

Válasz Prof. Dr. Bogárdi István bírálatára

Mindenekelőtt köszönöm az alapos opponensi véleményt és a pozitív hangvételi bírálatot!

A bírálatban felmerült észrevételekre, kérdésekre a következő pontokban reflektálnék.

1. *„Mint fentebb említettem, Tian-Ye Wang et al. (2019) nemcsak idézi a jelölt cikkét, hanem sikeresen alkalmazza is gyakorlatban (lásd az ábrát). Ez kétségtelenül a jelölt módszerét erősíti. Viszont a jelölttől elvárható lett volna, hogy ezt, az értekezés előtt hozzáférhető munkát értékelje és összehasonlítsa saját módszerével a kísérleti területen.”*

Egyetértek avval, hogy Tian-Ye Wang et al. 2019 publikációját figyelembe vehettem volna az értekezés írásakor, de sajnos elkerülte a figyelmemet.

„Még értékesebb lett volna a jelölt módszerének leírása, ha értékelte volna azt a hibát, amely abból származik, hogy az óras utánpótlódást napi két mérésből interpolálja.”

A napi két mérés interpolálása hibát rejthet magában, az empirikus al módszer esetében, példaként, hogy egy hibás mérést használunk fel adatpontként (ami nem jellemzi valóságosan azt az időszakot). Azonban figyelembe kell venni, hogy sok esetben az idősor zajossága miatt egy erősebb szűrőt alkalmazunk és így a két pont igazából nem kettő, hanem 2*7-11 adat (kb. 2*1-2 óra) a legtöbb esetben (hiszen ilyen szélesek az alkalmazott szűrők általában). Előbbiek miatt az esetleges hibás mérés figyelembevétele jelentősen csökken. Egyébiránt a hibás adatok kiejtése mindenképpen szükséges lenne a módszer alkalmazása előtt, tehát nyers adatsorokon kontrol nélkül nem javaslom az eljárás használatát.

2. *„A bíráló hiányolja annak indoklását, hogy miért szükséges a jelölt, számos mérést igénylő három módszere, a könnyebben alkalmazható PM potenciális ET számításhoz képest, amelyet maga is etalonnak tekint.”*

A Penman-Monteith (PM) módszer valóban reprezentatív alkalmazásához a vizsgált növényállomány (és ez esetünkben erdő) fölött kellene elhelyeznünk a meteorológiai műszereket és ehhez általában egy tornyot kell építenünk nem kis költséggel. A másik hátránya a PM módszernek, hogy hőmérséklet, páratartalom, szélesség és nettó radiáció adatot is igényel, tehát minimum 4 paraméter (ha sugárzási egyenleg származtatását nem számítjuk), míg a napi ingadozáson alapuló módszernél csak egy paramétert mérünk.

3. *„Kérdéses ugyanakkor a PM etalonnak tekintése. Tudjuk, hogy a tényleges transpiráció a talaj víztartalmától függ. Lásd az alábbi magyarázó ábrát. Igaz, hogy a vízfolyásmenti övezetek talaja „nedves”, de egyszerűen feltételezni, hogy a teljes gyökérzónában a talaj víztartalma mindig legalább FC, nehezen indokolható. Ez a kérdés még hangsúlyozottabb, amikor az ET számítási módszere a talajnedvesség változás alapján történik (IV. Fejezet). A háromfázisú zónában nincs mindig FC. Egyébként a jelölt maga is, pl. a II-1. ábrán (A vízfolyásmenti zóna egyszerűsített modellje), ezt mutatja.”*

A talajvíz és vízhozam napi ingadozása alapján kidolgozott módszerekkel számított ET igazából a talajvízből származó ET-t jelent, bár mivel a Hidegvíz-völgy völgytalpi területein a talajvíz nagyon

közel van a felszínhez, ezért ez hasonló a teljes ET-hez. Ha a talajvíz mélyebben (több m mélységben) van, akkor mindenképpen a talajvízből származó ET a helyes megnevezés. A talajnedvességen alapuló módszer esetében, ha a talajnedvesség mérése a teljes vadózus zónát reprezentatívan átfogja, akkor a számított ET sem csak a talajvízből származó rész, hanem a teljes ET. Ez az eljárás egyébiránt a talajnedvesség profil fogyását az FC értéke alatt is figyelembe tudja venni.

4. *„Hiányzik annak indoklása, hogy miért nem alkalmazta a jelölt az eddy-kovariancia eljárást a három új módszerének ellenőrzésére.”*

Sajnos a kutatási területünkön nincs ilyen mérőeszköz, így erre nem volt lehetőségem.

5. *A III. fejezetből származó IV. tézis címe félrevezető: „vízgyűjtőszintű talajvízpárolgás számítására dolgoztam ki új módszert”. Igaz, hogy a jelölt az értekezés szövegében pontosabb, amikor rögzíti, hogy a vízfolyásmenti zónára korlátozódik, és ez távolról sem azonos egy teljes vízgyűjtővel. Kár, hogy az említett tézis teljes szövegében fennmarad ez az ellentmondás.”*

Az észrevétel jogos. A vízhozamon alapuló módszer csak a vízgyűjtő vízfolyásmenti zónájára számít ET értéket és valóban félrevezető a vízgyűjtőszintű ET számítása szövegezés. Itt arra akartam utalni, hogy a nem a vízfolyásmenti zóna egy részére, hanem a vízgyűjtőben megtalálható teljes vízfolyásmenti zónára vonatkoznak az adatok. Jobb lett volna, ha ezt alaposabban leírom a dolgozatban és pontosabban fogalmazok.

6. *„A jelölt helyesen járt el, hogy a kidolgozott módszerét numerikus modellel tesztelte a III.2.6 alfejezetben. Erre a célra a FlexPDE végeeselemes szoftvert alkalmazta, amely széles körben elterjedt és felhasználó barát. A Richards-egyenlet a telítetlen zónára irányul az által, hogy a szivárgási tényezőt a víztartalom függvényének tekinti, és az ET a nyelő tag. Innen kezdve a bíráló nehezen tudta követni a mű ezen alfejezetét.*

Evvel a kérdéscsoporttal kapcsolatban általános tanulság számomra, hogy a numerikus modellezéssel foglalkozó cikket részletesebben kellett volna interpretálnom a dolgozatban és kevésbé lerövidíteni.

Konkrétan:

Hiányolom a kezdeti és határfeltételek pontos definiálását.”

Valóban nem találhatóak meg ezek az információk tételesen a szövegben, csak a III-9. ábrán, de szöveges magyarázat nélkül ez nehezen értelmezhető.

A határfeltételek a pataknál a mederrel közel azonos vízszint, alul vízzáró határ és a balra a vízgyűjtő határa szintén vízzáró határ vertikálisan.

A kezdeti feltétel horizontális vízszint a patakmeder szintje fölött 1,5 m-el (mint a talajvízszint, mint a patakmederbeni vízszint esetében) a $t=0$ időpontban. Ezután a patakmeder vízszintje 0,05 m-re csökken $t>0$ időpontban.

„Annak rögzítését, hogy szoftver az adott esetben outputként pontosan mit számol, mert ez felel meg a jelölt módszerében az inputnak.”

A patakmederhez szivárgó vízmennyiség (Darcy-fluxus) volt az a vízhozam idősor, ami alapján a módszert teszteltem.

„A jelölt módszere értelemszerűen homogén k tényezővel számol. Viszont a szoftver inhomogén k mezőt vehet vagy vett figyelembe. Ennek mi a hatása az összevetés szempontjából?”

A kérdés összetett. Egyrészt a telítetlen zónában a patakmederhez beérkező vizek vetnek fel hibalehetőséget (ezekkel a numerikus modell nyilván számol, de az egyszerűsített eljárás direkt módon nem). Másrészt a rétegzett rendszerek modellezése is fontos volna. Tettem is erre kísérletet, de annyira összetetté vált az elemzés, hogy inkább maradtam a homogén k tényezővel kapcsolatos eredmények interpretálásánál (egyébként evvel a kérdéssel a jövőben még mindenképpen érdekes lenne foglalkozni).

„Számomra ez a mondat nem világos: „Az előbbieket szerint a modellben feltételezettnél egy jóval szűkebb tartományban változhatnak a szivárgási tényezők, aminek következtében a kidolgozott eljárás korrekció nélkül is megfelelően működhet.” Milyen korrekció?”

A kérdés jogos, alaposabban kivonatolhattam volna a dolgozatban a cikket. A modellezés alapján kapott eredmények, mind a durva, mind a finom szövetű talajoknál eltértek a módszerrel számítottól. A modellparaméterek felvétele tankönyvi adatok alapján készült. Valós vízgyűjtőkön mért vízgyűjtőszintű szivárgási tényező értékekre gondoltam a szűkebb tartománynál (mivel ez is skálafüggő paraméter) és javasolnám a későbbiekben ezekkel az adatokkal elvégezni a további modellezést. A korrekciónál, mindig valamilyen kalibrálására is gondolok a módszernek, hogy ne szálljon el a valóságtól, de ehhez a helyszínen egyéb módszerrel mért legalább PET (potenciális ET) adatok szükségesek.

„Továbbá ez sem világos: „A modellbe beadott és a szintetikus lefolyási adatok alapján az új módszerrel meghatározott párolgási értékek lineáris korrelációja azonban igen magas, így a korrekció szükség esetén egy pl. talajtípustól függő konstans szorzó bevezetésével megtehető.” Nem látható a konkrét összehasonlítás. Továbbá, mi lenne ez a konstans szorzó?”

A modellezés alapján kapott eredményeknek egyes talajfizikai osztályoknál eltérőek voltak. Az eltérés az áramlás eltérő voltából adódott. A durva szövetű homok talajoknál a vízigény mindig ki tudott azonnal elégítődni, így az áramlás a gyökérszóna alatt nem vált függőlegessé, a módszer felülbecsült (kb. duplája jött ki a modellbe beadott ET-nek a durvaszövetű talajoknál). A finom szövetű agyagos talajoknál a vízzárló képessége a talajnak csekély, így egy nagyobb hidraulikus gradiens szükséges. Következésképpen a gyökérszóna alatt egy nagyobb depressziós tölcser alakul ki, így a módszer alulbecsült (durván a fele jött ki a modellbe beadott ET-nek a finomszövetű talajoknál). Az átmeneti talajoknál adódott helyes eredmény. Az alul és felülbecslés ellenére minden esetben a párolgás napi menetét igen magas korrelációval ($R = 0,98-0,99$) adta vissza a módszer, így egy PET alapú kalibrálást említék lehetőségként a száraz, csapadékmentes időszakokban. Itt is utalok arra azonban, hogy a modellezés nem vízgyűjtőszintű szivárgási tényezőkkel történt és mivel a szivárgási tényező a térbeli skálától is függ ezért további modellfutatások lennének szükségesek, esetleg rétegzett rendszerekkel is, hogy a valósághoz jobban tudjunk közelíteni a modellekkel.

„Az alfejezet értékét növelte volna, ha a jelölt felhasználja a szoftver nyújtotta grafikus eszközöket, így pl. bemutatja a teljes modellezett tartományt, a végeelem hálózattal együtt, egy vizsgált változó területi értékeit, vagy a szivárgási tényezők térképét.”

Egyetértek a bírálóval. Szemléletesebbé tette volna a cikket az áramképek bemutatása.

7. „Az előző pont alapján a IV. tézis erre vonatkozó része is nehezen érthető: „Az új eljárás helyességét numerikus modellezéssel is teszteltem, ami alapján megállapítást nyert, hogy a módszer a feltételezett áramkép megfelelőségét igazoló geometriai és talajfizikai jellemzők esetén működik megfelelően. A modellbe beadott ET értékek és a modell kimeneti lefolyásadatainak felhasználásával visszaszámolt talajvíz ET lineáris korrelációja minden paraméter kombinációban nagyon magas, így a modellparaméterek egyszerű kalibrálásával más áramképeknél is pontos ET értékek nyerhetők vissza.”

A kérdésre adott válasz a 6. pontra adott válaszokban megtalálható. Eltérő talajfizikánál, eltérő áramképek adódtak jellemzően három típus, a durva, az átmeneti és a finom szövetű talajoknál, tehát nem mindegyik tankönyvben megadott talajtípusnál alakult ki jellegében eltérő áramkép.

8. Hiányzik az egész munkában annak indoklása, hogy egy helyen mért adatokból (pl. IV-3. ábrán a talajnedvességmérő) hogyan lehet a teljes vízfolyásmenti sávra, nem is említve vízgyűjtő szintre, következtetést levonni. Ez vonatkozik a talajnedvességprofil fizikai paramétereire is, amelyeket egy-egy fix számmal jellemez. Ismeretes, hogy a talajfizikai jellemzők térbeli változékonysága jelentős. Ezért ezeket gyakran valószínűségi változóknak tekintik, pl. a szivárgási tényező térbeli változékonysága tipikusan lognormál eloszlással írható le.

A talajnedvességre kidolgozott módszer, a használt mérőműszerrel kb. 1 m²-es felületű területet mintáz. A talajvíz hasonló nagyságrendet, de kicsit talán nagyobb területet. Az adatok kiterjesztése, akkor lehetséges, ha a jellemző társulásokban legalább 1-1 (de inkább 3-5) reprezentatív mérési pont van, akkor geostatistikai eljárások megfelelőek lehetnek. A vízhozamra vonatkozó módszer a vízfolyásmenti zónát mintázza vízgyűjtőszinten, kiterjesztése a teljes vízgyűjtőre nem releváns.

9. A bíráló hiányolja, hogy az értekezés három ET számítási módszerét Jelölt a kísérleti területen egymással nem hasonlította össze számszerűen. Igaz, mint említettem, külön külön ellenőrizte PM mérésekkel, de az értekezés tudományos értékét tovább növelte volna az egymás közti összehasonlítás.

A vízhozam és a talajvíz napi ingadozása esetében kidolgozott módszer esetében volt összehasonlítás, és jó egyezés adódott a különböző módszerek eredményei között. (Gribovszki, Z., Kalicz, P., Szilágyi, J., Talajvíz evapotranszspiráció számítása a vízhozamok napi periódusú ingadozása alapján. Hidrológiai Közöny, 90. évf. 5. szám, 2010. szeptember-október, p. 19-28.) A talajnedvességre kidolgozott módszer és a vízhozamra kidolgozott módszer esetében sajnos nem volt ilyen összehasonlítás, mert más volt a vizsgálati időszak.

10. Az értekezésből teljesen hiányzik az eredmények gyakorlati alkalmazhatóságának konkrét leírása. Csupán a tézisek végén találtam egy rövid és teljesen általános bekezdést erről a témáról. Mintha a

jelölt a munka végére elfáradt volna, és csak az utolsó pillanatban vette észre ezt a hiányt, és gyorsan írt még valamit. Ugyanakkor a partmenti sávval való gazdálkodás (riparian zone management) egyre inkább fontosabb, amelyre hazai (pl. Partmenti sáv, 2023), nemzetközi (pl. Steiness, et al., 2019) és uniós (pl. Dufour és Rodríguez-González, 2012) publikációk sora mutat. Csak néhány gyakorlati és gyakran ellentétes szempont: partmenti pufferzóna kialakítása, partmenti növényzóna szerepe árvizek esetén, partmenti sáv rekreációs szerepe, vagy esetleges mezőgazdasági hasznosítása.

Jogosnak érzem a kritikát, a gyakorlati alkalmazhatósággal foglalkozó fejezet részén tényleg lehetett volna bővebb. Ennek a kérdéskörnek a kibontása reményeim szerint a módszer más vizsgálati területeken való alkalmazása vagy más alkalmazói esetében történik meg a jövőben alaposabban. Úgy gondolom, hogy a szárazodó klímájú területeken a vízfolyásmenti zónák, illetve a talajvízfüggő növénytársulások jelentősége egyre inkább felértékelődik majd és ezek vízigényének meghatározása egyre fontosabbá válik.

A tézisek értékelése résszel kapcsolatban a következőket válaszolom.

I.tézis: Ez a tevékenység szükséges volt az újszerű eredmények kidolgozásához. A jelölt ezt példásan elvégezte, de önálló tézisként nem tudom elfogadni.

Az első tézis szövege: „Áttekintettem a hidrológiai jellemzőkben a napi ingadozás típusait, kitérve az okozó hatásokra. Elemeztem a párolgási típus szezonális változását és összefüggését a környezeti paraméterekkel. A napi ingadozást felhasználó evapotranszpirációt számító eljárásokat rendszereztem és kritikailag értékeltem.”

Itt egyrészt a kritikai értékelés a saját kutatási tapasztalatok alapján az, ami véleményem szerint önálló tudományos munka, hiszen rámutat egyes módszerek hibáira és esetlegesen javaslatot tesz javításukra. Másrészt magam is végeztem komplex elemzést a napi ingadozás jellegével, típusaival kapcsolatos vizsgálódást, például a vizsgálati területen jelentkező szignál esetében spektrál analízissel vizsgáltam annak jellegét, valamint elemeztem a szignál szezonális dinamikáját és annak különböző környezeti jellemzőkkel (hőmérséklet, páratartalom, légnyomás, növényi nedváramlás, stb.) való összefüggéseit. Nyilván ez utóbbi kutatások nem globális, hanem regionális vagy lokális szintű eredmények és a világ más tájain is tapasztalt hasonló jelenségek hazánkban tapasztalható jellegét és összefüggéseit írják le, valamint pontosítják azokat. Ezek a teljesség igénye nélkül a következő publikációkban találhatóak:

Gribovszki, Z., Kalicz, P., Kucsara, M., Streamflow Characteristics of Two Forested Catchments in Sopron Hills. Acta Silv. Lign. Hung., Vol. 2. 2006. p. 81-92. <http://aslh.nyme.hu>

Gribovszki, Z., Kalicz, P., Szilágyi, J., Napi periódusú változás a hidrológiai jellemzőkben. Hidrológiai Közlöny, 89. évf. 2. szám, 2009. március-április., p. 23-37.

Gribovszki, Z., Szilágyi, J., Kalicz, P., Diurnal fluctuations in shallow groundwater levels and in streamflow rates and their interpretation - a review. Journal of Hydrology (385) 2010, 371–383, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.02.001>

Szilágyi, J., Gribovszki, Z., Kalicz, P., Comment on „Interference of river level changes on riparian zone evapotranspiration estimates from diurnal groundwater level fluctuations” by J. Zhu, M. Young, J. Healy, R. Jasoni, J. Osterberg [J. Hydrol. 403(3-4) (2011) 381-389]. Journal of Hydrology (409) 2011, 578-579, doi:10.1016/j.jhydrol.2011.08.006

Gribovszki Z., Kalicz P., Erdei patakok alap-vízhozamának elemzése idősor analízissel (a soproni-hegységben eredő farkas-árok patak példáján). A magyar tudomány napja 2001, Alkalmazott matematika és mechanika tudományos konferencia, Nyugat Magyarországi Egyetem, Sopron, 2001. november 23. Nyomtatásban in. Alkalmazott matematika és mechanika tudományos konferencia kiadványa, Sopron, 2001. p. 30-32.

Kiss K., Gribovszki Z., Kalicz P., Diurnal changes of streamflow physico-chemical parameters. Poster presentation. In European Geophysical Society XXVIII. Joint assembly. Nice, France, 2003. Hydrological Sciences session, HS22 sub-session. Nice, France, 6-11. april 2003.

Gribovszki Z., Kalicz P., Kucsara M., Klimatikus és hidrológiai hatások tükröződése az erdei patakok alapvízhozamában. Előadás a Magyar Hidrológia Társaság XXII. Országos Vándorgyűlés, Felkészülés az EU tagságra a vízgazdálkodás területén című tudományos konferenciáján, 6. SZEKCIÓ Az EU csatlakozás várható hatásai a területi vízgazdálkodásra. Keszthely, 2004. július 7-8., In. A hidrológiai társaság 2004. évi Vándorgyűlésének CD kiadványa.

Gribovszki Z., Kalicz P., Kucsara M., Runoff Characteristics of Small Catchments. Zólyom, Szlovákia, 2004. szeptember 16-17. In: Forest Constructions and Ameliorations in Relation to the Natural Environment - Collection of papers of international scientific conference. Technical University in Zvolen. 2004. pp. 48-52.

A. Koppán, P. Kalicz, Z. Gribovszki, P. Vig, Comparison diel signal of electrical potential differences in the trunk of trees with other eco-hydrological phenomena Poster presentation, In. European Geosciences Union - General Assembly, Vienna, 2009. Hydrological Sciences (HS) session, HS9.3 sub-session, Climate-soil and vegetation interactions in ecological-hydrological processes, April 20-24, 2009.

II. tézis: Önálló tudományos eredménynek elfogadom, de megjegyzem, hogy még erősebb lenne ez a tézis, ha Tian-Ye Wang et al (1999) munkájával is tudott volna foglalkozni. Még egy kérdés, hogy az empirikus módszer miért „statisztikai alapú”?

Egyetértek az irodalommal kapcsolatos kritikával. Az empirikus módszer esetében azért használok a „statisztikai alapú” megfogalmazást, mert szűrők és interpolációs technikák kombinációjával dolgozik.

III. tézis: Bár fontos gyakorlati szempontokra utal, de önálló tudományos eredménynek nem fogadom el.

A hibák feltárása és a kiküszöbölésükre tett javaslat tényleg nem gyökeresen új felfedezés, de azért tudományos eredménynek gondoltam, mivel a gyakorlati alkalmazásnál felmerülő problémákat igyekszik kezelni, ezért helyeztem el a tézisek közé. A tézisben említett hibák vizsgálatára egyébként saját terepi méréseket állítottunk be, majd ezek eredményeit elemezve publikáltuk a tapasztaltakat és tettünk javaslatokat a mérések megfelelő kivitelezésére.

IV. tézis: Önálló tudományos eredménynek elfogadom, azzal a kitételrel, hogy címével ellentétben, vízgyűjtőszintű talajvízpárolgás számítására nem nyújt lehetőséget.

Egyetértek a kritikával, a módszer nem teljes vízgyűjtő szintű, hanem vízfolyásmenti zóna szintű párolgás számítására alkalmas.

Sopron, 2023. szeptember 27.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'Z' followed by a horizontal line.

Gribovszki Zoltán