

Közeli fák kivágásának hatása a mért légköri elektromos potenciálgradiens értékekre

BUZÁS ATTILA^{1,2*} ÉS BÓR JÓZSEF¹

¹Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet (ELKH FI), Sopron

²Földtudományi Doktori Iskola, Természettudományi Kar, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Absztrakt

A nagycenki Széchenyi István Geofizikai Obszervatóriumban (NCK) található légköri elektromos potenciálgradiens (PG) mérésektől keletre elhelyezkedő facsoport 2020. február 24-én kivágásra került. A fák kivágásának a PG mérésre gyakorolt hatását egy elektrosztatikus numerikus modell segítségével mértük fel. Továbbá tanulmányunkban elemeztük a 2017 és 2021 között mért nagycenki PG adatokat is. Azt találtuk, hogy a PG akár 52%-kal is megnőtt a fák kivágását követően. A numerikus modellszámítások nagyobb, 78%-os növekményt jeleztek. A 2017 és 2021 között mért PG évszakos változásának elemzése megerősítette, hogy ez a növekedés nem a természetes évszakos változás eredménye, továbbá hogy ennek az anomáliának a legvalószínűbb oka az árnyékoló hatás csökkenése a fák kivágása miatt.

Kulcsszavak: légköri elektromosság, légköri elektromos potenciálgradiens, elektrosztatikus árnyékoló hatás, atmoszféra–bioszféra csatolás, numerikus modellezés.

Bevezetés

A légköri elektromos potenciálgradiens (PG) a vertikális légköri elektromos térerősség ellentettje, mértékegysége a Vm^{-1} . A PG egy széleskörűen monitorozott fizikai mennyiség, általában a földfelszín közelében (kb. 1–3 m magasságban) mérik geofizikai és meteorológiai obszervatóriumokban szerte a világon (Nicoll és társai, 2019). A PG az egyik fő paramétere az ún. Globális Légköri Elektromos Áramkör (GLEK)

*Levelező szerző: Buzás Attila (buzas.attila@epss.hu)

Hivatkozás: Buzás A. és Bór J. (2022): Közeli fák kivágásának hatása a mért légköri elektromos potenciálgradiens értékekre. *Geofizikai Obszervatóriumi Közlemények 2020*, 7-15. <https://doi.org/10.55856/gok2020.1>

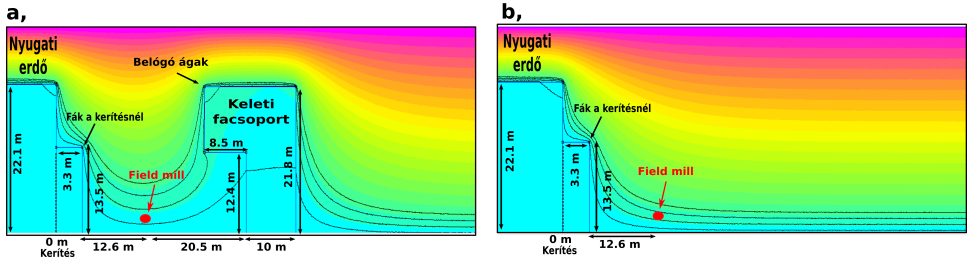
egyenáramú részének. A GLEK a földfelszín az alsó ionoszférával összekötő elektromos áramok globális keretrendszere (Rycroft és társai, 2012). A PG egyúttal egy sokoldalúan felhasználható diagnosztikai eszköz a földtudományokban, mivel képes a GLEK-ben és a földi éghajlati rendszerben lezajló globális változások, valamint úridőjárás folyamatok visszatükrözésére (Rycroft és társai, 2012).

A nagyeceni Széchenyi István Geofizikai Observatóriumban (NCK) 1961-ben kezdődtek meg a PG mérések Bencze Pál és Márcz Ferenc geofizikusok felügyeletével egy helyi fejlesztésű, potenciálkiegyenlítésen alapuló, radioaktív ionizáló forrást tartalmazó műszer segítségével (Bencze & Márcz, 1981). A rendszeres karbantartás és a heti rendszerességű műszerkalibráció biztosította az adatok kiváló minőségét az évtizedek során egészen napjainkig. 1998-ban egy másik, szintén helyi fejlesztésű radioaktív anyagot tartalmazó műszert telepítettek a PG szimultán mérésére. Végül 2013-ban egy korszerűbb műszer, egy Boltek EFM-100 field mill kezdte meg működését (Bór és társai, 2020).

A fák elektrosztatikus árnyékoló hatása

Közeli tárgyak, mint például egy fém pózna vagy élő fák torzítják a környező légköri elektromos tér ekvipotenciális felületeit, csökkentve ezzel a közelben mérhető PG értékét (Lees, 1915). Ezt a jelenséget elektrosztatikus árnyékolásnak hívják és nagyban hozzájárult a nagyeceni PG adatokban megfigyelt hosszú távú csökkenéshez (Márcz & Harrison, 2003; Williams és társai, 2005; Buzás és társai, 2021). A nagyeceni PG mérések egy facsoportokkal és erdővel körülvett tisztáson helyezkednek el. Az idők folyamán, ahogy a fák egyre magasabbra nőttek, az árnyékoló hatásuk is egyre szignifikánsabbá vált, ezzel még inkább csökkentve a felszín közelében mért PG-t. Annak érdekében, hogy korrigálhassuk ezt a nemkívánatos árnyékoló hatást egy véges elemes numerikus modellt készítettünk. A modell részletes leírása megtalálható a Buzás és társai (2021) tanulmányban.

2020. február 24-én a PG méréstől keletre elhelyezkedő facsoport kivágásra került. Ezen esemény hatásának számszerűsítésére a numerikus modell geometriáját megváltoztattuk úgy, hogy a keleti facsoportot eltávolítottuk a modelltől (1. ábra). A két különböző konfigurációjú modell (keleti facsoporttal és anélkül) elemzésével az árnyékoló objektumok geometriájában bekövetkezett változás mért PG értékekre gyakorolt hatása meghatározható (1. ábra).



1. ábra. Modell geometria a keleti facsoport 2020. február 24-én történt kivágása előtt (a) és után (b).

Adatok és módszerek

Jelen tanulmányban a Boltek EFM-100 field mill által 3 m-es magasságban mért, a fák árnyékoló hatására nem korrigált szép idő PG adatokat használtuk fel. Az adatokat nem korrigáltuk a műszer elhelyezkedéséből fakadó geometriai torzításra sem. A szép idő PG adatok olyan PG adatok, amelyeket úgynevezett szép idő körülmények között rögzítettek, vagyis olyan időszakokban, amikor a helyi időjárási körülmények PG-re gyakorolt hatása elhanyagolható (Harrison & Nicoll, 2018; Nicoll és társai, 2019). Mivel nem álltak rendelkezésünkre kiegészítő meteorológiai adatsorok a szép idő körülmények megbízható meghatározására, a PG adatok szép idő szelekciójára egy a PG adatok előjelen és nagyságán alapuló statisztikai módszerrel használtunk. Első lépésben a negatív PG értékeket hanyagoltuk el, mivel a negatív PG a szép idő követelményeknek nem megfelelő, ilyen értelemben "rossz időre" utal (Harrison & Nicoll, 2018). Továbbá a nagy pozitív PG értékek is rossz időjárási körülményekkel (pl.: alacsony magasságú elektromosan töltött felhők a mérőhely közelében vagy közvetlenül felette) függnek össze. Ezen megfontolásból csak azokat a pozitív előjelű PG adatokat tekintettük szép idő adatoknak, amelyek a teljes PG adatsor mediánjától való abszolút eltérések eloszlásának mediánjának az ötszörösénél kisebbek (Lucas és társai, 2017). A szép idő korrekciót az eredeti, nagy időbeli felbontású, azaz 2 Hz-en rögzített PG adatokon hajtottuk végre. Ezt követően órás átlagokat képeztünk a nagy időbeli felbontású szép idő PG adatokból és ezeket az órás átlagokat használtuk aztán az elemzések során.

A fakivágás várható hatását a mérőhelyre tervezett két, különböző geometriájú modell segítségével határoztuk meg. A modellezett PG értékeket kiszámítottuk az EFM-100 field mill mérőfejének helyén és magasságában a két különböző modell esetén (1. ábra). E két modellezett PG érték hányadosa elvileg a fakivágás előtt és

után mért PG értékek hányadosát tükrözi.

Mivel a fákat egyazon napon vágják ki, ezért az okozott változásnak azonnal meg kellene jelennie a PG adatokban. A PG természetes napi változása azonban elfedheti a kisebb különbségeket, így előnyösebb egy statisztikai megközelítés. A PG természetes évszakos változása (Chalmers, 1967, pp. 168–169) viszont határt szab a fakivágás előtti és utáni vizsgálandó időszakok hosszának. Kompromisszumos megoldásként a fakivágás előtti és utáni 14 nap szép idő PG adatait és az azokból képzett statisztikai mérőszámokat használtuk fel az összehasonlításban.

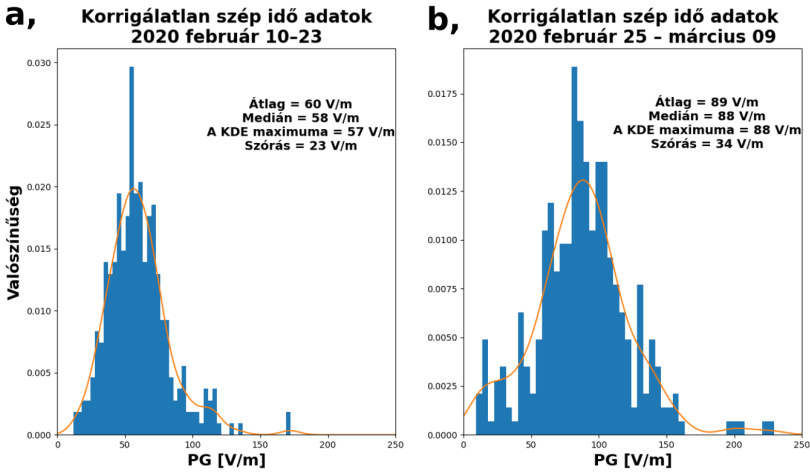
Annak érdekében, hogy a fakivágás nagycenki PG-re gyakorolt hosszabb távú hatásait is vizsgáljuk, kiszámítottuk a 2017 és 2021 közötti szép idő PG évszakos menetét (havi átlagokat képeztünk). Ezáltal tanulmányozhatók a különböző évek megegyező időszakaiban mért PG értékek a fakivágás előtről és utánról.

Eredmények

A keleti facsoport kivágása előtti és utáni geometriát tükröző numerikus modellek alapján kiszámított modellezett növekedés a PG-ben +78% a Boltek EFM-100 field mill helyén (1. ábra).

A 2. ábrán láthatóak a PG adatok hisztogramjai a keleti facsoport 2020-ban történt kivágása előtti és utáni két hétből. A fák kivágása előtti két hét (2020. február 10–23) PG adatainak átlaga, mediánja és a Gauss-féle magfüggvénnyel közelített eloszlásuk maximuma 60 Vm^{-1} , 58 Vm^{-1} és 57 Vm^{-1} (2/a. ábra és I. táblázat). Azonban a fák kivágását követő két hét (2020. február 25 – március 09) PG adataiból származtatott átlag, medián és a Gauss-féle magfüggvénnyel közelített eloszlás maximuma 89 Vm^{-1} , 88 Vm^{-1} és 88 Vm^{-1} (2/b. ábra és I. táblázat). Ez egy 29 Vm^{-1} (+48%), 30 Vm^{-1} (+52%) és 31 Vm^{-1} -es (+54%) növekedésnek felel meg az átlagot, a mediánt és a Gauss-féle magfüggvénnyel közelített eloszlás maximumát tekintve.

Annak érdekében, hogy megbizonyosodjunk arról, hogy a PG adatokban tapasztalt növekedést nem a PG természetes évszakos változása okozta, kiszámítottuk az előző három év (2017, 2018 és 2019) és 2021 azonos időszakainak PG átlagait (I. táblázat). A PG csökkent 2017-ben, 2019-ben és 2021-ben, illetve stagnált 2018-ban a február 10–23 és a február 25 – március 09 időszakokban, vagyis a 2020-as fakivágás előtti és utáni adott évbeli két-két hetes időszakok között. Ehhez képest a PG drasztikusan nőtt 2020 ugyanazon időszakaiban. Ez alátámasztja a megállapítást miszerint a PG a keleti facsoport kivágása következtében nőtt meg 2020-ban a



2. ábra. A keleti facsoport 2020-ban történt kivágása előtti (a) és utáni (b) két hét PG adatainak hisztogramjai. A narancssárga folytonos vonalak a PG adatok Gauss-féle magfüggvénnyel közelített eloszlásait jelölik, ami a PG adatok valószínűségi sűrűségfüggvényének egy közelítése.

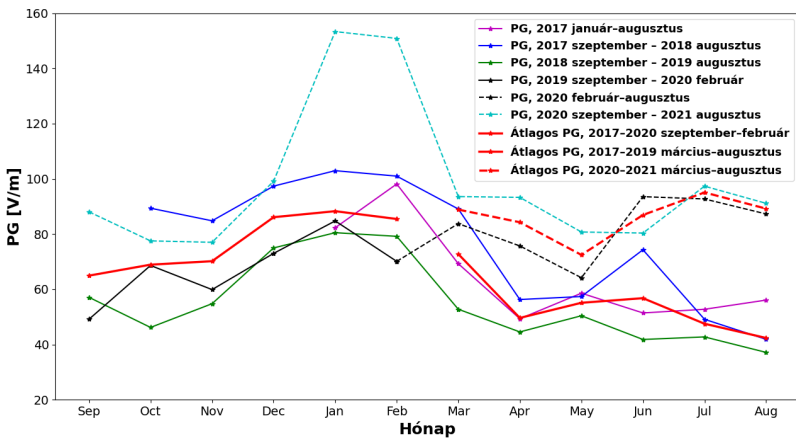
csökkent elektrosztatikus árnyékoló hatás miatt (I. táblázat).

I. táblázat. A február 24-i fakivágás előtti és utáni 14 napból származó PG adatok átlagai a 2017–2021-es években.

	Átlag az adott évben				
	2017	2018	2019	2020	2021
PG, február 10–23 [V/m]	99	95	79	60	158
PG, február 25 – március 09 [V/m]	73	99	67	89	92
Százalékos változás	-26%	+4%	-15%	+48%	-71%

Az északi féltekei szárazföldi állomásokon mért PG éves minimuma nyáron, míg maximuma télen van (Chalmers, 1967, pp. 168–169). A 2017, 2018, 2019 és 2021-ben mért PG követi ezt az évszakos változást (3. ábra). Azonban nem ez a helyzet

2020-ban. A nagyecenki PG 2020-ban csökkenni kezdett februárban, de nem csökkent tovább márciusban. 2020 márciusában egy számottevő növekedés tapasztalható a PG-ben, ami nem felel meg a szabályos évszakos változásnak (3. ábra). Ennek a növekedésnek a legvalószínűbb oka a keleti facsoport kivágása február 24-én. Továbbá 2020 februárját követően a PG magasabb, mint 2017–2019-ben az adott időszakban és ez igaz 2021-re is (3. ábra). 2020-ban egészen februárig a PG jól megfelelt az előző évek átlagainak, mígnem márciustól az adatok inkább a következő évek átlagaihoz állnak közel. 2017–2018 telén kiugróan magas értékeket mért a field mill a következő évek adataihoz képest, aminek az okát eddig még nem sikerült felderíteni.



3. ábra. A nagyecenki PG évszakos változása 2017 és 2021 között. Az adott évek adatait szeptembertől augusztusig ábrázoltuk, hogy jobban látható legyen a február végi fakivágás (ami így a x-tengely közepénél helyezkedik el) előtti és utáni időszakból származó értékek közötti különbség.

A keleti facsoport kivágása okozta modellezett PG növekedés (+78%) felülbecsüli a mért növekményt (+48–52%) (I. táblázat). Azért, hogy ezt a változást hosszabb időskálán is tanulmányozni tudjuk, kiszámítottuk a 2017 és 2021 közötti havi PG átlagok százalékos különbségeit (II. táblázat). A szeptember és február közötti hónapok esetében a 2017 és 2020 közötti havi átlagokat hasonlítottuk össze (az első folytonos piros vonal a 3. ábrán) a 2020–2021-ben mért havi átlagokkal (szaggatott cian színű görbe a 3. ábrán). A március és augusztus közötti hónapok esetében a 2017 és 2019 közötti havi átlagokat hasonlítottuk össze (a második

II. táblázat. A fakivágás utáni időszakból származó havi PG átlagok százalékos változása a fakivágás előtti időszakhoz képest. A 2017 és 2021 közötti időszakból származó adatokat vettük figyelembe. Részletek a szövegben.

Hónapok	Jan	Feb	Már	Ápr	Máj	Jún	Júl
Százalékos különbség	+75%	+73%	+26%	+69%	+31%	+56%	+97%
Hónapok	Aug	Szep	Okt	Nov	Dec	Átlag	
Százalékos különbség	+98%	+66%	+14%	+16%	+21%	+53%	

folytonos piros vonal a 3. ábrán) a 2020–2021-ben mért havi átlagokkal (szaggatott vörös színű görbe a 3. ábrán) (II. táblázat). A havi százalékos különbség igen változónak mutatkozott az év során, nyáron és január–februárban magasabb, míg az év végén alacsonyabb értékek jellemzik (II. táblázat). A havi százalékos különbségek átlaga +53%, jó egyezést mutat a két héttel a fakivágás előtről és két héttel a fakivágás utánról vett PG adatokból származtatott +(48–52)%-os értékkel (2. ábra; I. és II. táblázat). A 2017 január és 2018 augusztus közötti kiugróan magas PG értékek megnövelték a 2017–2019-es átlagot és így csökkentették a havi átlagok közti százalékos különbséget (3. ábra; II. táblázat).

Összegzés és konklúziók

A nagycenki PG mérésektől keletre található facsoportot 2020. február 24-én kivágták. Ez az esemény számottevő, 48–52%-os növekedést okozott a PG értékekben a fakivágás előtti és utáni két hét adatai alapján (2. ábra; I. táblázat).

A fakivágást követő ezen növekedés a PG-ben nem a természetes évszakos változás része, ugyanis a PG csökkent ebben az időszakban 2017, 2019 és 2021-ben is (3. ábra; I. táblázat).

A PG évszakos változása 2020-ban nem követi a természetes évszakos változást (3. ábra). 2020-ban a PG nem kezd el csökkenni február után. Épp ellenkezőleg, számottevő növekedést mutat február és március között. Ezt a jelenséget minden valószínűség szerint a keleti facsoport 2020. február 24-i kivágása okozta csökkent elektrosztatikus árnyékoló hatással magyarázhatjuk.

A numerikus modellezés eredményeképpen kapott százalékos növekedés a PG értékekben +78%, ami nagyobb, mint a mért növekedés (48–52%). Figyelembe véve azonban, hogy a természetes évszakos változás következtében a PG számottevően

csökken az évek abban az időszakában és a PG értékeknek egyébként is nagy a szórása, a modellezett és a mért százalékos növekedés közti egyezés elfogadható. A 2020–2021-es és a 2017–2019-es havi átlagok közti százalékos eltérés is igen nagy változatosságot mutat +14%-tól (októberben) +98%-ig (augusztusban) (II. táblázat). A 2017 január és 2018 augusztus közötti nagy PG értékek csökkentik az átlagos százalékos növekedést ezzel növelve a modellezett és a mért értékek közti különbséget (3. ábra).

Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatás a magyar Nemzeti, Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) támogatásával jött létre (pályázat azonosítószáma: K115836).

Irodalomjegyzék

- Bencze, P. & Márcz, F. (1981). The geophysical observatory near Nagycenk II. Atmospheric electric and ionospheric measurements. *Acta Geodaetica, Geophysica et Montanistica Hungarica*, 16, 353–357
- Bór, J., Sători, G., Barta, V., Szabóné-André, K., Szendrői, J., Wesztergom, V., Bozóki, T., Buzás, A., & Koroncay, D. (2020). Measurements of atmospheric electricity in the Széchenyi István Geophysical Observatory. Hungary, *History of Geo- and Space Sciences*, 11, 53–70, <https://doi.org/10.5194/hgss-11-53-2020>
- Buzás, A., Barta, V., Horváth, T., & Bór, J. (2021). Revisiting the long-term decreasing trend of atmospheric electric potential gradient measured at Nagycenk, Hungary, Central Europe. *Annales Geophysicae*, 39, 627–640, <https://doi.org/10.5194/angeo-39-627-2021>
- Chalmers, J. A. (1967). *Atmospheric Electricity* (2nd ed.). United Kingdom, London: Pergamon Press, 515 p.
- Harrison, R. G., & Nicoll, K. A. (2018). Fair weather criteria for atmospheric electricity measurements. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 179, 239–250, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2018.07.008>
- Lees, C. H. (1915). On the Shapes of Equipotential Surfaces in the Air near Long Walls or Buildings and on their Effect on the Measurement of Atmospheric Potential Gradients. *Proceedings of the Royal Society A*, 91(631), 440–451, <https://www.jstor.org/stable/93515>

- Lucas, G. M., Thayer, J. P., & Deierling, W. (2017). Statistical analysis of spatial and temporal variations in atmospheric electric fields from a regional array of field mills. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *122*(2), 1158–1174, <https://doi.org/10.1002/2016JD025944>
- Märcz, F., & Harrison, R. G. (2003). Long-term changes in atmospheric electrical parameters observed at Nagyecenk (Hungary) and the UK observatories at Eskdalemuir and Kew. *Annales Geophysicae*, *21*(11), 2193–2200, <https://doi.org/10.5194/angeo-21-2193-2003>
- Nicoll, K. A., Harrison, R. G., Barta, V., Bór, J., Brugge, R., Chillingarian, A., Chum, J., Georgoulas, A. K., Guha, A., Kourtidis, K., Kubicki, M., Mareev, E., Matthews, J., Mkrtchyan, H., Odzimek, A., Raulin, J.-P., Robert, D., Silva, H. G., Tacza, J., Yair, Y., & Yaniv, R. (2019). A global atmospheric electricity monitoring network for climate and geophysical research. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, *184*, 18–29, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2019.01.003>
- Rycroft, M. J., Nicoll, K. A., Aplin, K. L., & Harrison, R. G. (2012). Recent advances in global electric circuit coupling between the space environment and the troposphere. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, *90–91*, 198–211, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2012.03.015>
- Williams, E., Markson, R., & Heckman, S. (2005). Shielding effects of trees on the measurement of the Earth’s electric field: Implications for secular variations of the global electrical circuit. *Geophysical Research Letters*, *32*(19), L19810, <https://doi.org/10.1029/2005GL023717>