

RAZISKAVE DINAMIKE OGLJIKA V EKOSISTEMIH – RAZVOJNI POTENCIALI LABORATORIJA ZA ELEKTRONSKE NAPRAVE

Ecosystem carbo-dynamic research-development potentials of the laboratory of Electronic Devices

Mitja Ferlan*

Gozdarski inštitut Slovenije, Laboratorij za elektronske naprave, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

Ključne besede: ogljikov dioksid (CO₂), ekosistem, elektronika, mikrometeorologija

Keywords: carbon dioxide (CO₂), ecosystem, electronics, micrometeorology

V zadnjem obdobju se zaradi povečevanja izpustov toplogrednih plinov v atmosfero intenzivira preučevanje njihovega vpliva na različne ekosisteme. Eden izmed toplogrednih plinov, ki aktivno vstopa v kroženje snovi v ekosistemih, je tudi ogljikov dioksid (CO₂). Ekosistemi so lahko glede na njihove lastnosti in stanje, v katerem se nahajajo, potencialni vir oz. ponor CO₂. Ob predpostavki, da iz ekosistema ni drugih odtokov ogljika ali posebnih posegov v smislu odvzema biomase ali drugih večjih motenj, lahko privzamemo, da je neto izmenjava ogljika (Net ecosystem carbon exchange – NEE) enaka neto primarni produkciji ekosistema (NEP). Skoraj edini primarni producenti so avtotrofne rastline (GPP) in tako predstavljajo veliko večino produkcije biomase v ekosistemu. V ekosistemu tečejo tudi procesi razgradnje in v njem se gibljejo tudi heterotrofni organizmi, ki dihaajo; vse to lahko združimo pod skupno komponento dihanje ekosistema (Reco). NEP je torej razlika med GPP in Reco. V komponenti dihanja celotnega ekosistema (Reco) večji del predstavlja dihanje tal (Rs)

Pri raziskavah kroženja ogljika v kopenskih ekosistemih uporabljamo različne metode, od katerih bomo v prispevku omenili tri: metodo Eddy covariance, metodo komor in profilno metodo.

Za neposredno oceno neto izmenjave ogljika (NEE) med ekosistemom in ozračjem se najpogosteje uporablja metoda Eddy covariance, ki so jo uspešno uporabili v najrazličnejših vrstah ekosistemov. Prva uporaba omenjene metode sega v 70-a leta prejšnjega stoletja (Desjardins 1974; Baldocchi in sod. 1988). Število raziskav z uporabo te metode se je vsako leto povečevalo. Z metodo Eddy covariance dobimo vpogled v

izmenjavo ogljika za celoten ekosistem (NEE), ne pa tudi v posamezne segmente ogljikovega cikla. Meritve NEE med ekosistemom in atmosfero z metodo Eddy covariance potekajo nad ekosistemom, v plasti, kjer zračni tokovi niso več pod vplivom vegetacije. Metoda potrebuje vhodne podatke o hitrostih vetra v vseh treh smereh (x, y, z) in podatke o koncentraciji CO₂ ter temperaturi, posnete s frekvenco vsaj 10 Hz. Obdelava surovih podatkov poteka po ustaljenih in priznanih metodologijah, ki so jih predlagali številni raziskovalci (Aubinet in sod. 2000; Webb in sod. 1980; Foken in Wichura, 1996; Reichstein in sod. 2005; Papale in sod. 2006; Richardson in Hollinger, 2007; Lasslop in sod. 2010) in po uspešni obdelavi teh surovih podatkov dobimo polurne vrednosti NEE. Kot primera meritev in uspešne uporabe omenjene metode predstavljamo meritve na območju Podgorskega krasa na opuščeni, zaraščajoči se površini in na ekstenzivnem pašniku. V opazovanem obdobju (1. 7. 2008 – 30. 11. 2012) je bila zaraščajoča površina neto ponor ogljika (NEE = $-800 \pm 82 \text{ gCm}^{-2}\text{obdobje}^{-1}$), medtem ko je bil ekstenzivni pašnik vir ogljika (NEE = $1273 \pm 147 \text{ gCm}^{-2}\text{obdobje}^{-1}$). Pomembno vlogo pri uspešni izvedbi meritev ima pravilno vzdrževana elektronska terenska merilna oprema in zagotavljanje električne energije na oddaljenih merilnih mestih, ki niso opremljena z električnim omrežjem. Za vzdrževanje in servisiranje merilnih mest se je na Gozdarskem inštitutu Slovenije oblikoval Laboratorij za elektronske naprave (Laboratory for Electronic Devices).

Osnovni problem meritev v naravnih ekosistemih je heterogenost in ta je lahko še posebej izražena prav v tleh,

*e-naslov: mitja.ferlan@gozdis.si

kjer se dogajajo tudi procesi dihanja tal. Procese dihanja tal (R_s) najpogosteje spremljamo z metodo komor. Kljub široki uporabi komor za meritve R_s ni izdelanega standarda o dimenzijah in tipu komor za izvedbo teh meritev. Pumpanen in sod. (2004) so tako preizkusili 20 različnih izvedb komor za meritve R_s in jih primerjali s kalibracijskimi vrednostmi znanega toka CO_2 od 0.32 do 10.01 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Ugotovili so, da v povprečju vse komore dosegajo dobre rezultate in od kalibracijskih vrednosti ne odstopajo za več kot 4 %. Večina raziskovalcev uporablja sistem, kjer se odpira le pokrov komore, njen obod pa ostane na merilnem mestu (npr.: McGinn in sod. 1998; Edwards in Riggs 2003; Delle Vedove in sod. 2007), kar potencialno lahko vpliva na spremembo talne temperature in talne vlage na merilnem mestu. Poleg meritev tokov NEE so v okviru raziskav na Podgorskem krasu potekale tudi meritve R_s . V Laboratoriju za elektronske naprave Gozdarskega inštituta Slovenije smo razvili sistem avtomatskih komor z izboljšanim mehanizmom odpiranja in zapiranja, ki minimalno vpliva na merilno mesto. Sistem vsebuje tako krmilno elektroniko in hranilnik podatkov kot tudi merilec koncentracije CO_2 LI-840 proizvajalca Li-Cor. Avtomatski sistem za meritve R_s z večjim številom merilnih komor lahko znatno prispeva k poznavanju časovne in prostorske variabilnosti R_s . Rezultat meritev dihanja tal v preučevanem obdobju od 1. 9. 2012 do 30. 11. 2012 z avtomatskim merilnim sistemom je srednja vrednost R_s 22.867 $\text{gCm}^{-2}\text{obdobje}^{-1}$, z največjim 0.204 $\text{gCm}^{-2}\text{obdobje}^{-1}$ (CV: 0.9 %) in najmanjšim 0.025 $\text{gCm}^{-2}\text{obdobje}^{-1}$ (CV: 0.1 %) standardnim odklonom za 2 oziroma 14 merilnih mest.

Nekatere študije s področja kroženja ogljika, izvedene na ekosistemih s karbonatno matično osnovo, opozarjajo na pomemben prispevek geogenega toka CO_2 iz tal oz. izpodriva biogenega CO_2 iz jam, kavern in por (Emmerich 2003; Kowalski in sod. 2008, Inglema in sod. 2009; Serrano-Ortiz in sod. 2010), kar vodi v še kompleksnejše in zahtevnejše raziskave. Za namen ovrednotenja komponente ventilacije CO_2 iz karbonatnih tal je večina raziskovalcev preučevala jamske sisteme. V okviru raziskav na Podgorskem krasu smo oktobra 2013 pričeli izvajati meritve koncentracij CO_2 in temperature zraka v jami Črnotiče 13. V ta namen smo v Laboratoriju za elektronske naprave Gozdarskega inštituta Slovenije razvili avtomatski multipleksterski sistem za meritve koncentracij CO_2 , namenjen meritvam po profilni metodi. Sistem vsebuje krmilno elektroniko, hranilnik podatkov in merilec koncentracije CO_2 LI-840 proizvajalca Li-Cor. Sistem smo namestili v vertikalni del jame Črnotiče 13 na 7 merilnih mestih in sicer v profilu od površja (0 m) do globine 30 m. Rezultati meritev kažejo na izrazito dinamiko koncentracij CO_2 , predvsem na globinah med 15 m in 30 m, ki je povezana z gibanjem zračnega tlaka in nihanjem zračne temperature. Gibanje in poznavanje mehaniz-

mov potencialnega izpodrivanja CO_2 iz merjene jame lahko prenesemo tudi na gibanje zraka v talnih porah in manjših kavernah v karbonatni matični podlagi. Raziskave dinamike kroženja snovi v ekosistemih so nujno povezane s terenskimi meritvami, pri katerih pogosto uporabljamo elektronske naprave za izvedbo kontinuiranih mikrometeoroloških meritev. Uspešna izvedba mikrometeoroloških meritev po že uveljavljenih metodah in testiranje novih inovativnih metod zahteva znanje elektrotehnike v povezavi s poznavanjem delovanja preučevanega ekosistema, kar je združeno v Laboratoriju za elektronske naprave Gozdarskega inštituta Slovenije.



Slika 1: Raziskovalna oprema za metodo Eddy covariance na ploskvi Zaraščanje (avtor: Iztok Sinjur)



Slika 2: Raziskovalna oprema za metodo zaprtih komor na raziskovalni ploskvi Pašnik (avtor: Mitja Ferlan)

Viri:

- Baldocchi D. D., Hicks B. B., Meyers T. P. 1988. Measuring biosphere-atmosphere exchanges of biologically related gases with micrometeorological methods. *Ecology*, 69, 5: 1331–1340
- Delle Vedove G., Alberti G., Zuliani M., Peressotti A. 2007. Automated Monitoring of Soil Respiration: an Improved Automatic Chamber System. *Italian Journal of Agronomy*, 4: 377–382
- Desjardins R. L. 1974. Technique to measure CO₂ exchange under field conditions. *International Journal of Biometeorology*, 18, 1: 76–83
- Edwards N. T., Riggs J. S. 2003. Automated monitoring of soil respiration: A moving chamber design. *Soil Science Society of America Journal*, 67, 4: 1266–1271
- Emmerich W. E. 2003. Carbon dioxide fluxes in a semiarid environment with high carbonate soils. *Agricultural and Forest Meteorology*, 116, 1–2: 91–102
- Foken T., Wichura B. 1996. Tools for quality assessment of surface-based flux measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, 78, 1–2: 83–105
- Inghima I., Alberti G., Bertolini T., Vaccari F. P., Gioli B., Miglietta F., Co-trufo M. F., Peressotti A. 2009. Precipitation pulses enhance respiration of Mediterranean ecosystems: the balance between organic and inorganic components of increased soil CO₂ efflux. *Global Change Biology*, 15, 5: 1289–1301
- Kowalski A. S., Serrano-Ortiz P., Janssens I. A., Sanchez-Moraic S., Cuezva S., Domingo F., Were A., Alados-Arboledas L. 2008. Can flux tower research neglect geochemical CO₂ exchange? *Agricultural and Forest Meteorology*, 148, 6–7: 1045–1054
- Lasslop G., Reichstein M., Papale D., Richardson A. D., Arneith A., Barr A., Stoy P., Wohlfahrt G. 2010. Separation of net ecosystem exchange into assimilation and respiration using a light response curve approach: critical issues and global evaluation. *Global Change Biology*, 16, 1: 187–208
- McGinn S. M., Akinremi O. O., McLean H. D. J., Ellert B. 1998. An automated chamber system for measuring soil respiration. *Canadian Journal of Soil Science*, 78, 4: 573–579
- Papale D., Reichstein M., Aubinet M., Canfora E., Bernhofer C., Kutsch W., Longdoz B., Rambal S., Valentini R., Vesala T., Yakir D. 2006. Towards a standardized processing of Net Ecosystem Exchange measured with eddy covariance technique: algorithms and uncertainty estimation. *Biogeosciences*, 3, 4: 571–583
- Pumpanen J., Kolari P., Ilvesniemi H., Minkkinen K., Vesala T., Niinistö S., Lohila A., Larmola T., Morero M., Pihlatie M., Janssens I., Yuste J. C., Grünzweig J. M., Reth S., Subke J.-A., Savage K., Kutsch W., Østregren G., Ziegler W., Anthoni P., Lindroth A., Hari P. 2004. Comparison of different chamber techniques for measuring soil CO₂ efflux. *Agricultural and Forest Meteorology*, 123, 3–4: 159–176
- Reichstein M., Falge E., Baldocchi D., Papale D., Aubinet M., Berbigier P., Bernhofer C., Buchmann N., Gilmanov T., Granier A., Grunwald T., Havrankova K., Ilvesniemi H., Janous D., Knohl A., Laurila T., Lohila A., Loustau D., Matteucci G., Meyers T., Miglietta F., Ourcival J. M., Pumpanen J., Rambal S., Rotenberg E., Sanz M., Tenhunen J., Seufert G., Vaccari F., Vesala T., Yakir D., Valentini R. 2005. On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm. *Global Change Biology*, 11, 9: 1424–1439
- Richardson A. D., Hollinger D. Y. 2007. A method to estimate the additional uncertainty in gap-filled NEE resulting from long gaps in the CO₂ flux record. *Agricultural and Forest Meteorology*, 147, 3–4: 199–208
- Serrano-Ortiz P., Roland M., Sanchez-Moral S., Janssens I. A., Domingo F., Godderis Y., Kowalski A. S. 2010. Hidden, abiotic CO₂ flows and gaseous reservoirs in the terrestrial carbon cycle: Review and perspectives. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150, 3: 321–329
- Webb E. K., Pearman G. I., Leuning R. 1980. Correction of flux measurements for density effects due to heat and water-vapor transfer. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 106, 447: 85–100