

ERDŐ HATÁSA A TALAJVÍZSZINTRE: EGY NYÍRSÉGI ERDŐ ÉS PARLAGTERÜLET VÍZFORGALMÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA

Móricz Norbert¹ – Gribovszki Zoltán²

¹Nyugat-Magyarországi Egyetem, Környezet-és Földtudományi Intézet, 9400 Sopron, Bajcsy Zs. u. 4.

²Nyugat-Magyarországi Egyetem, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet, 9400 Sopron, Bajcsy Zs. u. 4.

Kivonat

A felszínborítás változás (pl. erdősítés) és a klímaváltozás a jövőben várhatóan számottevő mértékben fogja befolyásolni az elérhető talajvízkészleteket. A síkvidéki erdők vízháztartásra (talajvíz-készletekre) gyakorolt hatása nagy vitát váltott ki az elmúlt évtizedek során az erdészeten és vízügyben dolgozó szakemberek között. A síkvidéki erdők talajvíz-fogyasztásának megítélésében fellelhető ellentmondás tisztázására a komplex vízforgalmi modellezés módszere a legalkalmasabb. A jelen cikk célja tisztázni a talajvíz-függő erdők – változó időjárási viszonyok közötti – vízforgalomban betöltött szerepét.

A vizsgálathoz két sekély talajvízű mintaterület, egy kocsányos tölgyes és egy parlagterület vízforgalmi komponenseit hasonlítottuk össze terepi méréssel kombinált 1-D-s vízforgalmi modellezés segítségével.

Az eredmények szerint a becsült evapotranszspiráció a tölgyesben mintegy 30%-kal volt magasabb a parlagterületen becsülnél. Ugyanakkor a tölgyes talajvíz-fogyasztása mintegy háromszorosa volt a parlag fogyasztásának. A száraz vegetációs időszakban mindkét felszínborítás jelentős mértékben támaszkodott a talajvízkészletekre, míg a nedvesebb évben a talajvízfogyasztás aránya a teljes párologtatásból jelentősen lecsökkent.

Kulcsszavak: vízforgalom, tölgyes, parlag, talajvíz-fogyasztás

1. Bevezetés

Az erdősítés vízforgalomra gyakorolt hatását vizsgáló tanulmányok általában a talajvíz-utánpótlódás csökkenéséről számoltak be a nagyobb transzspiráció és intercepciós veszteség eredményeként (pl. Bosch és Hewlett 1982). A páros vízgyűjtő kísérletek eredményei azonban csak a változás irányában egyeztek, a mértékében viszont nem (Andressian 2004).

Eltérő felszínborítások pontbeli vízmérleg kutatásai nagyrészt az erdők nagyobb párologtatását mutatták (Gácsi 2000; Ladekarl et al 2005; Nachabe et al 2005), ugyanakkor néhány vizsgálat nem mutatott ki jelentős különbséget a vízfelhasználás terén (Járó és Sitkey 1995; Roberts és Rosier 2005).

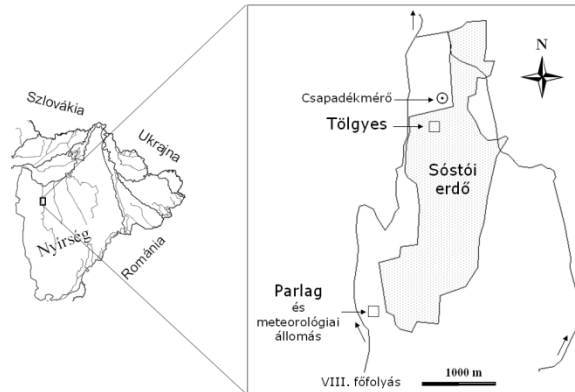
Az irodalomban tapasztalt ellentmondás motivált bennünk arra, hogy egy terepi méréssel összekötött vizsgálatot végezzünk. Mivel a párologás és a talajvíz-utánpótlódás egyaránt nehezen mérhető közvetlenül, így egy numerikus modellt alkalmaztunk a vízmérleg összetevőinek becsüléséhez, melyet talajnedvesség és talajvízszint méréssel kalibráltunk.

A kutatás célja tehát egy kocsányos tölgyes és egy parlagterület (1) vízmérleg komponenseinek összehasonlítása és a (2) talajvízfogyasztás változása különböző időjárású években.

2. Anyag és módszer

2.1 Mintaterületek

A mintaterületek Nyíregyházától északra, a sóstói erdő környezetében találhatóak (1. ábra).



1. Ábra: A tölgyes és parlag mintaterület elhelyezkedése

A tölgyes mintaterület egy a múlt évszázad 50-es éveiben természetesen úton felújított tölgyes, ahol megtalálható a kocsányos tölgyön (*Quercus robur*) kívül a hegyi juhar (*Acer Pseudoplatanus*) és az akác (*Robinia Pseudoacacia*) is. A kocsányos tölgyek magassága eléri a 20-25 métert, az állomány sűrűsége 270 törzs/ha. A parlag mintaterület megközelítőleg három kilométerre található a tölgyes mintaterülettől délnyugati irányban, mely egy kétéves szántóparlag, melyet a vegetációs időszakban gyomnövényzet borított.

A vertikális gyökéreloszlást azonos térfogatú talajminták vételének segítségével határoztuk meg. A vízfelvételért felelős finomgyökerek (átmérő <2 mm) mintavételezése öt különböző mélységből történt, rétegenként ötszörös ismétlésben. A levélfelület index (LAI) maximális értékét a következő módszerrel határoztuk meg. Az ősszel lehullott leveleket 5 reprezentatív helyről gyűjtöttük össze 1-1 m²-ről, majd a felület és a levelek száraztömege közötti összefüggés alapján számítottuk a levélfelületet. A mintaterületek talajprofiljának jellemzéséhez szemeloszlási és víztartó képesség görbéket használtunk.

2.2 Mérés a mintaterületeken

Meteorológiai mérések

A meteorológiai jellemzőket (globálsugárzás, léghőmérséklet, relatív nedvesség, szélesebesség, csapadék) a parlag mintaterületen két méteres magasságban órás felbontással mértük. A csapadék nagy térbeli változatossága miatt a csapadékot az erdőtől 500 méterre is mértük szintén egy automata mérővel.

A talajnedvesség mérése

A talajnedvességet mindkét mintaterületen 4 szintben (10,30,50,70 cm) mértük. A méréshez a Decagon cég (Decagon Devices, Pullman, USA) által gyártott ECH₂O szenzorokat alkalmaztuk. A szenzorok a talajnedvességet 15 percenként mérték, melyeket egy hozzájuk kapcsolt adatgyűjtő tárolt el. A mérés pontosságát két alkalommal gravimetriás módszerrel ellenőriztük.

A talajvízszint mérése

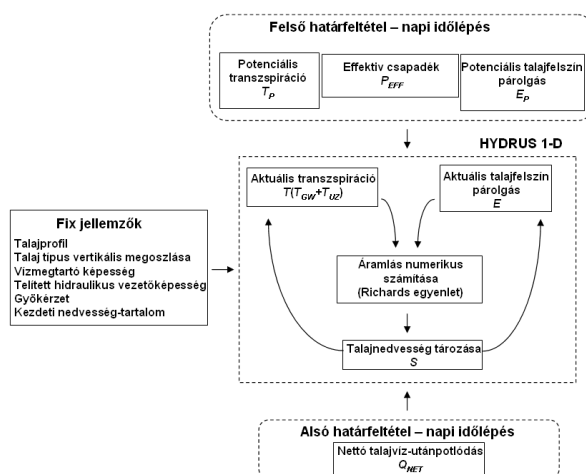
2007 tavaszán mindkét helyen egy-egy talajvíz kutat létesítettünk. A talajvízszintet a Dataqua DA-S-LRB 118 szondával monitoroztuk 1 mm-es pontossággal. A folyamatos mérés mellett kétheti gyakorisággal manuális vízszintmérés is történt.

2.3 Numerikus modell

A modell felépítése

A vízmérleg összetevőit a Hydrus 1-D (Simunek et al 2005) modell segítségével becsültük. A Hydrus egy Windows alapú modellezési környezet a talajnedvesség elemzésére különböző telítettségi viszonyok között. A Hydrus 1-D modell alapja egy változó telítettségű talajprofil, melyben a vertikális irányú nedvesség áramlása modellezhető. A talajprofil mélységét a modellben mindkét mintaterületen három méterben határoztuk meg, melyet hét talajrétegre osztottunk a mintavételezett talajrétegeknek megfelelően (0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm, 80-100 cm, 100-120 cm és 120-300 cm). A modell szimulációk során mind a bemeneti, mind pedig az eredmény adatokat napi időlépcsőben kezeltük.

A modellben a felső határfeltétel magában foglalja a talajba jutó csapadék mennyiségét C_{seff} , a potenciális transzspirációt (T_p) és a talajfelszín evaporációt (E_p) (2. ábra).



2. ábra: A numerikus modell vízforgalmi összetevői (mm nap⁻¹)

Az alsó határfeltételen a talajszelvényhez a háttérből történő nettó talajvíz-utánpótlódást (Q_{net}) lehetett megadni.

A víztartó képesség függvényeket a talajprofil 6 szintjére (10,30,50,70,90 és 120 cm), háromszoros ismétlésben, bolygatatlan talajminták segítségével határoztuk meg, melyhez a TALAJTANonc 1.0 (Fodor és Rajkai 2005) és a RETC (RETention Curve) (van Genuchten et al. 1991) programot használtuk.

A hatékony csapadék számításához a tölgyes esetén becsültük a korona és avarintercepció értékét. A koronaintercepciót a Gash (1979) modell alkalmazásával számítottuk. A parlag mintaterület esetén a csapadékesemények közötti párolgás nem bír nagy jelentőséggel, így ez esetben elegendő volt egy napi csapadékon alapuló módszer alkalmazása (Von Hoyningen-Hüne 1983).

A potenciális transzspiráció a nedvesség stressz nélküli párologtatás nagyságát fejezi ki, melynek napi értékeit a Penman-Monteith egyenlet segítségével számoltuk (Monteith 1965).

A potenciális talajfelszín evaporáció (E_p) nagyságát a talaj felszínén elérhető energia és az avarfelszín párazáró hatása együttesen határozza meg. A számításhoz a transzspirációhoz

hasonlóan a Penman-Monteith modellt alkalmaztuk (Monteith 1965). A talajfelszínen elérhető nettó sugárzást a Beer-Lambert függvény, a talajfelszín ellenállását pedig felszíni jellemzők és irodalmi adatok alapján becsültük.

A vegetációs időszak csapadékmentes időszakaiban egy határozott napi ingadozás látható a felszínközeli talajvizekben (White 1932; Gribovszki et al. 2009). A jelenség oka legtöbbször a vegetáció transzspirációja. A nettó talajvíz-utánpótlódás nem állandó a nap folyamán, hanem változik a napi szinten viszonylag állandó háttér nyomásszint és a napi ingadozást mutató talajvízfelszín között kialakuló változó hidraulikus gradiens függvényében (Gribovszki et al 2008). A nettó talajvíz-utánpótlódás számítására (Q_{net}) a Gribovszki et al. (2008) által kifejlesztett módszer empirikus változatát használtuk, amely a talajvízszint napi változását és a fajlagos hozamot használja fel a becsléshez. A folytonosan rendelkezésre álló fajlagos hozam értékét Loheide II. et al (2005) által publikált háromszög diagram segítségével, a talajsövet alapján becsültük. A végleges értékeket a modell kalibrálása során állapítottuk meg.

Az aktuális transzspirációt (T) a Hydrus 1-D modell minden olyan modellrétegre számolta, ahol a normalizált gyökérsűrűség nulla feletti volt. A modellezés során a van Genuchten (1987) által javasolt S-alakú függvényt (víztartó képességi görbék) használtuk. Az aktuális talajfelszín párolgást a Hydrus 1-D modell a legfelső talajréteg aktuális talajnedvesség tartalmának és hidraulikus vezetőképességének függvényében számolta.

3. Eredmények

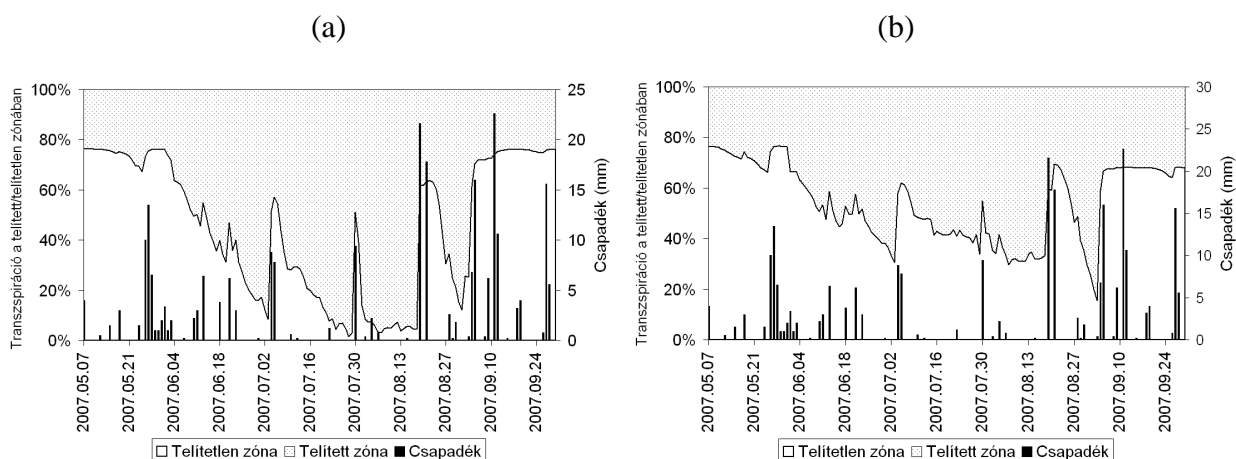
A modelleket a mért talajnedvesség és talajvízszintek segítségével kalibráltuk. A modell által szimulált talajnedvesség értékeket a talajnedvesség szenzorok pontos elhelyezkedése alapján számítottuk.

A talajnedvesség mérések és modell szimulációk általában jól egyeztek mind a száraz 2007-es, mind a csapadékos 2008-as évben. A szimulált talajvízszint változások szintén többé-kevésbé jól követték a mért értékeket. A megfigyelt és szimulált talajnedvesség és talajvízszintek közötti eltéréseket napi szinten is megvizsgáltuk. Nem találtunk szisztematikus eltérést a szimulált és mért értékek között.

A tölgyes mintaterületen a teljes intercepciós veszteség közel kétszerese volt a parlagon becsültnek. 2007 vegetációs időszakában az intercepció a tölgyesben a csapadék 38%-a volt, a parlagterületen pedig mindössze 15%-a. A csapadékosabb 2008-as évben az intercepció és csapadék aránya mindkét mintaterületen kissé csökkent.

A modell szerint a tölgyes mintaterület teljes transzspirációja a vizsgált időszakban mintegy 33%-kal volt magasabb a parlag mintaterület becsültnek. Az aktuális talajfelszín evaporáció az evapotranszspirációnak mintegy 3,7%-a volt a tölgyes és 25,6%-a a parlag mintaterületen.

A mintaterületek talajvíz-fogyasztását a szimulált talajnedvesség-profil alapján határoztam meg. A telített és telítetlen zóna határának megállapításához az adott talajréteg szántóföldi vízkapacitás értékét használtam, melyben egyidőben a kapilláris zóna tartózkodott. A Hydrus modell szimulációk alapján 2007 vegetációs időszakában a tölgyes mintaterület talajvíz fogyasztása a teljes transzspirációnak mintegy 66, a parlagterületé 38%-a volt (3. ábra).



3. ábra: A telített és telítetlen zóna vízfelvételi aránya és a csapadék változása a tölgyes (a) és parlag (b) mintaterületen

A vízfelvétel változása 2007 vegetációs időszakában a nyáron fellépő aszály hatását mutatta. A nyár elejéig a telítetlen rétegek szerepe jelentős volt a párolgási igény kielégítésében, majd a nyár folyamán a rövid csapadékos periódusoktól eltekintve jelentősen visszaesett. A telített zóna aránya a teljes vízfelvételből a nyár száraz időszakában elérte a 90%-ot is.

A csapadékos időjárás következtében a transzspiráció 2008-ban eltérő képet mutatott. A telítetlen zóna egész nyáron jelentős vízkivétellel volt jellemezhető, aránya 50-60% körül mozgott a tölgyes mintaterületen. A mélyebb rétegekből történő vízkivétel a vegetációs időszak elején csak a rövid csapadékmentes időszakokban volt jellemző, majd augusztus folyamán jelentősen megnövekedett.

A Hydrus modellezéssel kapott vízforgalmi komponensek értékei az 1. táblázatban láthatóak.

1. táblázat: Vízmérleg komponensek

Vízmérleg komponensek (mm)	Vegetációs időszak - 2007		Vegetációs időszak - 2008	
	Tölgyes	Parlag	Tölgyes	Parlag
Csapadék	261	261	383	401
Intercepciós veszteség	95	39	129	50
Talajfelszín párolgás	22	139	41	154
Transzspiráció - telítetlen zóna	208	235	255	260
Talajvíz-fogyasztás	405	144	255	87
Nettó talajvíz-utánpotlódás	289	125	184	55
Talaj víztartalmának változása	-180	-171	-112	-95

4. Következtetések

Egy tölgyes és egy parlag vízforgalmi komponenseit becsültük 2007.04.01 és 2009.04.01 közötti időszakban. A vizsgálati időszak magában foglalt egy száraz és egy csapadékos évet egyaránt. A vízmérleg komponenseket Hydrus modell kalibrálásával számítottuk, a talajnedvesség és talajvízszint illesztésének segítségével. A fontosabb megállapítások a következők:

1. A modell eredmények alapján egy síkvidéki talajvíz-függő tölgyes evapotranszpirációja közel 30%-kal volt nagyobb a közeli parlagterületen becsült értéknél a vizsgált periódusban.
 - A vízforgalmi komponenseket tekintve a parlag intercepciós vesztesége alig fele volt az erdőben becsültnek.
 - A parlagterület transzspirációja mindössze 2/3-a volt a tölgyes mintaterületen becsültnek.
 - A talajfelszín párolgás a tölgyesben mintegy 1/5-e volt a parlagon becsültnek.
2. A tölgyes mintaterület talajvíz-fogyasztása a két határfeltétellel alkalmazott Hydrus 1-D modell eredményei szerint közel háromszorosa volt a parlagterületen tapasztaltnak.
 - Az erdőben a talajvíz-fogyasztás a teljes transzspiráció közel 60%-a, míg a parlag területen mintegy 30%-a volt.
3. A talajvíz-fogyasztás aránya a teljes transzspirációból 2008-ban mintegy 40%-al volt kevesebb, mint a száraz 2007-es vegetációs időszakban.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az Erdő-Klíma (NKFP 3B/2002/012), a Jedlik Árnys (NKFP 6-47/2005), a TÁMOP-4.2.2-08/1-2008-0020 és TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018 "Talentum" projektek és az MTA Bolyai ösztöndíja támogatták.

Irodalom

- Andressian, V.: Waters and forests: from historical controversy to scientific debate, *Journal of Hydrology*, 291: 1-27, 2004.
- Bosch, J.M. – Hewlett, J.D.: A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology*, 55: 3–23, 1982.
- Fodor, N. - Rajkai K.: Számítógépes program a talajok fizikai és vízgazdálkodási jellemzőinek egyéb talajjellemzőkből történő számítására (TALAJTANonc 1.0). *Agrokémia és Talajtan*, 54: 25-40, 2005.
- Gash, J.H.C.: An analytical model of rainfall interception by forests. *Quart.I.R.Met.Soc.* 105: 43-45, 1979.
- Gácsi, Zs.: A talajvízszint észlelés, mint hagyományos, s a vízforgalmi modellezés, mint új módszer alföldi erdeink vízháztartásának vizsgálatában. *Doktori értekezés*, NyME, Sopron, 2000.
- Gribovszki, Z., Kalicz, P., Szilágyi, J., Kucsara, M.: Riparian zone evapotranspiration estimation from diurnal groundwater level fluctuations. *Journal of Hydrology*, 349: 6-17, 2008.
- Gribovszki Z., Kalicz, P., Szilágyi, J.: Napi periódusú változás a hidrológiai jellemzőkben. *Hidrológiai Közlöny*, 89/2: 23-37, 2009.
- Járó, Z. - Sitkey, J.: Az erdő és talajvíz kapcsolata. *Erdészeti kutatások*, 85: 35-46, 1995.

- Ladekarl, U.L. - Rasmussen, K.R. - Christensen, S. - Jensen, K.H. - Hansen, B.: Groundwater recharge and evapotranspiration for two natural ecosystems covered with oak and heather. *Journal of Hydrology*, 300: 76-99, 2005.
- Loheide II., S., Butler, J., Gorelick, S.: Estimation of groundwater consumption by phreatophytes using diurnal water table fluctuations: a saturated–unsaturated flow assessment. *Water Resources Research*, 41 (W07030): 1–14, 2005.
- Monteith, J.L.: Evaporation and the environment. *Symposium of the Society of Experimental Biology*, 19: 1579-1590, 1965.
- Nachabe, M. - Shah, N. - Ross, M. - Vomacka, J.: Evapotranspiration of two vegetation covers in a shallow water table environment. *Soil Sci.Soc.Am.J.*, 69: 492-499, 2005.
- Roberts, J. - Rosier, P.: The impact of broadleaved woodland on water resources in lowland UK: I. Soil water changes below beech woodland and grass on chalk sites in Hampshire. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9(6): 596-606, 2005.
- Šimůnek, J. - Van Genuchten, M.TH. – Šejna, M.: The Hydrus-1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media. Version 3.0, HYDRUS Software Series 1, Department of Environmental Sciences, University of California Riverside, Riverside, CA, 270 pp., 2005.
- van Genuchten, M.TH.: A numerical model for water and solute movement in and below the root zone. Unpublished Research Report, U.S. Salinity Laboratory, USDA, ARS, Riverside, CA, 1987.
- van Genuchten, M.TH., Leij, F. J., Yates, S. R.: The RETC Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils, Version 1.0. EPA Report 600/2-91/065, U.S. Salinity Laboratory, USDA, ARS, Riverside, California, 1991.
- von Hoyningen-Hüne, J.: Die Interception des Niederschlags in landwirtschaftlichen Beständen. Schriftenreihe des DVWK 57: 1-53, 1983.
- White, W.: A method for estimating ground-water supplies based on discharge by plants and evaporation from soil. US Geol. Survey Water Supply Paper 659-A. United States Government Printing Office, Washington, DC, 1932.