

PÁROLGÁS INDUKÁLTA NAPI INGADOZÁS A HIDROLÓGIAI JELLEMZŐKBEN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar,
Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

Kivonat

A hidrológiai jellemzőkben (talajnedvességben, talajvízszintben és a kisvízgyűjtők lefolyásában) észlelhető napi ingadozás egyre több kutatás témája manapság hiszen számos értékes információ forrása lehet. Az okozó hatások közül az egyik legjelentősebb a mi klímánkon a vegetáció vízfogyasztása, így jelen írás a párolgás okozta napi ingadozással és annak információtartalmával foglalkozik elsősorban az erdőkre fókuszálva.

Kulcsszavak: talajvíz, evapotranszpiráció, napi ingadozás,

Bevezetés

A talajnedvesség, a talajvíz és a lefolyás időbeli változatosságában hosszabb (többéves vagy éven belüli változékonyság) és rövidebb (pl. a napi periódus) ciklikus változásokat különböztethetünk meg. Az évszakos változások jellemzőinek vizsgálatával a különböző szakkikkek sora foglalkozik és a hidrológiai szakkönyvekben is hosszasan taglalják ezt a jelenséget, azonban a talajnedvesség, a talajvízjárás és az alapvízhozam napi ingadozásáról irodalmat a szakkönyvekben alig találunk.

Példaként Baumgartner-Liebsner (1990) csak egy rövid bekezdést szentel a kérdésnek, ahol a jelenséget a levegőhőmérséklet változásával magyarázza. Ez a megfigyelés a Harz-hegységbeli kísérleti terület eredményeihez kapcsolódik (Delfs et al. 1958). Hewlett (1984) "Az erdészeti hidrológia alapelvei" című munkájában említi a jelenséget egy bekezdés erejéig és okának már az evapotranszpirációt (ET) adja meg. Lee(1980) "Erdészeti hidrológia" című tankönyvében említi a talajvízben jelentkező szignált és a White-módszert (White 1932) be is mutatja, de részletesebben nem elemzi a problémát. Az

evapotranszpiráció talajvízre gyakorolt hatásának tárgyalásánál Dingman (2002) bemutatja a napi ritmusú talajvízszint-változást és leírja a White-féle eljárást, mint az evapotranszpiráció meghatározásának egy módszerét a felszínközeli talajvízű területeken. A témával részletesen foglalkozott Pörtge (1996), aki a rövid periódusú változások közül a napi periódusidejű lefolyásváltozást vizsgálta behatóbban. A hazai szakkönyvek közül V. Nagy (1965) és Juhász (2002) említi a talajvíz napi ciklusú járását, mindketten Ubellnek (1960) a VITUKI kecskeméti kísérleti telepén végzett méréseire hivatkoznak. Az ingadozást a talajhőmérséklet napon belüli hullámzásához kapcsolják és okának kizárólag a talajlevegő abszolút páratartalmában, a párolgás és kicsapódás folyamatai miatt, bekövetkező változást tekintik. A talajvízszintekben jelentkező napi ingadozás megjelenését előbbi szerzők a vegetációs időszakhoz kötik és csak a felszínközeli talajvizeknél veszik jellemzőnek. A közelmúltban már egyre több cikk jelenik meg, melyek a hidrológiai jellemzőkben bekövetkező napi ciklusú változás alapján igyekeznek magyarázni és számszerűsíteni bizonyos vízháztartási jellemzőket. Magyarországi viszonylatban Gribovszki et al. (2009) tekintette át a hidrológiai jellemzőkben kimutatható napi hullámzás jellegzetességeit, okait és az ennek alapján nyerhető információkat.

A lefolyásban jelentkező napi periódusú ingadozás Pörtge (1996) szerint csak kisvízgyűjtőkön (kb. 40 km² nagyságig) kisvízi időszakban tapasztalható és csak a rajzoló vízmércével rendelkező állomásokon mérhető értékelhető formában. A jelenség ritkábban magában a vízfolyás medrében vizuálisan is felismerhető. Lundquist és Cayan (2002) vizsgálatai szerint azonban a napi periódusú hullámzás több ezer km²-es vízgyűjtőnagyságnál is tapasztalható. A napi periódusidejű hullámzás nagyobb vízgyűjtők lefolyásában való megjelenését igazolják Troxell (1936) és Meyboom (1965) korábbi vizsgálatai is, ahol a jelenséget 40 km²-nél jóval nagyobb vízgyűjtőkön elemezték.

A tény, hogy a napi periódusú talajnedvesség-, és talajvízjárásnak, valamint vízhozam-ingadozásnak, a korábbi tudományos irodalomban csak igen kevés figyelmet szenteltek, azon alapulhatott, hogy az általa képviselt mennyiségi változás vízgazdálkodási szempontból alárendelt jelentőségűnek ítélt. Ehhez járult még az a tényező, hogy e jelenség sokszor egyszerűen ismeretlen volt a mérést végző számára. Közvetlenül a mederben sokszor alig felismerhető a

napi ciklusú vízszintváltozás, a rajzoló nélküli vízmércéken és a régi típusú, nem megfelelő érzékenységű rajzolókon pedig ritkán kimutatható. A kimutathatóság korlátját jelentette a hidrológiai gyakorlatban a lefolyási adatok gyűjtésénél alkalmazott napi vagy a talajnedvesség és talajvízszintek észlelésénél használt heti egyszeri észlelés, amellyel lehetetlen érzékelni ezeket a napi ciklusidejű változásokat.

A jelenlegi korszerű digitális adatgyűjtő eszközök fejlődésével egyre több lehetőség adódik nagy frekvenciás adatgyűjtésre, amely sok új információt szolgáltat a napi periódusú hullámzásról.

A napi ciklusú hullámzásból levonható információk nemcsak a vízkészletek és az azokból történő vízfelhasználás pontos számszerűsítésére, az adott terület, ill. víztartó hidrológiai jellemzőinek becslésére alkalmasak, hanem nagyon jó diagnosztikai mutatói a klímaváltozásnak is.

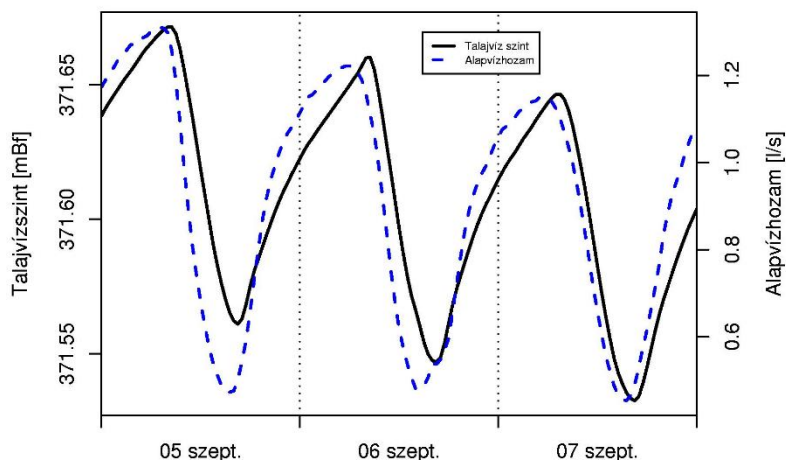
A legtöbb esetben a hidrológiai jellemzőkben tapasztalható napi ciklusú változás fő indukáló faktorainak a napsugárzást és a hőmérsékletet tekintjük. Ezek szabályozzák a napi ciklusú vízfelvételt és vízleadást, a csapadék, az evapotranszpiráció, az infiltráció és a hóolvadás vagy egyszerűen a hőmérséklet napon belüli fagypont alatti és fölötti változása révén. Egyes folyamatok (pl. hóolvadás) a vízfolyásokban vagy a felszínközeli talajnedvességben közvetlenül és szinte azonnal érzékelhetőek, míg a talajvíznél kisebb a jelentőségük, ill. bizonyos késleltetéssel jelentkeznek.

Mivel az indukáló hatások közül a párolgás az egyik legjelentősebb, ezért ezen információknak a szignál elemzése alapján történő visszanyerésével részletesebben foglalkozunk. Áttekintjük és rendszerezük a párolgási típusú hullámzás alapján ET-t számító módszereket.

A párolgási indukálta napi ingadozással kapcsolatos vizsgálatok rendszerezése

A párolgási típus mind a talajnedvességben, mind a talajvízszintekben és a lefolyásban is megjelenhet, amennyiben a terület adottságai szerint a felszín alatti vízkészletek a növényi vízfelvétel által érintettek lehetnek.

A jellegzetes napi menetet a háttérből érkező utánpótlódás és az ET (dominánsan a növényi vízfelvétel) mint az adott terület talajvízháztartási elmeinek készletváltozásra gyakorolt erőegyensúlya alakítja ki. Az ingadozás egy reggeli/kora délelőtti maximummal és egy délutáni minimummal jellemezhető a talajnedvességben, a talajvízállásban és a kisvízgyűjtők lefolyásában. A szélsőértékek környezetében az utánpótlódás és az ET egyensúlyban van, míg a felszálló ágon az utánpótlódás, a leszálló ágon az ET domináns (1. ábra).



8. ábra: Párolgás indukálta napi ingadozás a talajvízállásban és a lefolyásban (Gribovszki et al. 2008 nyomán).

Figure 1: ET induced diurnal signal in water table and in streamflow (after Gribovszki et al. 2008).

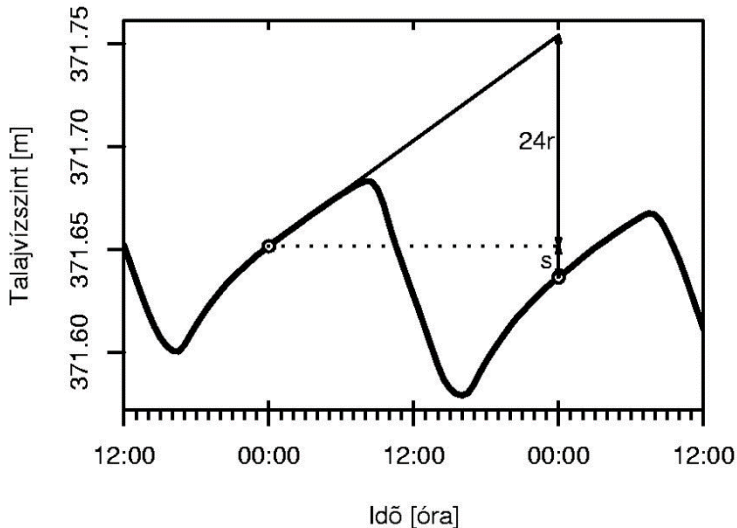
A talajvízben és talajnedvességben jelentkező szignál alapján ET-t számító módszerek alapjául szinte minden esetben a White-féle eljárás szolgál, ezért röviden ismertetjük a módszer lényegét.

White (1932) szerint, ha az evapotranszpirációt elhanyagolhatónak tételezzük fel, a késő éjjeli, kora hajnali órákban

(0-4 h. között), akkor a talajvízállás növekedési rátája ebben az időszakban egyenlőnek vehető a terület talajvíz-utánpótlódásával. A görbéhez ebben az időszakban húzott egyenes iránytangense (r [L]), tehát az egységnyi idő (pl. 1 óra) alatti talajvíz-utánpótlódás. Ha ezt az utánpótlódási rátát, az evapotranszpiráció jelenléte nélkül, meghosszabbítanánk 24 órán keresztül, akkor a talajvízszint $24r$ magasságra emelkedne. Mivel azonban az evapotranszpiráció jelen van, általában a növekedés helyett, egy nap alatt még egy s [L] értékkel jellemezhető csökkenés is beáll a talajvízszintben (2. ábra). Mindezek alapján White (1932) szerint a talajvízből származó evapotranszpirációs (ET_{GW}) vízfogyasztás a következőképpen kalkulálható (1. egyenlet, 2. ábra).

$$ET_{GW} = S_y \cdot (24 \cdot r \pm s) \quad (1)$$

Ahol S_y a talajvízszint feletti talajrétegre jellemző gravitációs pórustér.



9. ábra: A White-módszer alapelve (White 1932)

Figure 1: Basic principle of White method (White 1932).

Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap

Lakitelek 2020.11.10

A White-módszer, egyszerűsége miatt – bár többször kiegészítették és pontosították – a továbbiakban is jól felhasználható előzetes, tájékoztató vizsgálatokra.

A lefolyás esetében a becslés alapjául legtöbbször a napi maximumok burkológörbéje és az aktuális vízhozamok közötti különbségek szolgálnak. A talajvízszint és az előbbi vízhozammérések napi ingadozása alapján meghatározott ET értékek között nagyságrendi különbségek lehetnek. Feltételezhetően a talajvízből történő meghatározás a pontosabb, mivel ez mutat közelebbi értékeket a meteorológiai mérések alapján számított ET értékekkel. Az újabb, tározómodellekkel dolgozó, a lefolyás napi ingadozásán alapuló eljárások ET értékei közelebbiek, mind a talajvíz alapú becslésekhez, mind a meteorológiai mérések alapján számított ET értékekhez. Hátrányuk viszont, hogy alkalmazásukhoz igen pontos vízhozammérések szükségesek.

Az egyre pontosabb, nagy időbeli felbontású talajnedvesség profil mérések az S_y ismerete nélkül is alkalmasak az ET becslésére. Gribovszki (2018) alapján a napi hullámváz elemzése alkalmas lehet talajfizikai paraméterek meghatározására is.

A következő táblázatban (1. táblázat) rendszerezve található meg azok a kutatások (a kidolgozott eljárással kapcsolatos alapinformációkkal kiegészítve), amelyek új folyamatra hívták fel a figyelmet, vagy legalábbis lényegesen hozzájárultak a napi ingadozáson alapuló ET becslés fejlődéséhez.

2. táblázat: A talajnedvesség, a talajvíz és a lefolyás napi ingadozás alapján ET-t számító eljárások.

Table 1: Evapotranspiration estimation methods based on diurnal signal of soil moisture, groundwater and streamflow.

Szerző	Információk az eljárásról.
Talajnedvesség	
Nachabe et al. (2005)	A White-módszer (WHITE 1932) adaptálása talajnedvesség adatokra.

Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap

Lakitelek 2020.11.10

Gribovszki (2014)	Gribovszki et al. (2008) empirikus technikájának adaptálása talajnedvesség adatokra.
Talajvízszint	
White (1932)	Az eredeti talajvíz napi ingadozásán alapuló módszer.
Dolan et al. (1984)	Az utánpótlódás figyelembevétele az adott napra a megelőző és a követő éjszaka adatai alapján.
Engel et al. (2005)	A White-módszer módosítása a regionális talajvízszint-változás, mint additív konstans figyelembevételével.
Schilling (2007)	ETgw becslése a talajvíz lépcsős napi ingadozása alapján.
Gribovszki et al. (2008)	ETgw becslés az utánpótlódás napi ingadozásának figyelembevételével (empirikus és hidraulikus módszer).
Loheide II et al. (2008)	Regresszió alapú ETgw-t becslő eljárás a trendmentesített talajvíz-ingadozásokat felhasználva.
Soylu et al. (2012)	Fourier-transzformáció alapú ETgw számítás.
Lefolyás	
Meyboom (1965)	Vízfolyás menti ETgw becslése a napi maximális alapvízhozamok burkológörbéje és az aktuális vízhozam idősor különbségeként.
Reigner (1966)	Csak a telítettségközeli légnedvességű hajnali időszakok használata a maximális vízhozamok burkológörbéjének előállítására.
Kirchner (2009)	Vízgyűjtőszintű ETgw becslése az utánpótlódásra nemlineáris tározómodellt felhasználva.
Gribovszki et al. (2010)	Vízfolyás menti ETgw becslése az utánpótlódásra naponta más paraméterű lineáris tározómodellt felhasználva.
Cadol et al. (2012)	Vízfolyás menti ETgw becslése a vízfolyás menti zónára átszámított trendmentesített vízállás és a vízállásváltozás közötti kapcsolat alapján.

Összefoglalás

A javasolt módszerek alkalmazásának lehetőségei a jövőben valószínűleg nőni fognak, ahogy a talajnedvesség, a talajvíz és a lefolyás nagyobb gyakoriságú folyamatos monitorozása egyre megbízhatóbbá és olcsóbbá válik. Az alkalmazással kapcsolatos igények, a talajvízfüggő erdőtársulások vízigényének meghatározásakor is egyre inkább előtérbe kerülnek. A melegebbé és sokszor szárazabbá váló klímában a talajvízfüggő erdőtársulások

Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap

Lakitelek 2020.11.10

vízigénye a jövőben valószínűleg nőni fog. A vízfelvétel pontos számszerűsítése vízkészletgazdálkodási szempontból lényeges kérdés, különösen akkor, ha vízpótlás vagy vízvisszatartás kérdése merül fel az erdők többletvízigényének kielégítése kapcsán. Az új eljárások emellett nemcsak a klasszikus erdőtársulások, hanem a faültetvények, az agro-erdészeti rendszerek vagy egyéb vízigényes mezőgazdasági kultúrák vízfelhasználására is pontos adatokat szolgáltathatnak.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Felhasznált irodalom

Baumgartner, A. – Liebsner, H. J. (1990): Allgemeine Hydrologie, Quantitative Hydrologie. Gebrüder Borntraeger, ISBN 3-443-30001-4

Cadol, D. – Kampf, S. – Wohl, E. (2012): Effects of evapotranspiration on baseflow in a tropical headwater catchment. *Journal of Hydrology* 462-463, 4-14. doi: 10.1016/j.jhydrol.2012.04.060

Delfs, J. – FRIEDRICH, W. – KIESEKAMP, H. – WAGENHOFF, A. (1958): Der einfluß des waldes und des kahlschlages auf den abflußvorgang, den wasserhaushalt und den bodenabtrag. *Mitt. A. d. Nieders. Landes-forstverwaltung, Aus dem Walde*, 3:223.

Dlingman, S. L. (2002): *Physical Hydrology*. Prentice Hall, ISBN 0-13-099695-5

Dolan, T. J. – Hermann, A. J – Bayley, S. E. –Zoltek, J. (1984): Evapotranspiration of a Florida, USA, fresh-water wetland, *Journal of Hydrology*, 74 (3-4), 355–371, doi:10.1016/0022-1694(84)90024-6

Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap

Lakitelek 2020.11.10

Engel, V. – Jobbagy, E. G. – Stieglitz, M. – Williams, M. – Jackson, R. B. (2005): The hydrological consequences of eucalyptus afforestation in the argentine pampas. *Water Resources Research*, 41:10 doi: 10.1029/2004WR003761

Gribovszki, Z. – Kalicz, P. – Szilágyi, J. – Kucsara, M. (2008): Riparian zone evapotranspiration estimation from diurnal groundwater level fluctuations . *Journal of Hydrology*, 349: 6–17. doi:10.1016/j.jhydrol.2007.10.049

Gribovszki, Z. – Kalicz, P. – Szilágyi, J. (2009): Napi periódusú változás a hidrológiai jellemzőkben. *Hidrológiai Közöny*, Vol 89, 2, p. 23-37.

Gribovszki, Z. – Kalicz, P. – Szilágyi, J. (2010): Talajvíz evapotranszspiráció számítása a vízhozamok napi periódusú ingadozása alapján. *Hidrológiai Közöny*, Vol 90, 5, 19-28.

Gribovszki Z. (2014): Diurnal Method for Evapotranspiration Estimation from Soil Moisture Profile. *Acta Silv. Lign. Hung.*, Vol. 10, Nr. 1 67–75. doi: 10.2478/aslh-2014-0005

Gribovszki Z. (2018): Comparison of specific-yield estimates for calculating evapotranspiration from diurnal groundwater-level fluctuations. *Hydrogeology Journal* 26(3), 869-880. doi:10.1007/s10040-017-1687-9

Hewlett, J. D. (1984): *Principles of Forest Hydrology*. University of Georgia Press. ISBN 0-8203-0608-8.

Juhász, J. (2002): *Hidrogeológia*. Akadémiai kiadó, Budapest, 1176 p. ISBN 963-05-7891-3

Kirchner, J. W. (2009): Catchments as simple dynamical systems: Catchment characterization, rainfall-runoff modeling, and doing hydrology backward. *Water Resour. Res.*, 45, W02429. doi:10.1029/2008WR006912

Lee, R. (1980): *Forest hydrology*. Columbia University Press. ISBN 0-231-04718-5

Loheide, II., S. P. (2008): A method for estimating subdaily evapotranspiration of shallow groundwater using diurnal water table fluctuations. *Ecohydrology*, 1: 59–66. doi: 10.1002/eco.7

Lundquist, J. D. – Cayan, D. R. (2002): Seasonal and spatial patterns in diurnal cycles in streamflow in the western united states. *Journal of Hydrometeorology*, 3(October): 591–603.

Meyboom, P. (1965): Three observations on streamflow depletion by phreatophytes. *Journal of Hydrology*, 2:248–261.

Móricz, N. – Tóth, T. – Balog, K. – Szabó, A. – Rasztovits, E. – Gribovszki, Z. (2016): Groundwater uptake of forest and agricultural land covers in regions of recharge and discharge. *iForest* 9(5): 714-719. doi: 10.3832/ifor1864-009

Nachabe, M. – Shah, N. – Ross, M. – Womacka, J. (2005): Evapotranspiration of two vegetation covers in a shallow water table environment. *Soil Science Society of America Journal*, 69:492–499.

Pörtge, K. H. (1996): *Tagesperiodische Schwankungen des Abflusses in kleinen Einzugsgebieten als Ausdruck komplexer Wasser- und Stoffflüsse*. Verlag Erich Goltze GmbH KG, ISBN 3-88452-103-9.

Reigner, I. C. (1966): A method for estimating streamflow loss by evapotranspiration from the riparian zone. *Forest Science*, 12(2):130–139.

Schilling, K. E. (2007): Water table fluctuations under three riparian land covers, iowa (usa). *Hydrological Processes*, 21, 2415–2424. doi: 10.1002/hyp.6393

Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap

Lakitelek 2020.11.10

Soylu, M. E. – Lentners, J. D. – Istambulluoglu, E. – Loheide, II, S. P. (2012): On evapotranspiration and shallow groundwater fluctuations: A Fourier-based improvement to the White method. *Water Resour. Res.*, 48, W06506. doi:10.1029/2011WR010964

Troxell, H. C. (1936): The diurnal fluctuation in the ground-water and flow of the Santa Anna river and its meaning. *Transactions, American Geophysical Union*, 17 (4):496–504.

Ubell, K. (1960): A talajvízállás előrejelzése. Beszámoló, VITUKI

V. Nagy I. (1965): Hidrológia. Tankönyvkiadó, Budapest.

White, W. N. (1932): Method of estimating groundwater supplies based on discharge by plants and evaporation from soil - results of investigation in escalante valley. Technical report, Utah - U.S. Geological Survey. Water Supply Paper 659-A.