</sub> emissions factor of the fuel (tCO<sub>2</sub>/MJ)

**12.  $PE_{other,y} = Q_{elec,y} * E_{Felec}$**

$Q_{elec,y}$  = Is the grid electricity consumed in year y (kWh)

$E_{Felec}$  = Is the weighted average emissions factor for grid electricity of the current generation mix for the year in which the electricity is consumed (kgCO<sub>2e</sub>/kWh)

**13.  $BC_{net,y} = BC_{sequest,y} - BE_y$**

$BC_{net,y}$  = Is the net GHG removals in the baseline scenario in year y (tCO<sub>2e</sub>)

$BC_{sequest,y}$  = Is the GHG removals in the baseline scenario in year y (tCO<sub>2e</sub>)

$BE_y$  = Is the baseline emissions in year y (tCO<sub>2e</sub>)

**14.  $BC_{sequest,y} = Q_{DOM,residue,y} * CC_{DOM,residue,y} * SC_{carbon-CO2}$**

$BC_{sequest,y}$  = Is the GHG removals in year y (tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent)

$Q_{DOM,residue,y}$  = Is the quantity of DOM residue after burning in year y (tonnes)  $CC_{DOM,residue,y}$  = Is the average carbon content of DOM residue in year y (%)

$SC_{carbon-CO2}$  = Is the stoichiometric conversion from carbon to CO<sub>2</sub> (44/12)

**15.  $Q_{DOM,residue,y} = Q_{DOM,y} * f_{BL,DOM}$**

$Q_{DOM,y}$  = Quantity of DOM collected for pyrolysis in year y (tonnes)

$f_{BL,DOM}$  = Average fraction of DOM left to decay after burning of DOM stocks, default value 0.4

**16.  $BC_{sequest,y} = \Delta CDOM,y + \Delta CSOM,y$**

$BC_{sequest,y}$  = Is the baseline GHG removals in year y (tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent)

$\Delta CDOM,y$  = Average annual change in carbon stocks in the baseline DOM pool attributable to biomass that would be harvested for bioszén under the project scenario, allocated to year y; tCO<sub>2e</sub>

$\Delta CSOM,y$  = Average annual change in carbon stocks in the baseline SOM pool attributable to biomass that would be harvested for bioszén under the project scenario, allocated to year y; tCO<sub>2e</sub>

**17.  $BE_y = BE_{1emissions,y} + BE_{2emissions,y} + \dots + BE_{nemissions,y}$**

$BE_{1emissions,y}$  = Is the emissions from a 1st emissions source in year y (tCO<sub>2e</sub>)  $BE_{2emissions,y}$  = Is the emissions from a 2nd emissions source in year y (tCO<sub>2e</sub>)  $BE_{nemissions,y}$  = Is the emissions from an nth emissions source in year y (tCO<sub>2e</sub>)

## Hivatkozott források

AMERICAN CARBON REGISTRY: Methodology for Biochar projects, 2010

BÖRÖCZ et. al. (2016): Evaluation of biochar lifecycle processes and related lifecycle assessments, Hungarian Agricultural Engineering,

- BESS OUKO CLAUDIA (2014): Development of a LCA Screening Tool: Assessment of Biochar in the Removal of Organic Carbon in SAGD Produced Water, [http://theses.ucalgary.ca/bitstream/11023/1349/2/ucalgary\\_2014\\_bess-ouko\\_claudia.pdf](http://theses.ucalgary.ca/bitstream/11023/1349/2/ucalgary_2014_bess-ouko_claudia.pdf)
- BRIDGWATER A.V. (2002), Springer, Chemical Engineering Journal 4056 (2002) 1–16, Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass, [https://www.researchgate.net/publication/204978509\\_Bridgwater\\_A.V.\\_Renewable\\_fuels\\_and\\_chemicals\\_by\\_thermal\\_processing\\_of\\_biomass.\\_Chem.\\_Eng.\\_J.\\_91\\_87-102](https://www.researchgate.net/publication/204978509_Bridgwater_A.V._Renewable_fuels_and_chemicals_by_thermal_processing_of_biomass._Chem._Eng._J._91_87-102)
- BROWNSORT P. A.: (2009): Biomass pyrolysis processes: performance parameters and their influence on biochar system benefits. Master thesis, University of Edinburgh.
- CARBON GOLD (2009): General Methodology for Quantifying the Greenhouse Gas Emission Reductions from the Production and Incorporation into Soil of Biochar in Agricultural and Forest Management Systems, 2009
- CDM EXECUTIVE BOARD (2013): Approved baseline and monitoring methodology AM0041,- “Mitigation of Methane Emissions in the Wood Carbonization Activity for Charcoal Production, 2013
- DEMIRBAS, A. (2001). Carbonization ranking of selected biomass for charcoal, liquid and gaseous products. Energy Conversion and Management. 42, 1229-1238.
- DUTTA B. – RAGHAVAN V. (2014), A life cycle assessment of environmental and economic balance of biochar systems in Quebec, Springer, Int J Energy Environ Eng (2014) 5:106, DOI 10.1007/s40095-014-0106-4
- ELSŐ MAGYAR KARBONGAZDÁLKODÁSI Kft. (2012): „Mezőgazdasági emisszió-kibocsátás csökkentés részleges nitrogén műtrágya cserével és talajművelés váltással” tervdokumentum, 2012
- ELSŐ MAGYAR KARBONGAZDÁLKODÁSI Kft. (2012): The Gold Standard Methodology Increasing Soil Carbon Through Improved Tillage Practices, 2014
- GaBi software, <http://www.gabi-software.com/hungary/index/>
- HAMMOND J. (2009), The best use of biomass? Greenhouse gas life cycle analysis of predicted pyrolysis biochar systems, <https://www.era.lib.ed.ac.uk/bitstream/handle/1842/3114/Hammond%20JAR%20Msc%202009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IFU HAMBURG (Umberto), <http://www.ifu.com/en/>
- INTERREG IVB project, Biochar Life Cycle Analysis of Bioszén Production and Utilization <http://www.bioszén-interreg4b.eu/images/file/WP33%20-%20Life%20Cycle%20Analysis%20of%20Bioszén.pdf>
- LEHMANN, J. (2007): Bio-energy in the black. Frontiers in Ecology and the Environment, 5, 381-387. <Go to ISI>://WOS:000249192100020, <http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/publ/FrontiersEcolEnv%205,%20381-387,%202007%20Lehmann.pdf>
- LEHMANN, J. (2009): ‘Terra preta Nova – where to from here?’, in W. I. Woods, W. G. Teixeira, J. Lehmann, C. Steiner and A. Winkler Prins (eds), Terra preta Nova: A Tribute to Wim Sombroek, Springer, Berlin, pp 473–486
- MANYÀ, JOAN J. (2012): Pyrolysis for biochar purposes: a review to establish current knowledge gaps and research needs Environmental Science & Technology 07/2012; 46(15):7939-54

MSZ EN ISO 14040 Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Alapelvek és keretek (ISO 14040:2006)

SOHI S, et al. (2009): Biochar's roles in soil and climate change: A review of research needs. CSIRO Land and Water Science Report, 05/09, 64 pp.

WOOLF, D. – LEHMANN, J. (2012): Modelling the long-term response to positive and negative priming of soil organic carbon by black carbon. Biogeochemistry, p 111, 83-95

## **Szerzők**

### **Szóke Linda**

PhD hallgató

e-mail: linda890206@gmail.com

### **Dr. Battay Márton**

PhD hallgató

e-mail: marton.battay@aotk.szie.hu

### **Herczeg Boglárka Mária**

PhD hallgató

e-mail: herczeg.boglarka@gmail.com

### **Dr. Fogarassy Csaba PhD**

egyetemi docens

e-mail: fogarassy.csaba@gtk.szie.hu

Szent István Egyetem

Gazdaság és Társadalomtudományi Kar

Klímagazdaságtani Elemző és Kutatóközpont

2101 Gödöllő Páter K. u. 1