

Szent István Egyetem

Farm szintű üvegházgáz-mérleg

Doktori értekezés tézisei

KONCZ PÉTER BERTALAN

Gödöllő
2016.

A doktori iskola

megnevezése: Biológiai Tudományok Doktori Iskola

tudományága: Biológiai tudomány

vezetője: Dr. Nagy Zoltán
Intézetvezető, egyetemi tanár, az MTA doktora
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és
Környezettudományi Kar
Növénytani és Ökofiziológiai Intézet
MTA-SZIE Növényökológiai Kutatócsoport,
kutatócsoport vezető

Témavezetők: Dr. Nagy Zoltán
Intézetvezető, egyetemi tanár, az MTA doktora
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és
Környezettudományi Kar
Növénytani és Ökofiziológiai Intézet
MTA-SZIE Növényökológiai Kutatócsoport,
kutatócsoport vezető

Dr. Pintér Krisztina
Tudományos munkatárs
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és
Környezettudományi Kar
Növénytani és Ökofiziológiai Intézet

.....
Az iskolavezető
jóváhagyása

.....
A témavezető
jóváhagyása

.....
A témavezető
jóváhagyása

A munka előzményei, a kitűzött célok

Az éghajlatváltozás jelentősen befolyásolja az állattenyésztést. Az éghajlatváltozás következtében egyrészt növekszik az állatokra érő közvetlen hő-stressz (NARDONE et al. 2010), másrészt szárazság hatására, kontinentális éghajlaton, számos megfigyelés alapján csökkenhet az állatteltartó gyepek produktivitása (SMITH 2014). Mindkét ok hozzájárulhat ahhoz, hogy egyre nehezebb kielégíteni a globálisan növekvő húsigényt (FAO 2006). Az állattenyésztés azonban nemcsak elszenvedője, de okozója is az éghajlatváltozásnak, hiszen az állattenyésztés globálisan 10-25%-kal járul hozzá az éghajlatváltozáshoz, az üvegházhatású gázok kibocsátásán keresztül (FAO 2006, SCHWARZER 2012). Az éghajlatváltozás mérséklésének érdekében ezért az állattenyésztésnek is csökkentenie kell az üvegházhatású gázok (GHG), így a szén-dioxid, metán és a dinitrogén-oxid kibocsátását (BELLARBY et al. 2013). Olyan adaptációs (alkalmazkodási) és mitigációs (GHG kibocsátás-mérséklő) stratégiákra van szükség, amelyekkel a kibocsátás csökkentése mellett fenntartható a biztonságos élelmiszertermelés.

Az üvegházhatású gázok kibocsátási ütemének csökkentésében, illetve a légköri szén-dioxid megkötésében (talajban történő raktározásában) a mezőgazdasági területeknek kiemelt jelentősége van (CONANT 2010). Ennek ellenére az állatteltartó gyepek szén-dioxid felvevő, tehát éghajlatváltozást mérséklő kapacitásával sok esetben pl. akár egyes hústermékeket érintő életciklus-elemzések során nem is számolnak (OPIO et al. 2013). Az eddigi mérések által az állandó gyepek éves átlagos szén megkötése 0,01–0,3 Gt körül alakult, amely a világ GHG kibocsátásának potenciálisan 4%-át képes semlegesíteni.

Az agrárszektoron belül a különböző gazdálkodási tevékenységek (legeltetés, kaszálás) eltérő szén- (nettó ökoszisztéma szénmérleg, Net Ecosystem Carbon Balance, NECB, CHAPIN et al. 2006), illetve üvegházgáz-mérleggel (Net Greenhouse Gas Budget, NGHG, SOUSSANA et al. 2010) rendelkeznek. A farm szintű NECB, illetve az NGHG az állatokra ellátó gazdálkodási egységekre (legelő, kaszáló, téli szállás) összegzetten adja meg a szén, illetve az üvegházhatású gázok kibocsátásának és elnyelésének eredőjét (SOUSSANA et al. 2010).

Az NECB, illetve az NGHG egyenlegben az egyik legfontosabb fluxus (F) a légköri szén-dioxidból (CO_2) a növényzet fotoszintézise révén összesen felvett szén mennyisége (1. ábra), vagyis a bruttó primer produkció (Gross Primary Production, GPP). A felvett szén a növények, az állatok, illetve a talaj élővilágának, összességében az ökoszisztéma légzése (Ecosystem Respiration, Reco) során kerül vissza a légkörbe (1. ábra). A GPP és a Reco

különbsége a nettó ökoszisztéma gázcsere ($-NEE=GPP-Reco$, Net Ecosystem Exchange). Az NGHG mérlegben fontos szerepet játszanak továbbá a laterális széntranszfert alkotó komponensek így a kaszálóról elvitt ($F_{C_{lekaszált}}$) és a téli szállásra bevitt ($F_{C_{takarmány}}$) széna, a farmról exportált állati termékek ($F_{C_{állati_termék}}$), illetve az elvitt trágya ($F_{C_{trágya_export}}$).

Farm szinten a második legfontosabb üvegházhatású gáz a metán (CH_4), amely az állatok kérődzése ($F_{CH_4-C_{állat}}$) mellett a trágya ($F_{CH_4-C_{trágya}}$), illetve a talaj szerves anyagának anaerob lebomlása során kerül a légkörbe (SOUSSANA et al. 2010). A gyepek azonban akár nyelője is lehet a metánnak a talaj metanotróf mikroorganizmusainak köszönhetően ($F_{CH_4-C_{talaj}}$). A harmadik üvegházhatású gáz a dinitrogén-oxid (N_2O), amely a trágya ($F_{N_2O-trágya}$), illetve a talajba jutó nitrogén tartalmú vegyületek lebomlása ($F_{N_2O-talaj}$) során keletkezik. Hangsúlyozandó, hogy a metán, illetve a dinitrogén-oxid globális melegítő hatása (Global Warming Potential) 34-szerese, illetve 298-szorosa a szén-dioxidnak 100 éves időszakra vonatkoztatva.

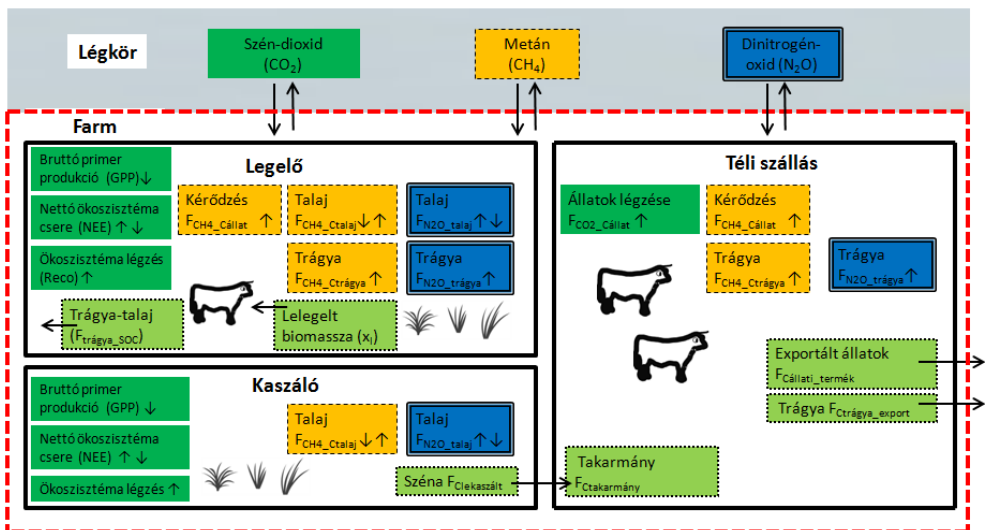
Magyarországon még nem készült farm szintű GHG mérleg. Dolgozatomban a bugaci szürkemarha-farm üvegházhatású gázainak (szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid) forgalmát hasonlítottam össze különböző gazdálkodási módok (legeltetés, kaszálás, téli szállásolás) hatása alatt a 2011-2013-as időszakra vonatkozóan. Az ökoszisztéma légzésben döntő szerepet játszó talajlégzést (R_s), illetve a legeltetés és a kaszálás cönológiai hatását részletesebben is elemeztem, amelyek az NECB és az NGHG mérlegek mélyebb megértéséhez járulhatnak hozzá.

A kutatást az AnimalChange (EU-FP7) program keretében (www.animalchange.eu), az MTA-SZIE Növényökológiai Kutatócsoport kutatóinak közreműködésével végeztük el (<http://nofi.sziesz.hu>).

A kutatás célkitűzései

1. A bugaci szürkemarha farm üvegházgáz (szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid) mérlegének megállapítása.
2. A farm szintű üvegházgáz-mérlegben szerepet játszó legeltetés és kaszálás nettó ökoszisztéma szénmérlegre (NECB) és nettó üvegházgáz-forgalomra (NGHG) gyakorolt hatásának összehasonlítása.
3. A vegetáció cönológiai összehasonlítása kaszálás és legeltetés hatása alatt.
4. A kaszálás, illetve a legeltetés hatásának jellemzése a talajlégzésre vonatkozóan.

5. A talajlégzést leíró modell továbbfejlesztése a biotikus tényezők talajlégzés modellbe történő illesztésével, illetve a talajlégzés digitális fotóval történő becslésének vizsgálata.
6. Javaslat a farm szintű üvegházgáz-gazdálkodást érintő mitigációs lehetőségekre.



1. ábra: Farm szintű üvegházgáz és szén fluxusok legelőn, kaszálón, és az állatok téli szállásához köthető rendszer esetében. A felfelé (légkör felé) és a laterális irányba (jobbra) mutató nyilak a rendszer számára veszteséget (negatív fluxus), míg a lefelé mutató nyilak nyereséget (pozitív) jelentenek.

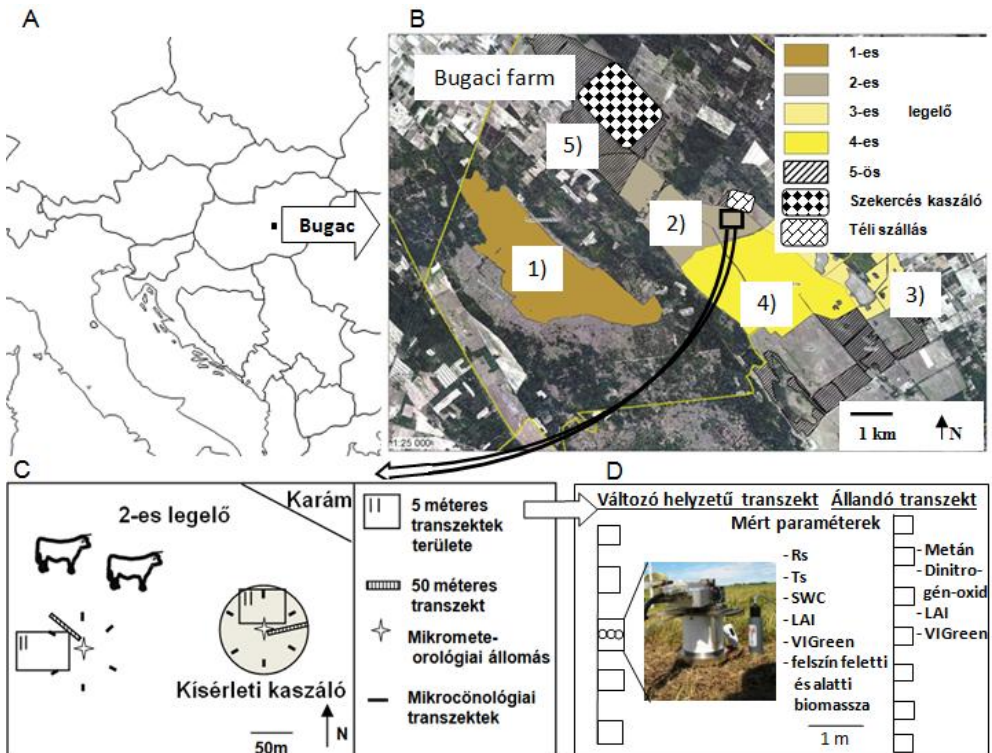
Anyag és módszer

A bugaci kutatási terület

A kutatást a Kiskunsági Nemzeti Parkhoz tartozó bugaci szürkemarha (*Bos taurus primigenius podolicus*) farmon (46°41'28"N, 19°36'42"E) és az állatok ellátását biztosító kaszálókra vonatkoztatva végeztük el (2011-2013) (2. ábra). A terület éghajlata száraz, kontinentális, az éves középhőmérséklet 10,4°C, míg az éves csapadékösszeg 575 mm (2003-2014). A gyep talaja csernozjom típusú humuszos homoktalaj. A vegetáció zárt, félszáraz homokpusztagyep. A farmhoz tartozó és az állatok ellátását biztosító területek (1921 ha) a legelőket (1070 ha), kaszálókat (kísérleti kaszáló 1 ha, Szekercés kaszáló 150 ha, az állatok ellátását biztosító további kaszálók 696 ha), és a téli szállást (4 ha) foglalták magukban. A legelőt legalább 40 éve legeltetéssel hasznosítják. A kísérleti kaszálót 2011-ben jelöltük ki a 2-es legelőn belül és villanypáztorral határoltuk körbe (2. c ábra).

Mikrometeorológiai mérések

A legelt és a kaszált területen léghőmérsékletet ($T_{\text{levegő}}$), relatív nedvességet (RH%), és szélsébséget (m s^{-1}) mértünk a mikrometeorológiai állomásokon (2.c ábra). Csapadék összeg (P) és fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR) méréseket csak a legelt területen végeztünk, tekintettel a két terület közelségére (250 m).



2. ábra: A bugaci kutatási terület elhelyezkedése (<http://d-maps.com>) (A), a legelő egységek és a kísérleti kaszáló (Kiskunsági Nemzeti Park térképe, módosítva) (B), a kísérleti elrendezés a vizsgált 2-es legelőn, illetve a kísérleti kaszálón (C), a transektek mentén mért ökofiziológiai paraméterek (Rs: talajlégzés; Ts: talajhőmérséklet, SWC: talajnedvesség; LAI: levélterület index; VIGreen: zöld vegetációs index) (D). A D ábrán a talajlégzés mérő műszer (LICOR) kamrája látható (saját fotó).

Cönológiai vizsgálatok

A vegetáció összetételét mikrocönológiai vizsgálatokkal tártuk fel a legelt, és a kaszált területen egyaránt hat-hat darab öt méter hosszú, állandó helyzetű transektek mentén 2011 és 2014 között hét alkalommal (2.c ábra).

A fenológiai vizsgálatok során a fajok borításának időbeli változását követtük nyomon az ökofiziológiai mintavételekkel párhuzamosan 5 méteres változó helyzetű transzkek területén mind a két területen 2-3 hetente (52 terepi nap alkalmával) (2.d ábra).

A farm szén-dioxid és szén fluxusainak vizsgálata

Nettó szén-dioxid csere mérés

A nettó szén-dioxid cserét (NEE), illetve a komponenseit, az ökoszisztéma légzést (Reco) és a bruttó primer produkciót (GPP) az eddy kovariancia alapú módszerrel határoztuk meg (CSAT3, Li-Cor 7500). Az állatok nem mindig tartózkodtak a szén-dioxid mérő állomás közelében, ezért éves légzésüket ($F_{CO_2_Cállat}$) külön becsültük SOUSSANA et al. (2010) alapján.

Talajlégzés mérés

A gyepek szén-dioxid forgalmában jelentős szerepet játszó talajlégzést (R_s) a legelt és a kaszált területen lévő 5 méteres változó helyzetű transzkek mentén 2-3 hetente mértük (LICOR-6400, LICOR-6400-09). Az R_s méréssel párhuzamosan az R_s -t meghatározó abiotikus (talajhőmérséklet, talajnedvesség) és biotikus (biomassza) paramétereket is mértük (2.c ábra).

A talajlégzés hőmérséklet függését a Lloyd Taylor modellel (1) írtuk le. Ennek a modellnek a továbbfejlesztett változata (2) a talajlégzés hőmérséklet függése mellett, annak talajnedvességtől való függését is magában foglalta. A (2) modellt pedig úgy fejlesztettük tovább, hogy beépítettük a biotikus tényezők talajlégzésre gyakorolt hatását is; a 3) modell a felszín alatti biomasszát, a 4) modell a felszín feletti összes biomasszát, az 5) modell a levél terület indexet, a 6) modell a felszín feletti zöld biomasszát, a 7) modell pedig a VIGreen indexet tartalmazta.

Biomassza és talajszentartalom mérések

A megkötött szén-dioxid a felszín alatti és felszín feletti biomasszában jelenik meg. Ezért mind a két területen 2-3 hetente az 5 méter hosszú transzkek mentén (2.d ábra), méterenként 40×40 cm-es kvadrátokban levágtuk és lemértük a felszín feletti biomasszát. A felszín alatti biomassza méréshez ugyan ezen kvadrátok közepéből talajfúróval (Eijkelkamp, NL) talajmintákat vettünk (5cm Ø, 0-30 cm mélységből). A talaj- és a növénymintákat tömegállandóságig, 85°C-on 48 órán át szárítottuk. A talaj szervesszén és összes nitrogén-tartalmát az MTA Talajtani és Agrokémiai Intézetében a magyar szabványnak (MSZ-08-0012-6:1987) megfelelően határozták meg.

A biomassza dinamika becslése vegetációs indexekkel

A levélterület index ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$, Leaf Area Index, LAI), a zöld vegetációs index (% , Green Vegetation Index, VIGreen), és a normalizált vegetációs index (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) mutatókkal a relatív biomassza mennyiségét becsültük. A LAI-t és a VIGreen-t az ökofiziológiai mintavételekkel párhuzamosan mértük (2.d ábra). A LAI-t a növényzetre eső és a lombzat alatt mért fényintenzitás arányából (CEP-40, ceptométer) számoltuk ki. A VIGreen-t digitális kamerával (Canon Eos 350D) készített képekből nyertük. A VIGreen a növényzetről visszavert zöld és vörös színek komponensek normalizált aránya (%) (GITELSON et al. 2002). Az NDVI-t a LANDSAT műhold adatainak felhasználásával, a legelt területre vonatkozóan, a 2013-as évre QGIS programmal állítottuk elő.

Laterális széntranszferek számítása

A farm szintű laterális széntranszfer a téli szállásra behozott takarmányt ($F_{\text{Ctakarmány}}$), illetve az elvitt szénát ($F_{\text{Clekaszált}}$), és az exportált állati termékekben ($F_{\text{Cállati_termék}}$), valamint az elvitt trágya ($F_{\text{Ctrágya_export}}$) formájában a farmról távozó szénmennyiséget jelentették (Kiskunsági Nemzeti Park adatai). A bugaci vizsgált gyepen a tűz és a talajerózió általi szénvesztés, illetve a szén talajvízbe történő elszivárgása nem volt jellemző, így ezekkel a széntranszfer-komponensekkel nem számoltunk.

A farm metán és dinitrogén-oxid fluxusának vizsgálata

A talaj metán ($F_{\text{CH}_4_C_{\text{talaj}}}$) és dinitrogén-oxid ($F_{\text{N}_2\text{O_talaj}}$) fluxusát kamrás levegő mintavétellel (Horváth et al. 2010) állapítottuk meg 2-3 hetente mind a legelt és a kaszált területen (2. d ábra). A levegőmintákat az Erdészeti Tudományos Intézet Ökológiai Laboratóriumában határoztattuk meg HP 5890 II gázkromatográfjal. A fermentáció (kérődzés) során fellépő metán fluxust ($F_{\text{CH}_4_C_{\text{állat}}}$), és a trágyából távozó metán fluxust ($F_{\text{CH}_4_C_{\text{trágya}}}$), illetve a trágya-eredetű dinitrogén-oxid fluxust ($F_{\text{N}_2\text{O_trágya}}$) az IPCC (2006) módszertana alapján számítottuk ki.

A farm szintű éves nettó ökoszisztéma szén- és üvegházgáz-mérleg számítása

Az adatok alapján a gyepet és a legelő állatokat magában foglaló nettó ökoszisztéma szénmérleget (NECB), tehát az ökoszisztéma szén akkumulációját CHAPIN et al. (2006), illetve SOUSSANA et al. (2010) alapján számoltuk ki a bugaci farmra (fluxusokra) adaptálva (1-4. egyenletek). Az egyenletekben az NEE (szénfelvétel) előjele a

mikrometeorológiai módszertant alkalmazva negatív, mert a légkör számára az ökoszisztéma felé irányuló szén fluxus veszteség. Az ökoszisztéma számára azonban ez nyereséget jelent, ezért az NEE előtt egy (-1)-es szorzó szerepel, így a nettó ökoszisztéma szénmérlegben az ökoszisztéma (legelő, kaszáló, téli szállás, farm) nyeresége pozitív. A fluxusokat összeadtuk; ha az adott komponens kibocsátó akkor negatív számot adunk a mérlemez. A legelő nettó ökoszisztéma szénmérleget az alábbi alapján számoltuk ki:

$$NECB_{legelő} = -NEE_{legelt} + F_{Cállat_{legelés}} + F_{CH_4_{Cállat}} + F_{CH_4_{Ctrágya}} + F_{CH_4_{Ctalaj_{legelt}}} \quad (1).$$

A kísérleti kaszáló nettó ökoszisztéma szénmérleget az alábbi alapján számoltuk ki:

$$NECB_{kaszáló} = -NEE_{kaszált} + F_{CH_4_{Ctalaj_{kaszált}}} + F_{Cle_{kaszált}} \quad (2).$$

A téli szálláshoz köthető nettó ökoszisztéma szénmérleget a következő egyenlet alapján számoltuk ki:

$$NECB_{tél\ szállás} = F_{Cállat} + F_{Cállati_{termék}} + F_{Ctakarmány} + F_{Ctrágya} + F_{CH_4_{Ctrágya}} + F_{CH_4_{Cállat}} \quad (3).$$

Farm szinten a legelők és kaszálók elnyelését területarányuk alapján egyesítettük; L_a a legelt terület aránya (0,56), míg K_a (0,44) a téli takarmány termeléséhez szükséges területek aránya a farm szinten belül. A farm nettó ökoszisztéma szénmérleget az alábbi alapján számoltuk ki:

$$NECB_{farm} = (-NEE_{legelt})L_a + (-NEE_{kaszált})K_a + F_{Cállat} + F_{CH_4_{Cállat}} + F_{CH_4_{Ctrágya}} + (F_{CH_4_{Ctalaj_{legelt}}})L_a + (F_{CH_4_{Ctalaj_{legelt}}})K_a + F_{Cállat_{termék}} + F_{Ctrágya} \quad (4).$$

Nettó üvegházgáz-mérleg (NGHG)

A nettó üvegházgáz-mérleget SOUSSANA et al. (2010) alapján számoltuk ki a legelőre, a kísérleti kaszálóra, illetve a téli szálláshoz köthető kibocsátásokra és a farm szintre vonatkozóan:

$$NGHG = k_{CO_2} (NECB - F_{CH_4_C}) + GWP_{CH_4} F_{CH_4} + GWP_{N_2O} F_{N_2O} \quad (5),$$

ahol k_{CO_2} a szén szén-dioxid egyenértéke (44/12), $NECB$ a nettó ökoszisztéma szénmérleg, $GWP_{CH_4} F_{CH_4}$ a metán fluxusok összege (F_{CH_4}) szén-dioxid egyenértékben kifejezve a metán globális melegítő potenciáljával súlyozva ($GWP_{CH_4}=34$), $GWP_{N_2O} F_{N_2O}$ a dinitrogén-oxid fluxusok (F_{N_2O}) összege szén-dioxid egyenértékben kifejezve a dinitrogén-oxid globális melegítő potenciáljával súlyozva ($GWP_{N_2O}=298$).

Eredmények

A gazdálkodás intenzitása a bugaci farm területén

A Kiskunsági Nemzeti Park vizsgált területén a gyepet a gazdálkodási tevékenységek, tehát a legeltetés és a kaszálás tartották fenn (3. ábra). A 2011 és 2013 közötti időszakban farm szinten $0,64 \pm 0,03$ darab számos állat (381kg) legelt hektáronként, amely extenzív legeltetésnek felelt meg. A becsült lelegelt szén-mennyiség farm szinten kisebb volt ($53,88 \pm 6,65 \text{ g C m}^{-2} \text{ év}^{-1}$), mint a lekaszált biomassa mennyisége ($93,72 \pm 31,19 \text{ g C m}^{-2} \text{ év}^{-1}$, $F_{\text{Clekaszált}}$), tehát a kaszálót intenzívebb használat jellemezte.



3. ábra: A bugaci kísérleti kaszáló (villanypásztortól balra) és a vizsgált legelő (villanypásztortól jobbra) a kaszálás előtt és a legeltetés kezdetén (2012/06/19) (A), illetve a kaszálást és legeltetést követően (2013/07/04) (B), valamint őszen, a kaszált terület regenerációja és a legelt terület őszi legeltetési ideje alatt (2013/09/23) (C).

Mikroklíma

A 2011-2013-as időszakban az éves középhőmérséklet ($10,3^{\circ}\text{C}$, $10,8^{\circ}\text{C}$, illetve $10,9^{\circ}\text{C}$) hasonló, illetve valamivel magasabb volt, mint a korábbi tízéves átlag ($10,4^{\circ}\text{C}$ 1995-2004 között). Az éves csapadékösszeg 2011-ben (444 mm) és 2012-ben (431 mm) alacsonyabb, míg a 2013-ban (590 mm) magasabb volt a tízéves átlagnál (562 mm) (1995-2004). Megállapítottuk, hogy a 2010-es csapadékos év (961 mm) hatása áthúzódott a 2011-es évre, amikor a legelő több vizet párologtatott (486 mm), mint amennyi a területre esett (444 mm), tehát a talajban víz raktározódhatott. A különböző kezelések ellenére a legelő és a kaszáló talajhőmérséklete és talajnedvessége nem különbözött szignifikánsan. Az évek között azonban jelentős különbségek voltak; 2011 és 2013 között a talaj átlagos nedvessége folyamatosan csökkent mind a két területen.

Cönológiai vizsgálatok

A mikrocónológiai felvételezések során a legelõn 89, míg a kaszálón 90, a két területen összesen pedig 109 db különbözõ fajt találtunk. A legelt és a kaszált területen azonosak voltak a legnagyobb gyakorisággal bíró fajok (*Poa* spp., *Carex* spp., *Festuca pseudovina*, *Cynodon dactylon*).

A legelt és a kaszált terület fajszáma, fajsűrúsége, Shannon-diverzitása és faj-area görbéje közt nem volt különbség. A Rényi féle diverzitási profil, a Sørensen féle hasonlósági index, és a PERMANOVA analízis alapján is (relatív abundancia-szerkezet) a legelt és a kaszált terület cönológiai szerkezete hasonló volt.

Kiemelendõ, hogy a kezelések esetleges hatását egyedül csak a 2011-es év tavaszi/õszi funkciós csoportjainak változásai során fedeztük fel, amikor a pillangósok aránya jelentõsen lecsökkent a kaszált területen. A fenológiai vizsgálat során is megállapítottuk, hogy a két terület fõbb fajainak relatív borításának változása összességében hasonló volt a két terület közt, kivéve a pillangós *Medicago falcata*-at, amelynek borítása a 2011-es kaszálást követõen jelentõsen lecsökkent.

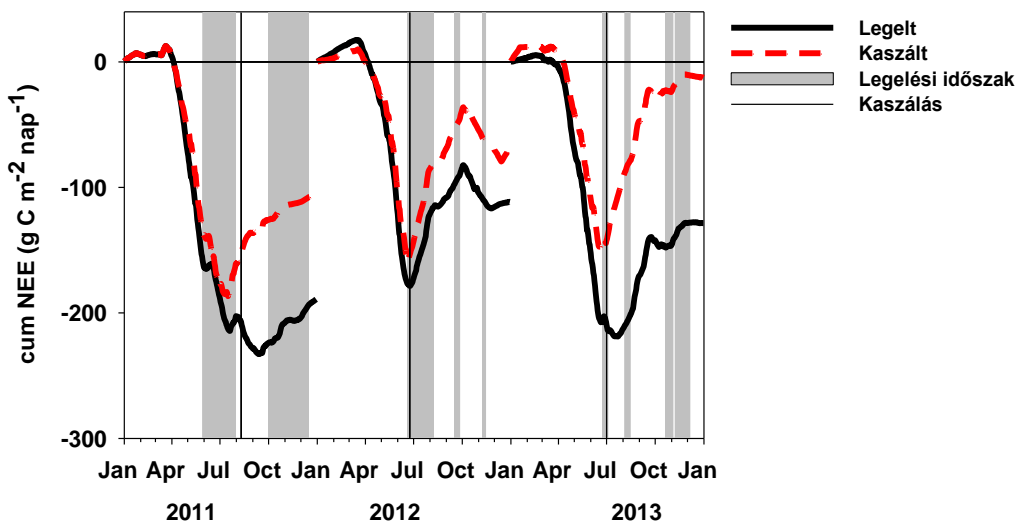
A farm szén-dioxid és szén fluxusai

Nettó ökoszisztéma szén-dioxid csere

A legelt és a kaszált területen a kora tavaszi idõszakban a kumulatív NEE görbe lefutása közel azonos volt (4. ábra). Késõbb, nyár elején a kaszált és a legelt terület NEE görbéje a kezelések következtében elvált. 2011-ben a legeltetés korábban kezdõdött, mint a kaszálás, ezért a kaszált területen több biomassza halmozódott fel, mint a legelt területen. 2012-ben az õszi regeneráció alatt is nagyobb volt a kaszált területen a biomassza a kedvezõ csapadék ellátottság, illetve a korai kaszálás miatt. Ennek a biomasszának egy része 2013 tavaszára is megmaradt, ami hozzájárult ahhoz, hogy a kaszálón ekkor is nagyobb volt a biomassza mennyisége, mint a legelt területen. A kaszált területen tapasztalt magasabb biomasszával egyúttal magasabb talajlégzés és átlagosan 1-7%-kal magasabb Reco is társult a legelt területhez képest. A kaszálást követõen pedig a GPP 3%-kal csökkent a legelt területhez képest, mivel hirtelen lecsökkent a szénfelvevõ zöld felület. A kaszált területen tehát az átlagosan magasabb Reco és alacsonyabb GPP kisebb szénfelvételt (NEE) eredményezett mind a három évben (4. ábra). Az átlagos szénfelvétel (-NEE) több, mint duplája volt a legelten ($142,65 \pm 40,07 \text{ g C m}^{-2} \text{ év}^{-1}$), a kaszálthoz képest ($61,33 \pm 46,76 \text{ g C m}^{-2} \text{ év}^{-1}$) (1. táblázat). Mind a két területen 2011-ben tapasztaltuk a legnagyobb szénfelvételt (és biomasszát); valószínûleg a 2010-es csapadékos év (961 mm) talajnedvességre kifejtett kedvezõ hatása húzódott át a 2011-es évre. A

szénfelvétel farmszinten az üvegházgázok elnyelésének 99,16%-áért volt felelős.

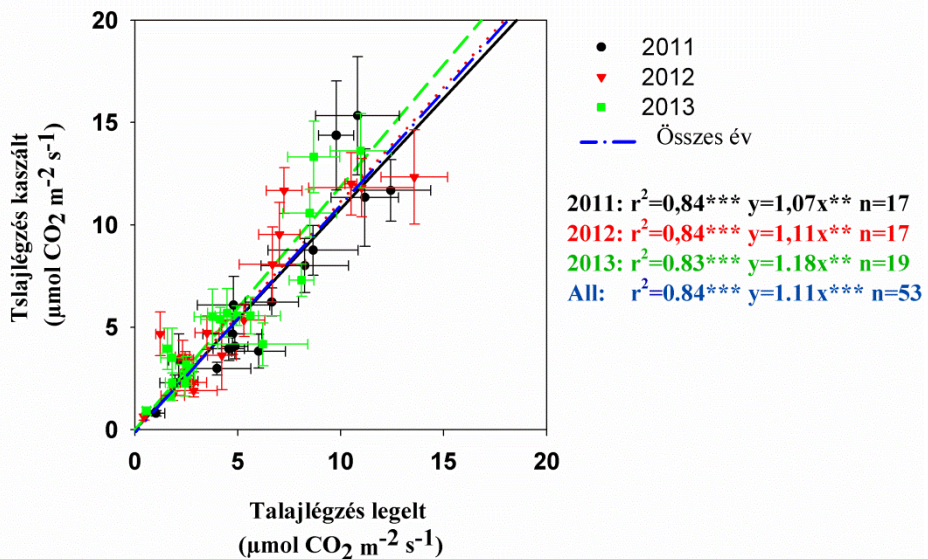
A bugaci vizsgálatokkal ellentétben az irodalmi adatok esetében a kaszálók szénelnyelő aktivitása (NEE) közel 10%-kal (SOUSSANA et al. 2010), illetve több, mint duplájával (SENAPATI et al. 2014) volt nagyobb, mint a legelőké. Ezekben vizsgálatokban azonban a kaszálókat 10%-kal több csapadék érte (SOUSSANA et al. 2010), illetve kétszer akkora mennyiségű műtrágya hatása alatt álltak a legelőkkel ellentétben (SENAPATI et al. 2014), amely nem teszi teljesen relevánssá a különböző gyepek összehasonlítását.



4. ábra: A nettó ökoszisztéma széncsere (NEE) éves dinamikája a legelőn és a kaszálón.

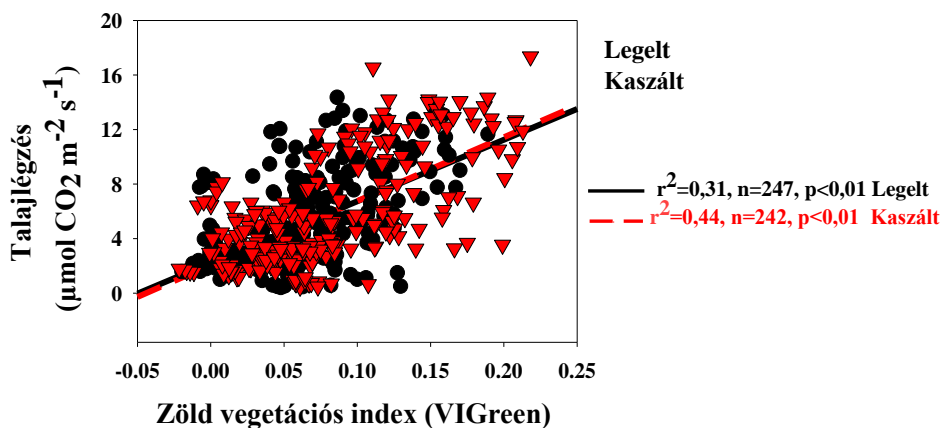
Talajlégzés

A talajlégzés általános éves dinamikája hasonló volt a legelt és a kaszált területen. Ugyanakkor a mintavételi időpontok R_s adatait páronként összehasonlítva egy lineáris regresszió mentén látható, hogy az R_s 11%-kal szignifikánsan magasabb volt a kaszált területen ($5,79 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), mint a legelten ($5,19 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (5. ábra). A talajlégzést meghatározó talajhőmérséklet, illetve talajnedvesség dinamikája nem különbözött szignifikánsan a két terület között, de a biomassza alakulása igen, ezért a kezelések következtében kialakult eltérő biomassza dinamika megkülönböztető tényezőként hatott a legelt és a kaszált terület talajlégzés válaszát illetően. Az R_s biomasszától való függését az is alátámasztotta, hogy a felszín feletti biomassza, a zöld biomassza, a LAI és a VIGreen a legelt és a kaszált területen egyaránt növelte (eltérő mértékben) a talajlégzés modell által megmagyarázott variancia-hányadot, ahhoz a modellhez képest, amely csak az abiotikus paramétereket tartalmazta.



5. ábra A talajlégzés összevetése a legelt és kaszált terület közt. Egy pont egy mintavételi alkalom átlagát, illetve szórását jelenti.

A talajlégzés modell pontosságát mások is javították egyes biotikus paraméterek talajlégzés modellbe történő illesztésével (JIA AND ZHOU 2009). Kutatásunk során azonban olyan vegetációs indexet (VIGreen) is illesztettünk a talajlégzés modellbe, amely távérzékeléssel is előállítható. A talajlégzés és a VIGreen között – a vizgált tér és időléptékben – önmagában is szoros szignifikáns lineáris összefüggést találtunk (6. ábra) amely a talajlégzés vegetációs indexszel történő gyors (pár óra) és nagyobb skálán (hektáros) történő becsléséhez járulhat hozzá (előzetes kalibrációt követően).



6. ábra A talajlégzés és a zöld vegetációs index (VIGreen) közti szoros összefüggés

Biomassza, talajszéntartalom mérések és a biomassza dinamika becslése vegetációs indexekkel

A biomassza 43%-a szén, ezért dinamikája fontos a farm szén mérlegét tekintve. A biomassza-növekedés a két területen a legelés, illetve a kaszálás kezdetéig összességében hasonló volt (7. ábra). A legelt területen a legelés 2011-ben és 2013-ban korábban kezdődött, mint a kaszálás, így a biomassza ezen időszak alatt tovább tudott gyarapodni a kaszált területen. 2012-ben a korai kaszálásnak és a kedvező őszi csapadéknak köszönhetően duplája volt a biomassza kaszált, mint a legelt területen.

A többlet biomasszának köszönhetően a két terület közötti biomassza különbség bár csökkent, de egészen 2013 júniusáig fennállt. A felszín feletti biomasszához hasonlóan a zöld vegetációs index (VIGreen) is magasabb volt a kaszált területen (12%-kal), mint a legelt területen. A felszín feletti biomassza szoros korrelációt mutatott a terepen mért LAI, illetve a VIGreen, és a műholdas NDVI vegetációs indexekkel, tehát mind a terepi, mind az űrfelvételek alapján vett vegetációs indexek jól használhatóak a biomassza becslésére. A felszín alatti biomassza is szignifikánsan nagyobb volt a kaszált, mint a legelt területen. A talaj szerves szén és összes nitrogén tartalma szignifikánsan eltérőnek bizonyult a két terület közt 2011-ben és 2014-ben is, tehát a két terület közt (az első kaszálást megelőzően) eleve volt egy meglévő különbség. A talaj szerves széntartalma a felső 15 cm-ben 2014-ben $4,51 \pm 0,98 \text{ kgC m}^{-2}$ volt a kaszálon, míg $5,20 \pm 0,64 \text{ kgC m}^{-2}$ volt a legelön.

A farm metán mérlege

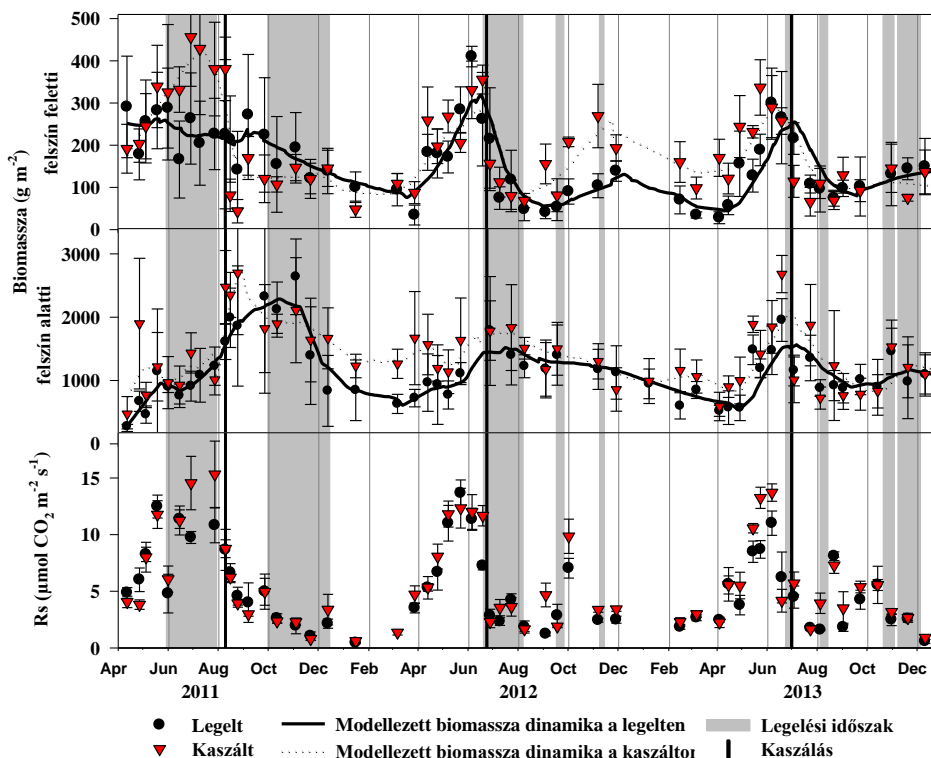
A mérések alapján a bugaci talaj a legelt és a kaszált területen egyaránt kismértékben nyelője volt a metánnak ($F_{\text{CH}_4_C_{\text{talaj}}}$) és a két kezelés közt nem volt szignifikáns különbség (1. táblázat). Ez a nyelő aktivitás az összes üvegházgáz elnyelésnek csupán 0,84%-át jelentette.

Az állatok kérődzése során felszabaduló metán ($F_{\text{CH}_4_C_{\text{állat}}}$) átlagosan $1,94 \pm 0,09 \text{ g CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ év}^{-1}$ körül alakult, ami szén-dioxid egyenértékben kifejezve $65,99 \pm 3,03 \text{ g CO}_2\text{eq. m}^{-2} \text{ év}^{-1}$ kibocsátást jelentett (1. táblázat). Farm szinten ez az üvegházhatású gázok kibocsátásának 22%-át jelentette. A trágya-eredetű metán ($F_{\text{CH}_4_C_{\text{trágya}}}$) kibocsátás farm szinten a kérődzés során felszabaduló metánnak közel a fele volt (1. táblázat)

A farm dinitrogén-oxid mérlege

A trágya-eredetű dinitrogén-oxid fluxus ($F_{\text{N}_2\text{O}_\text{trágya}}$) a legelön és a téli szálláson jelentett kibocsátást, amely szén-dioxid egyenértékben kifejezve a kibocsátások közel 5%-áért volt felelős farm szinten (1. táblázat). A

talaj-eredetű dinitrogén-oxid fluxus ($F_{N_2O_talaj}$) dinamikája nem különbözött egymástól a legelt és a kaszált terület között és a farm szintű kibocsátások 9%-át tették ki (1. táblázat). A dinitrogén-oxid fluxus se a legelten se a kaszáltan nem mutatott összefüggést a talajhőmérséklettel, illetve a talajnedvességgel sem.



7. ábra: A felszín feletti, illetve a felszín alatti biomassa és a talajlégzés (Rs) éves változása a legelt és a kaszált területen.

A farm nettó ökoszisztéma szénmérlege (NECB)

A legelő nettó ökoszisztéma szénmérlege (széntárolása) jelentősebb volt a kaszált területhez képest (8. ábra). Ez a legelt gyep kaszálóhoz viszonyítottan szignifikánsan nagyobb szénfelvételnek (NEE) és a legeltetés ideje alatti viszonylag alacsony állati eredetű szén-dioxid és alacsony metánként távozó fermentációs szén kibocsátásnak volt köszönhető (itt a metánban lévő szén szerepel). A legelővel ellentétben a kaszáló nettó ökoszisztéma szénmérlege a jelentős mennyiségű elvitt széna, illetve a legelthez viszonyított 58%-kal alacsonyabb szén-dioxid felvétel (NEE) miatt kibocsátó volt. Tehát a kaszált területről több szenet vittek el, mint amennyit a terület megkötött. A téli szálláshoz köthető nettó szénmérleg a jelentős mennyiségű behozott

takarmány ($F_{\text{Ctakarmány}}$) miatt elnyelőnek bizonyult; az összes kibocsátás kisebb volt, mint a behozott szén mennyiség.

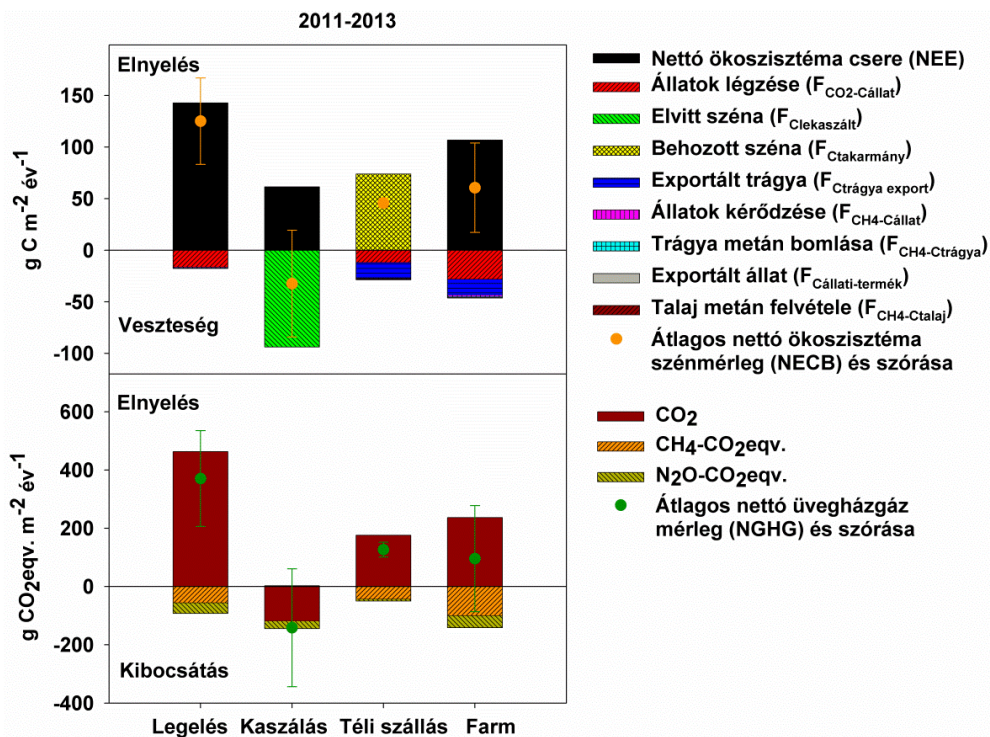
A farm szintű nettó ökoszisztéma szénmérlegben (NECB) szereplő NEE becsléséhez először a kaszálók és a legelők területarányos NEE átlagát számoltuk ki. Második lépésben hozzáadtuk az NEE-hez a további fluxusokat (1-4. egyenletek).

Farm szinten a növényzet által megkötött jelentős mennyiségű szén-dioxidnak és a területegységre vetített alacsony állati légzésnek, valamint a szénben kifejezett alacsony trágya és fermentációs eredetű metánként távozó szén kibocsátásnak köszönhetően a farm nettó széntárolónak bizonyult ($60,58 \pm 43,34 \text{ g C m}^{-2} \text{ év}^{-1}$) (8. ábra).

Vizsgálataink eredménye megegyezett az irodalmi adatokkal, miszerint a kaszálók szénmérlege (széntárolása) szintén negatívnak adódott, tehát a kaszálók szenet vesztek, a jelentős mennyiségű elvitt széna miatt, a legelőkkel ellentétben (HASZPRA et al. 2010, SENAPATI et al. 2014).

A farm nettó üvegházgáz-mérlege (NGHG)

Összegezve a szén-dioxid, metán, és a dinitrogén-oxid fluxusokat (5. egyenlet) megállapítható, hogy a legelt terület jelentős mértékben nettó üvegházgáz elnyelő volt (2011-2013) (8. ábra). Az üvegházgáz mérlegben szereplő komponensek fluxusai (CO_2 , CH_4 , N_2O) szignifikánsan különböztek a kaszált és a legelt terület között. A kaszált terület, a legelt területtel ellentétben, nettó üvegházgáz kibocsátó volt (8. ábra). Ez az alacsony szén-dioxid megkötésnek, illetve az elszállított szénának köszönhető. A teljes farm szintű üvegházgáz-mérleg alapján a gazdálkodás nettó üvegházgáz elnyelő volt ($95,70 \pm 182,12 \text{ g CO}_2\text{eqv. m}^{-2} \text{ év}^{-1}$) (1. táblázat). A növényzet, illetve az ökoszisztéma szénfelvétele (NEE) tehát ellensúlyozta a trágya és fermentációs eredetű metán, illetve a talaj dinitrogén-oxid kibocsátását (1. táblázat). Az évek között jelentős eltérések voltak a szénfelvételben (NEE), és csak a 2011-es év jelentős szénfelvételének köszönhető, hogy a három év átlaga az elnyelés irányába billent el. Az éghajlatváltozás következtében előfordulhat, hogy szárazság, aszály hatására a szénfelvétel csökken. Ha a legelt és a kaszált területen egyaránt 25%-kal kisebb lenne a szénfelvétel (NEE), és az összes többi fluxus pedig változatlan maradna, akkor a farm szintű nettó üvegházgáz mérleg közel nulla lenne. Az irodalmi adatok alapján a felváltva kaszált és legeltetett területek viszonylag magas nettó üvegházgáz (NGHG) kibocsátással rendelkeztek ($-272 \text{ g CO}_2\text{eqv. m}^{-2} \text{ év}^{-1}$) (SOUSSANA et al. 2010), ellentétben a bugaci farm elnyelésével. Önmagában a kaszálók, vizsgálatainkkal megegyezően, nettó üvegházgáz kibocsátással ($-141 \text{ g CO}_2\text{eqv. m}^{-2} \text{ év}^{-1}$, kibocsátás), míg a legelők üvegházgáz elnyeléssel ($320 \text{ g CO}_2\text{eqv. m}^{-2} \text{ év}^{-1}$) voltak jellemezhetőek (SOUSSANA et al. 2010).



8. ábra: A nettó ökoszisztéma szénmérleg (NECB) és a nettó üvegházgáz-mérleg (NGHG) komponensei a legelt és a kaszált területen, illetve a téli szálláshoz és a farm szinthez köthető rendszerek esetében. CO₂: szén-dioxid; CH₄: metán; N₂O: dinitrogén-oxid. Eqv.: egyenérték.

1. táblázat: A nettó üvegházgáz-mérleg (NGHG) fluxusai gazdálkodási egységenként szén-dioxid egyenértékben (2011-2013). Pozitív előjel a gazdálkodási egység általi elnyelést, míg a negatív előjel a kibocsátást jelenti a teljes elnyelésben, illetve kibocsátásban. (A táblázat a következő oldalon található)

NEE	nettó ökoszisztéma gázcsere
F _{CO₂-Cállat}	az állatok légzéséből származó szén-dioxid kibocsátás
F _{Clekaszált}	a kaszálóról elvitt szénveszteség
F _{Ctakarmány}	a téli szállásra behozott szénmennyiség
F _{Ctrágya_export}	a téli szállásról kivitt trágyával távozó szénmennyiség
F _{Cállati_termék}	az elszállított állatok általi szénveszteség
F _{CH₄-Cállat}	az állatok kérődzése során fellépő metán fluxus
F _{CH₄-Ctrágya}	az állati trágya bomlásából származó szénkibocsátás
F _{CH₄-Ctalaj}	talaj-eredetű metán fluxus
F _{N₂O_talaj}	a talaj dinitrogén-oxid fluxusa
F _{N₂O_trágya}	a trágya dinitrogén-oxid fluxusa

Kezelés	-NEE	F _{CO2-C-állat}	F _{Clekaszált}	F _{Ctakarmány}	F _{Ctrágya export}	F _{Cállati-termék}	F _{CH4-Cállat}	F _{CH4-Ctrágya}	F _{CH4-Ctalaj}	F _{N2O-talaj}	F _{N2O-trágya}
	[g CO ₂ eqv. m ⁻² év ⁻¹]										
Legelt	523,11 (146,91)	-59,86 (7,39)	0	0	0	0	-38,17 (8,68)	-21,72 (2,68)	3,52 (5,44)	-27,94 (1,64)	-8,21 (1,81)
Kaszált	224,89 (171,45)	0	-343,64 (223,36)	0	0	0	0	0	3,09 (3,72)	-25,62 (8,96)	0
Téli szállás	0	-43,61 (2,67)	0	271,04 (11,46)	-49,61 (16,33)	-1,51 (0,58)	-27,87 (1,7)	-15,82 (0,97)	0	0	-5,98 (1,71)
Farm	391,61 (144,37)	-103,48 (4,75)	0	0	-49,61 (16,33)	-1,51 (0,58)	-65,99 (3,03)	-37,54 (1,73)	3,33 (4,68)	-26,92 (4,87)	-14,2 (1,77)
Kezelés	CO ₂			CH ₄ -CO ₂ eqv				N ₂ O-CO ₂ eqv			
	[g CO ₂ eqv. m ⁻² év ⁻¹]										
Legelt	463,25 (152,81)			-56,37 (8,86)				-36,15 (2,47)			
Kaszált	-118,75(189,69)			3,09 (3,72)				-25,62 (8,96)			
Téli szállás	176,31 (31,04)			-43,64 (2,67)				-5,98 (1,72)			
Farm	237,01 (166,04)			-100,2 (9,44)				-41,11 (6,64)			
Kezelés	NGHG										
	[g CO ₂ eqv m ⁻² év ⁻¹]										
Legelt	370,72 (164,13)										
Kaszált	-141,28 (202,37)										
Téli szállás	126,68 (25,43)										
Farm	95,70 (182,12)										

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. **Országos viszonylatban elsőként megállapítottuk egy szürkemarha farm szén-dioxidot, metánt és dinitrogén-oxidot tartalmazó üvegházgáz-mérlegét.** Kimutattuk, hogy a bugaci farm alacsony állatlétszám mellett és kedvezően magas talajnedvességgel rendelkező évben nettó üvegházgáz nyelő volt, míg kedvezőtlen talajnedvességgel rendelkező évben viszonylag kismértékben, de üvegházgáz-kibocsátó volt.
2. **Kimutattuk, hogy a farmon belül a kaszálót nettó szénveszteség (NECB), illetve nettó üvegházgáz-kibocsátás (NGHG) jellemezte a legelővel ellentétben (8. ábra).** A farm szintet tekintve kimutattuk, hogy a kibocsátások 35%-áért az állatok légzése, 22%-áért az állatok kérődzése, 17%-áért a trágyából felszabaduló szén-dioxid, 12%-áért a trágya metán kibocsátása, 9%-áért a talaj dinitrogén-oxid kibocsátása, 4,5%-áért a trágya dinitrogén-oxid kibocsátása, és 0,5%-áért az állatok exportja volt a felelős.
3. **Kimutattuk, hogy a legelt és a három éve a legelőről leválasztott kaszált terület cönológiai szerkezete még nem különbözött egymástól jelentősen, kivéve az első kaszálást követően a pillangósok csökkenését a kaszálón.**
4. **Kimutattuk, hogy a talajlégzés magasabb volt a kaszálón, mint a legelőn (5. ábra), amely az eltérő biomassza-dinamikából adódott.**
5. **Továbbfejlesztettük a talajlégzést abiotikus paraméterekkel leíró modellt a biomassza, illetve a vegetációs indexek modellbe történő illesztésével.** Kimutattuk, hogy a fényképezőgéppel előállított vegetációs indexek, előzetesen kalibráció mellett, alkalmasak a biomassza mellett a talajlégzés becslésére is (6. ábra).

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

1. **A farm szintű üvegházgáz-mérlegben a gyepek szén-dioxid felvevő képessége jelenti a farm számára az egyetlen jelentős üvegházgáz-felvevő kapacitást.** Ezért szükséges a gyepek szén-dioxid felvevő, így éghajlatszabályzó szerepének elismerése, növelése és támogatása, különösen abban a tekintetben, hogy számos

elemzés nem is számol a gyepek szén-dioxid elnyelésével (SCHWARZER 2012, OPIO et al. 2013).

2. **Az extenzív legeltetési gyakorlat a nettó üvegházgáz egyenleg alapján az éghajlatváltozás mitigációja szempontjából kedvezőbb, mint a kaszálás.** Ezért, ahol lehetséges, a legeltetést célszerű előnyben részesíteni a kaszálással szemben. Érdeemes a legelési időszakot kitolni, illetve növelni a legelt területek arányát. A legelési időszakok meghosszabbításához az előrejelzések szerinti melegebb telek is hozzájárulhatnak.
3. **Javasoljuk a dolgozatban továbbfejlesztett és pontosított talajlégzés modell szélesebb körű használatát.** A talajlégzés becsléshez javasoljuk mind az abiotikus (talajhőmérséklet, talajnedvesség), mind a biotikus (biomassza, vegetációs indexek) változók figyelembevételét.
4. **Új módszert javasoltunk a talajlégzés becslésére.** Kimutattuk, hogy a talajlégzést lehetséges kézi, digitális kamerával becsülni. A módszer alkalmazása lehetővé teszi, hogy rövid idő alatt (pár óra) több hektáros területről reprezentatív képünk legyen a talajlégzés mértékéről. A kamerával történő becsléshez mindenekelőtt kalibrációt kell elvégezni a mért talajlégzés, illetve a mért vegetációs index értékek között.

Irodalomjegyzék

- BELLARBY, J., et al. (2013): Livestock greenhouse gas emissions and mitigation potential in Europe. In: *Global Change Biology*, 19(1), 3–18. p. doi: 10.1111/j.1365-2486.2012.02786.x
- CHAPIN, F.S., et al. (2006): Reconciling carbon-cycle concepts, terminology, and methods. In: *Ecosystems*, 9, 1041–1050. doi:10.1007/s10021-005-0105-7
- CONANT, R. T., et al. (2010): Measuring and monitoring soil organic carbon stocks in agricultural lands for climate mitigation. In: *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(3), 169–173. p. doi:10.1890/090153
- FAO [2006.]: Livestock’s long shadows: environmental issues and options. Rome: FAO, 356 p.
- GITELSON, A., KAUFMAN, Y. J., STARK, R., AND RUNDQUIST, D. (2002): Novel algorithms for remote estimation of

- vegetation fraction. In: *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 76–87. p. doi:10.1016/S0034-4257(01)00289-9
- HASZPRA, L., et al. (2010): Atmospheric trends and fluctuations – Trends and temporal variations of major greenhouse gases at a rural site in Central Europe. 29-47 p. In: Haszpra, L. (Eds.): *Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective*. Springer, 393 p. doi:10.1007/978-90-481-9950-1_3
 - HORVÁTH, L., et al. (2010): Estimation of nitrous oxide emission from Hungarian semi-arid sandy and loess grasslands; effect of soil parameters, grazing, irrigation and use of fertilizer. In: *Agriculture, Ecosystems and environment*, 139(1-2), 255–263. p. DOI:10.1016/J.AGEE.2010.08.011
 - IPCC [2006]: Guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 4: Agriculture, forestry, and other land use, Chapter 10: Emissions from livestock and manure Management. (Eds.: Eggleston S., et al.) Hayama, Japan: IGES. 87 p.
 - JIA, B. R., AND ZHOU, G. S. (2009): Integrated diurnal soil respiration model during growing season of a typical temperate steppe: effects of temperature, soil water content and biomass production. In: *Soil Biology and Biochemistry*, 41(4), 681–686. p. doi:10.1016/j.soilbio.2008.12.030
 - NARDONE, A., et al. (2010): Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. In: *Livestock Science*, 130(1-3), 57–69. p. doi:10.1016/j.livsci.2010.02.011
 - OPIO, C., et al. (2013): Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – A global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
 - SCHWARZER, S., (2012): Growing greenhouse gas emissions due to meat production. UNEP GEAS Releases Alert on GHG Emissions from Meat Consumption. UNEP GEAS Bulletin, October, 1–40 p.
 - SENAPATI, N., et al. (2014): Net Ecosystem Carbon Balance measured in a mowed and grazed temperate sown grassland shows potential for carbon sequestration under grazed system. In: *Carbon Management*, 5(2), 131–144. p. doi:10.1080/17583004.2014.912863
 - SMITH P., et al. (2014): Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). 811–922. p. In: EDENHOFER, O., R. et al. (Eds.): *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1435 p.

- SOUSSANA, J. F., et al. (2010): Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. In: *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 4(3), 334–50. p. doi:10.1017/S1751731109990784

Publikációk az értekezés témakörében

IF, SCI folyóiratbeli cikk:

- KONCZ, P., BALOGH, J., PAPP, M., HIDY, D., PINTÉR, K., FÓTI, Sz., KLUMPP, K., NAGY, Z. (2015): Higher soil respiration under mowing than under grazing explained by biomass differences. In: *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 103, 201-215. p. doi:10.1007/s10705-015-9732-3 (IF: 1.89)
- KONCZ, P., BESNYŐI, V., CSATHÓ, A. I., NAGY, J., SZERDAHELYI, T., TÓTH, Zs., PINTÉR, K., BALOGH, J., NAGY, Z., BARTHA, S. (2014): Effect of grazing and mowing on the microcoenological composition of a semi-arid grassland in Hungary. In: *Applied Ecology and Environmental Research*, 12, 563-575. (IF: 0.58)
- FÓTI, Sz., BALOGH, J., NAGY, Z., HERBST, M., PINTÉR, K., PÉLI, E., KONCZ, P., BARTHA, S. (2014): Soil moisture induced changes on fine-scale spatial pattern of soil respiration in a semi-arid sandy grassland. In: *Geoderma*, 213, 245-254. p. doi:10.1016/j.geoderma.2013.08.009 (IF: 2.34)

Lektorált cikk:

- PAPP, M., BALOGH, J., PINTÉR, K., FÓTI, Sz., KONCZ, P., MARIAN, P., DARENOVA, E., NAGY, Z. (2014) Homoki gyepek CO₂-kibocsátásának vizsgálata új, nyílt rendszerű automata mérőeszközzel. In: *Agrokémia és talajtan*, 63, 329-340.

Konferencia kiadvány (nemzetközi):

- KONCZ, P., PINTÉR, K., HIDY, D., BALOGH, J., PAPP, M., FÓTI, Sz., HORTVÁTH, L., NAGY, Z. (2015): Farm scale greenhouse gas budget; grazing is smart. Climate Smart Agriculture, Global Science Conference, Montpellier, Le Corum, 16-18. March

2015. L3.1 Climate adaptation and mitigation solutions, Book of abstracts p. 193.
- KONCZ, P., BESNYŐI, V., CSATHÓ, A. I., NAGY, J., SZERDAHELYI, T., TÓTH, Zs., PINTÉR, K., BALOGH, J., NAGY, Z., BARTHA, S. (2014): Effect of grazing and mowing on the microcoenological composition of a semi-arid grassland in Hungary. VIII. Carpathian Basin Biological Symposium – I. Sustainable development in the Carpathian Basin, Budapest, Book of Abstracts, 45-46. p.
 - FÓTI, Sz., BALOGH, J., NAGY, Z., PINTÉR, K., PÉLI, E., KONCZ, P., BARTHA, S. (2011): Assay of optimal sample size of soil respiration in a dry sandy grassland. Carbon in a Changing world, Rome, 2011. October 23-26. Book of Abstracts, p. 63.

Konferencia kiadvány (magyar):

- BALOGH, J., FÓTI, Sz., PINTÉR, K., CSERHALMI, D., PAPP, M., KONCZ, P., NAGY, Z. (2012): A talajok CO₂-kibocsátásának jelentősége a hazai gyepek szénforgalmában. *Kitaibelia*, 17, 9. p.
- NAGY, Z., BALOGH, J., CSERHALMI, D., KONCZ, P., PAPP, M., PINTÉR, K. (2012): Gyepek CO₂-forgalmának évek közötti változékonysága. *Kitaibelia*, 17, 44.
- BARTHA, S., FÓTI, Sz., BALOGH, J., PÉLI, E., MARGÓCZI, K., CSETE, S., BÍRÓ, M., CSATHÓ, A. I., CSERHALMI, D., KONCZ, P., NÉMETH, Z., PAPP, M., SUTYINSZKI, Zs., SZENTES, Sz., TÓTH, Zs., MOLNÁR, K., KARI, A., SZERDAHELYI, T., NAGY, Z. (2012): A mikrocönológiai szerkezet és a szüfnfziológiai működés összefüggései homoki gyepekben. *Kitaibelia*, 17, 75.
- FÓTI, Sz., BALOGH, J., NAGY, Z., PINTÉR, K., PÉLI, E., KONCZ, P., BARTHA, S. (2012): A talajlégzés optimális mintaelemszámának és a mintavételi elrendezést befolyásoló tényezők. *Kitaibelia*, 17, 97.
- KONCZ, P., BALOGH, J., PINTÉR, K., NAGY, Z. (2012): Szén(-dioxid)-fluxus összehasonlítása kaszált és legelt füves ökoszisztémákban; az első év sikereinek summája. *Kitaibelia*, 17, 109.
- BALOGH, J., FÓTI, Sz., PINTÉR, K., PAPP, M., CSERHALMI, D., KONCZ, P., MARIAN, P., DARENOVA, E., NAGY, Z. (2012):

- Talajok CO₂ kibocsátásának mérése új, automatizált technikával. Magyar Ökológus Kongresszus, Keszthely, 2012. szeptember 5-7. Programfüzet, Előadások és poszterek összefoglalói, p. 28.
- KONCZ, P., BALOGH, J., PINTÉR, K., NAGY, Z. (2012): Kaszálás és legeltetés hatása a bugaci gyepek szénmérlegére. Magyar Ökológus Kongresszus, Keszthely, 2012. szeptember 5-7. Programfüzet, Előadások és poszterek összefoglalói, p. 61.
 - FÓTI, Sz., BALOGH, J., NAGY, Z., PINTÉR, K., PÉLI, E., KONCZ, P., BARTHA, S. (2012): A talajlégzés finomléptékű términtázatának függése az abiotikus kényszerektől. Magyar Ökológus Kongresszus, Keszthely, 2012. szeptember 5-7. Programfüzet, Előadások és poszterek összefoglalói, p. 46.

Előadás, konferencia poszter (nemzetközi):

- BESNYŐI, V., VADÁSZ, Cs., MÁTÉ, A., ANDRÁZ, C., NINA, J., CSATHÓ, A. I. KELEMEN, A., KOMOLY, C., KONCZ, P., KUN, R., MOLNÁR, Zs., SZABÓ, G., ZIMMERMANN, Z., BARTHA, S. (2014): Diversity and fine-scale spatial organization of microhabitats in species rich natural grasslands. „II. Sustainable development in the Carpathian Basin" international conference, Budapest, Zoo and Botanical Garden, 11-12. December 2014. Poster.
- KONCZ, P (2014): In situ soil and biomass sampling for carbon and nitrogen measurements. Livestock and climate change training, Gödöllő, Szent István University, 29th October 2014. (practical training)
- KONCZ, P., BESNYŐI, V., CSATHÓ A. I., NAGY, J., SZERDAHELYI, T., TÓTH, Zs., PINTÉR, K., BALOGH, J., NAGY, Z., BARTHA, S. (2014): Effect of grazing and mowing on the microcoenological composition of a semi-arid grassland in Hungary. “VIII. Carpathian Basin Biological Symposium – I. Sustainable development in the Carpathian Basin” international conference, Budapest, 21-23. November 2013. (presentation)
- PINTÉR, K., HIDY, D., KONCZ, P., BALOGH, J., CSERHALMI, D., PAPP, M., NAGY, Z. (2013): Grazing vs. mowing: measuring and modelling the CO₂ balance of two differently managed grassland. 27-28 June 2013, 2th AnimalChange Meeting, Dublin. (poster)
- KONCZ, P., PINTÉR, K., BALOGH, J., CSERHALMI, D., PAPP, M., NAGY TIBORNÉ DÉRI, H., HIDY, D., NAGY, Z. (2013):

Biomass duration of grazed and mowed grasslands. 27-28. June 2013, 2th AnimalChange Meeting, Dublin. (poster)

Előadás (hazai, csak első szerzős):

- KONCZ, P., et al. (2015): Az ország első farm szintű üvegházgáz mérlege. 10. Magyar Ökológus Kongresszus, Veszprém, 2015. augusztus 12-14.
- KONCZ, P., et al. (2012): Kaszálás és legeltetés hatása a bugaci gyepek szénmérlegére, 9. Magyar Ökológus Kongresszus, Keszthely, 2012. szeptember 5-7.
- KONCZ, P. (2012): Szén-dioxid fluxus összehasonlítása kaszált és legelt füves ökoszisztémákban. II. Szakkollégiumok konferenciája, Környezetvédelem Szekció. Szent István Egyetem, Kollégium B épület, 2012. május 7.