

# A VÍZHÁZTARTÁS VIZSGÁLATA NÉHÁNY KISKUNSÁGI FAÁLLOMÁNYBAN

Bolla Bence<sup>1</sup>, Németh Tamás Márton<sup>1</sup> és Gácsi Zsolt<sup>2</sup>

<sup>1</sup> NAIK Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály

<sup>2</sup> Kiskunsági Erdő-Gazda Kft.

## Kivonat

Vizsgálatainkat a Duna–Tisza közti homokhát területén elhelyezkedő három erdőrészletben, és a közvetlen közelükben lévő gyepterületeken folytattuk 2012–2015 között. Munkánk során különböző módszereket alkalmaztunk a kísérleti területek vízháztartásának vizsgálatához. Bizonyítottuk, hogy a vizsgált gyepterületek vízforgalma jelentősen különbözik a közvetlen környezetükben elhelyezkedő erdőállományokétól. A különböző alföldi erdőállományokban és a szomszédos fátlan területeken végzett hidrológiai mérések hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a gyakran szélsőséges vízháztartási viszonyok között folytatott alföldi erdőgazdálkodás minél inkább alkalmazkodni tudjon a klímaváltozás okozta kihívásokhoz.

*Kulcsszavak:* Kiskunság, erdőállomány, csapadék, talajnedvesség, intercepció, vízháztartás

## MONITORING OF THE HYDROLOGICAL BALANCE IN FOREST STANDS OF KISKUNSÁG

### Abstract

The aim of this paper to show how hydrological measurements in forests and grasslands can contribute to the treatment of different areas. The study was carried out in three different forest stands and their surrounding grasslands of the area of the Kiskunság Sandridge, between 2012 and 2015. Different methods were applied during the study of the water balance. The water balance shows that the values of the water uptake of the grasslands are lower than that of the surrounding foreststands. The hydrological measurements and results can be useful for the silviculture in different sand forest types under the changing climate conditions.

*Keywords:* Kiskunság, forests, precipitation, soil moisture, interception, water balance



## BEVEZETÉS

Az Alföldfásítási Program eredményeként Alföldünk erdősültsége a II. világháború előtti 4,5%-ról napjainkra megháromszorozódott (Országos Erdőállomány Adattár adatai alapján). E nagyszabású erdősítési munka megkívánta, hogy sokszor a negatív vízmérlegű – párologtató típusú – talajokon is erdőállományokat hozzanak létre.

A Duna–Tisza közén az 1970-es évektől jelentős talajvízszint-süllyedés következett be, melynek méretei az 1990-es évek közepére tovább romlott. Az okok kutatásával – a téma fontosságának megfelelően – számos szakember foglalkozott (Major 1974, 1994, 2002, Major & Neppel 1988, Szodfridt 1974, 1990, 1993, Pálfi 1995, 2010). A probléma rendkívüli összetettsége miatt a különböző szakterületek művelői csak részterületekről nyilatkozhatnak felelősséggel. A jelenség ráirányította a figyelmet az alföldi erdeink vízháztartási kérdéseire is.

Az erdő-víz kapcsolatot elemző kutatások természetesen nem merülhetnek ki az erdők talajvízszintre gyakorolt hatásának tanulmányozásában. A természetvédelem, a vízügy, a mezőgazdaság és nem utolsósorban a táji erdőgazdálkodás szempontjából nézve is egyre fontosabb annak megismerése, hogy milyen szerepet töltenek be az alföldi erdők a térség vízháztartásában. Jelen munkánkkal e problémakör vizsgálatához szeretnénk hozzájárulni.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### Vizsgálati terület

A kiskunsági homokháton összesen 5 mintaterületet jelöltünk ki. Bócsán egy-egy, azonos korú (41 év) és azonos technológiával létesített erdeifenyves és hazai nyárást vizsgáltunk; kontrollként a mellettük lévő tisztás szolgált. Pusztaszeren egy sarj eredetű, idős (44 éves), elegenden akácost és a mellette lévő gyepterületet választottuk (1. ábra). A vizsgált faállományok képe erősen heterogén, jellemző a pusztuló állományfoltok és a gyenge fejlődés (erdeifenyves 5., a szürke nyáras 6. és az akác 6. fatermési osztályú). Az állományok alacsony élő fakészlettel rendelkeznek (erdeifenyves 170, szürke nyáras 190, akác 100 m<sup>3</sup>/ha) és rossz az egészségi állapotuk is (az Országos Erdőállomány Adattár adatai alapján).

### Alkalmazott módszerek

A szabadterületi csapadék meghatározásához Hellmann-rendszerű csapadékmérőket használtunk. Az áthulló csapadékot és a törzsi lefolyást az erdeifenyvesben (Bócsa 51/D) és a szürke nyárasban (Bócsa 51/E) mértük. A lombkoronán áthulló csapadék mennyiségét mintaterületenként, három darab Hellmann-rendszerű csapadékmérő (egy a sorközben, egy sorban és egy záródáshányos foltban kihelyezve), húsz darab 280 cm<sup>2</sup> felületű tölcser (1×1 m-es kötésben kialakítva) és tíz darab 100 cm<sup>2</sup> felületű mérőedény (véletlenszerűen elhelyezve) segítségével mértük. A törzsön lefolyó csapadékvíz mennyiségét az átmérőeloszlás figyelembevételével, törzsgallérokkal határoztuk meg.

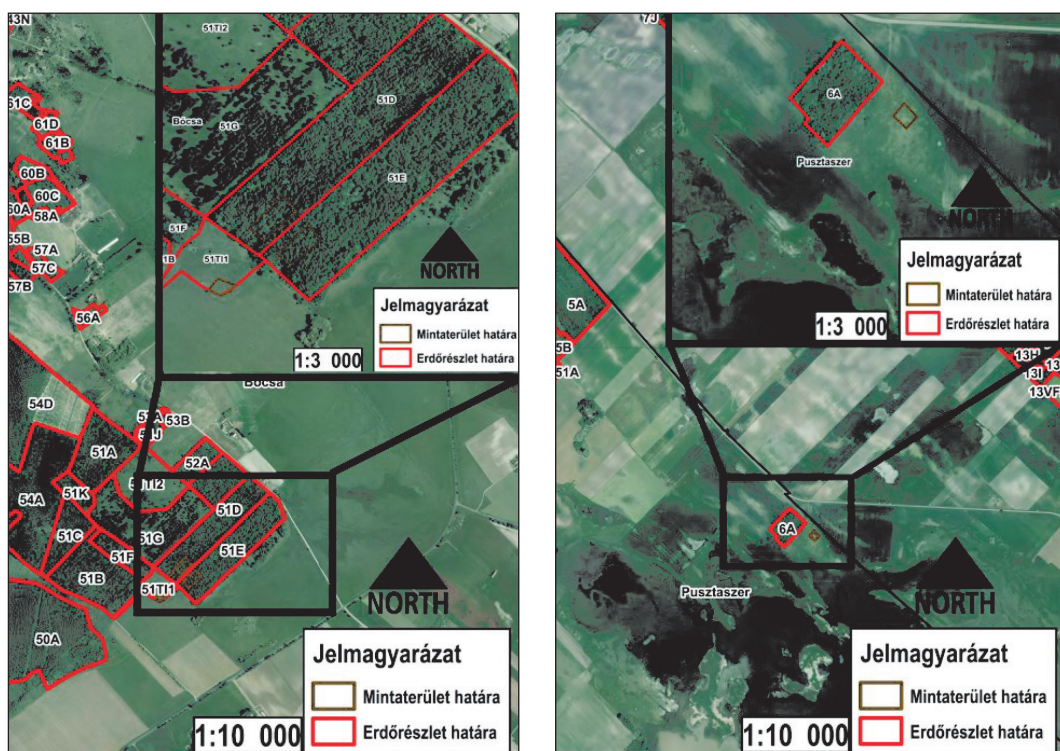
A meteorológiai adatokat (hőmérséklet, relatív páratartalom, szabadterületi csapadék, globálsugárzás) a bócsai kontrollterületen (Bócsa 51/T11) létesített BOREAS Meteo Global HI meteorológiai mérőállomás segítségével, óránkénti felbontásban észleltük (2. ábra).

A három év alatt gyűjtött hőmérséklet- és csapadékadatok összevetését legcélszerűbb a Walter-Lieth-féle klímadiagram összefüggéseinek segítségével elvégezni, mivel ez a módszer szemlélteti az egyes időszakok

(pl.:humid, aszályos) alakulását. A diagramot három év jellemzésére készítettük el, így az nem tekinthető klaszszikus Walter-Lieth-féle klímadiagramnak. Az egyes éveket az az erdészeti szárazsági index (Führer 2010) alapján is jellemeztük.

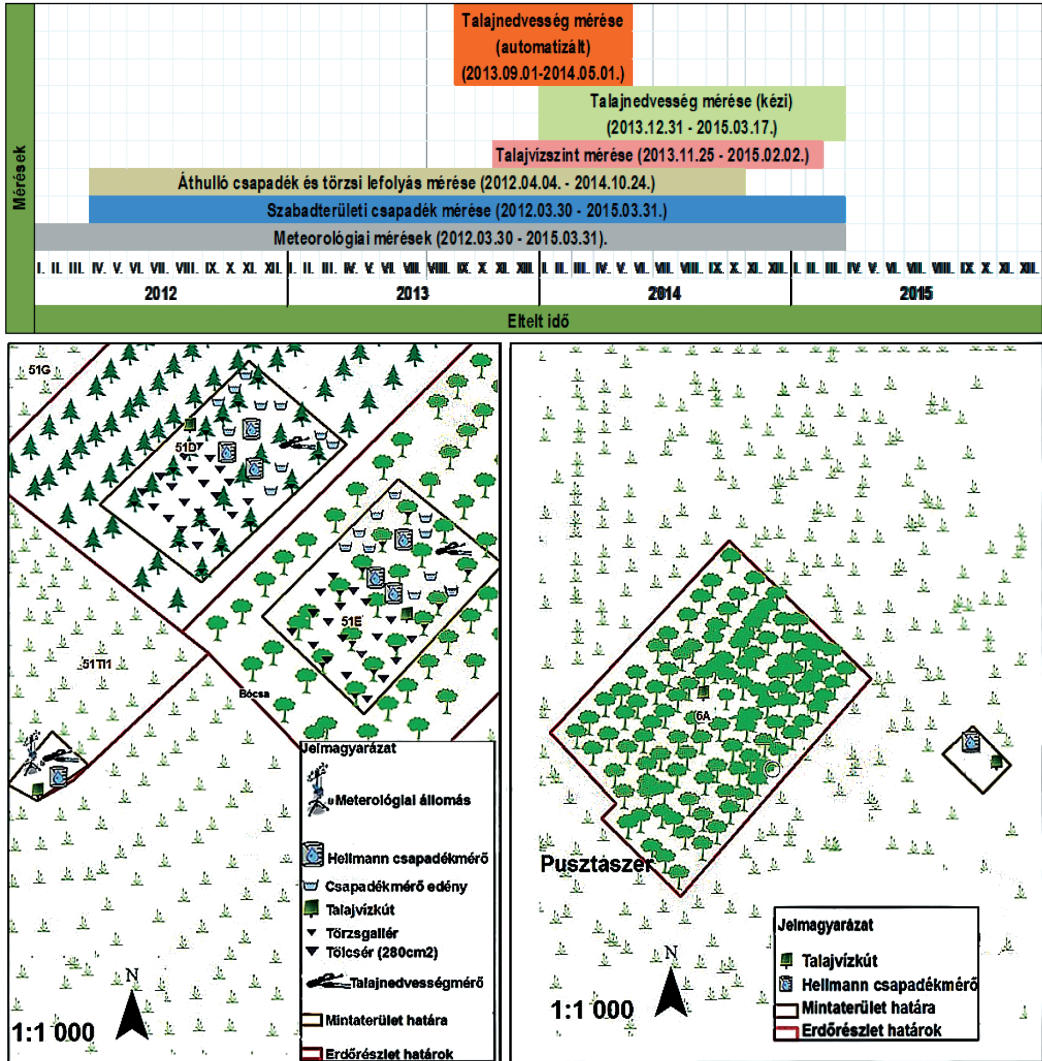
A talajvízszint adatait a bócsai és a pusztaszéri mintaterületeken kialakított monitoring kutakban Dataqua, DA-LUB 222 nyomássonidák és HYGR adatgyűjtők, valamint Dataqua, DA-OP LED diódás, kézi vízszintmérő segítségével gyűjtöttük (óránkénti, illetve az adatgyűjtő meghibásodása esetén heti rendszerességgel).

A talajnedvesség adatait kézi mérőműszer és automata mérőállomás segítségével gyűjtöttük Bócsán három helyszínen. A talaj felső 80 cm-es nedvességtartalmát TDR-rendszerű PT-1 digitális talajnedvességmérő egységgel mértük heti gyakorisággal. Az automatizált talajnedvesség méréseket az Onsetcomp által gyártott HOBO MicroStation adatgyűjtővel és Decagon10 HS talajnedvesség szenzorok (12 db) alkalmazásával végeztük óránként, mintaterületeként négy talajrétegben (0–25 cm, 25–50 cm, 50–75 cm, 75–100 cm). Két alkalommal a begyűjtött talajminták nedvességtartalmát szárítószekrény segítségével határoztuk meg.



1. ábra: A mintaterületek elhelyezkedése (Bócsa és Pusztaszér)

Figure 1: Study sites (Bócsa and Pusztaszér)



2. ábra: A mérési intervallumok és a mérőeszközök elhelyezkedése  
Figure 2: Measuring periods and locations of the sensors

## Adatok feldolgozása

A kiértékelés módszertanát nagyban meghatározta, hogy az adott évben milyen méréseket tudtunk elvégezni.

A rendkívül eltérő csapadékviszonyokkal jellemezhető évek miatt az intercepciót minden vizsgált év vegetációs időszakára (április és szeptember közötti időszak) meghatároztuk. A nyugalmi időszak intercepcióját nem vizsgáltuk. Az eltérések okainak magyarázatához az egyes évek csapadékadatait részletesen bemutatjuk.

A legteljesebb körű adatokkal a 2014-es évre rendelkezünk, a talajnedvesség adatok lehetőséget adtak a vízháztartási egyenlet felállítására is.

Egy adott erdőterület vízháztartása a következő egyenlettel írható fel (Szász & Tőkei 1997):

$$\Delta S = (C_{s_M} + C_{s_m} + H_f + H_{fa} + K) - (P + E_f + E_{fa} + Sz + I) \quad (1)$$

(maradéktag)      (bevételi tagok)      (veszetségi tagok)

ahol az egyenlet változói:  $\Delta S$ : A vizsgáta talajréteg vízkészlet-változása [mm]  
 $C_{s_M}$ : A hulló csapadék [mm]  
 $C_{s_m}$ : A mikrocsapadék [mm]  
 $H_f$ : A felszíni hozzáfolyás [mm]  
 $H_{fa}$ : A felszín alatti hozzáfolyás [mm]  
 $K$ : Kapilláris úton felemelt vízmennyiség [mm]  
 $P$ : Párolgás, amely a növényi transzspiráció és a talajfelszín evaporációja [mm]  
 $E_f$ : Felszíni elfolyás [mm]  
 $E_{fa}$ : Felszín alatti elfolyás [mm]  
 $Sz$ : Mélybeszivárgás [mm]  
 $I$ : Intercepció [mm]

E vízháztartási egyenletet a talajnedvesség-szondák által átfogott talajrétegre, azaz 80 cm-es vastagságra írtuk fel. A mélyen húzódó talajvíz (3 m) és a sík terep miatt egyenletünk jelentősen egyszerűsíthető; kiesik a kapilláris úton felemelt víz ( $K$ ) és a felszíni és felszín alatti hozzá-, ill. elfolyás ( $H_f$ ,  $H_{fa}$ ,  $E_f$ ,  $E_{fa}$ ). A módszer pontossága megengedi a mikrocsapadék ( $C_{s_m}$ ) mennyiségének elhanyagolását is. A mélybeszivárgás maradéktagként adódik, így jelen esetben a 80 cm alá beszivárgó csapadékvíz mennyiségét jelenti.

A fentiek alapján a felső 80 cm-re felírható a síkvidéki, mély talajvízű erdők egyszerűsített vízháztartási egyenlete (amelyet Gácsai 2000 és Móricz 2011 is alkalmazott):

$$\Delta S = (C_{s_M}) - (P + Sz + I) \quad (2)$$

A talaj nedvességkészletének változását ( $\Delta S$ ), a hulló csapadékot ( $C_{s_M}$ ), és az intercepciót ( $I$ ) mértük. Az evapotranszspirációt a vízháztartási egyenlet csapadékmentes időszakokra történő felírásával számítottuk (az intercepció és a mélybeszivárgás értéke kiesik, így a talaj nedvességkészletének változása az evapotranszspiráció értékével egyenlő (Moltschanow 1957).

Habár az előző számolás során a kapilláris vízemeléssel, mint bevételi taggal nem kell számolnunk, előfordulhat, hogy a 3 m alatt húzódó talajvízből is van növényi vízfelvétel. Ekkor az egyszerűsített vízháztartási egyenletből számolt evapotranszspirációs érték a tényleges értéket alulbecsli, hiszen a módszer nem számol a talajvízből való növényi vízfelvétellel.

A fenti probléma miatt meg kell vizsgálnunk, hogy a növényzet jut-e többletvízhez a mélyen húzódó talajvízből. A kapilláris zónából történő vízfelvételt a White-féle módszer alapján határoztuk meg (White 1932, Loheide et al 2005):

$$ET = S_v(24r \pm s) \quad (3)$$

ahol az egyenlet változói:  $ET$ : A kapilláris zónából történő vízfelvétel [mm/nap]  
 $S_v$ : A talajra jellemző fajlagos hozam (amelyet Loheide grafikonja alapján becsültünk) [mértékegység nélkül]  
 $r$ : A talajvízgörbéhez húzott egyenes iránytangense a vizsgált időszakban [mm/óra]  
 $s$ : egy nap alatt még egy ( $s$ ) értékkel jellemezhető csökkenés is beáll a talajvízszintben [mm/nap]

A White-módszer a kapillaris zónából történő növényi vízfelvételt a talajvíz napi periódusú ingadozása alapján becsli. Amennyiben a késő éjjeli, kora hajnali időszakban (0.00–4.00 óra között) az evapotranszpirációt elhanyagolhatónak tételezzük fel, akkor ebben az időszakban a talajvízállás növekedési rátáját egyenlőnek vehetjük a terület talajvíz utánpótlódásával. A görbéhez ebben az időszakban húzott egyenes iránytangense ( $r$ ), tehát az egységnyi idő (pl.: 1 óra) alatti talajvíz-utánpótlódás. Ha ezt az utánpótlódási rátát, 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 ( $s$ ) értékkel jellemezhető csökkenés is beáll a talajvízszintben (Gribovszki et al 2009).

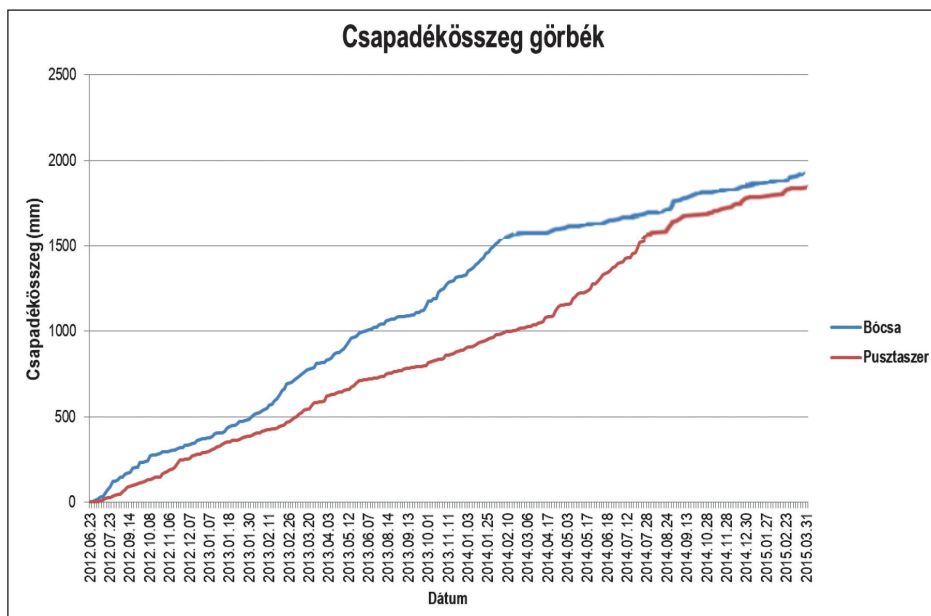
A talajvízgörbe négy szakaszát vizsgáltuk, ahol növényi vízfelvételt feltételeztünk a talajvízszint változása alapján (2014. 05. 04. – 2014. 05. 08., 2014. 06. 02. – 2014. 06. 16., 2014. 07. 13. – 2014. 07. 18., 2014. 08. 11. – 2014. 08. 23.). A talajvízszondák cm-es felbontásban észlelték a talajvízszint változását így kézi leolvasást alkalmazva választottuk ki a vizsgálandó szakaszokat és ezekre alkalmaztuk a White-féle módszert.

## EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

### Csapadékadatok értékelése

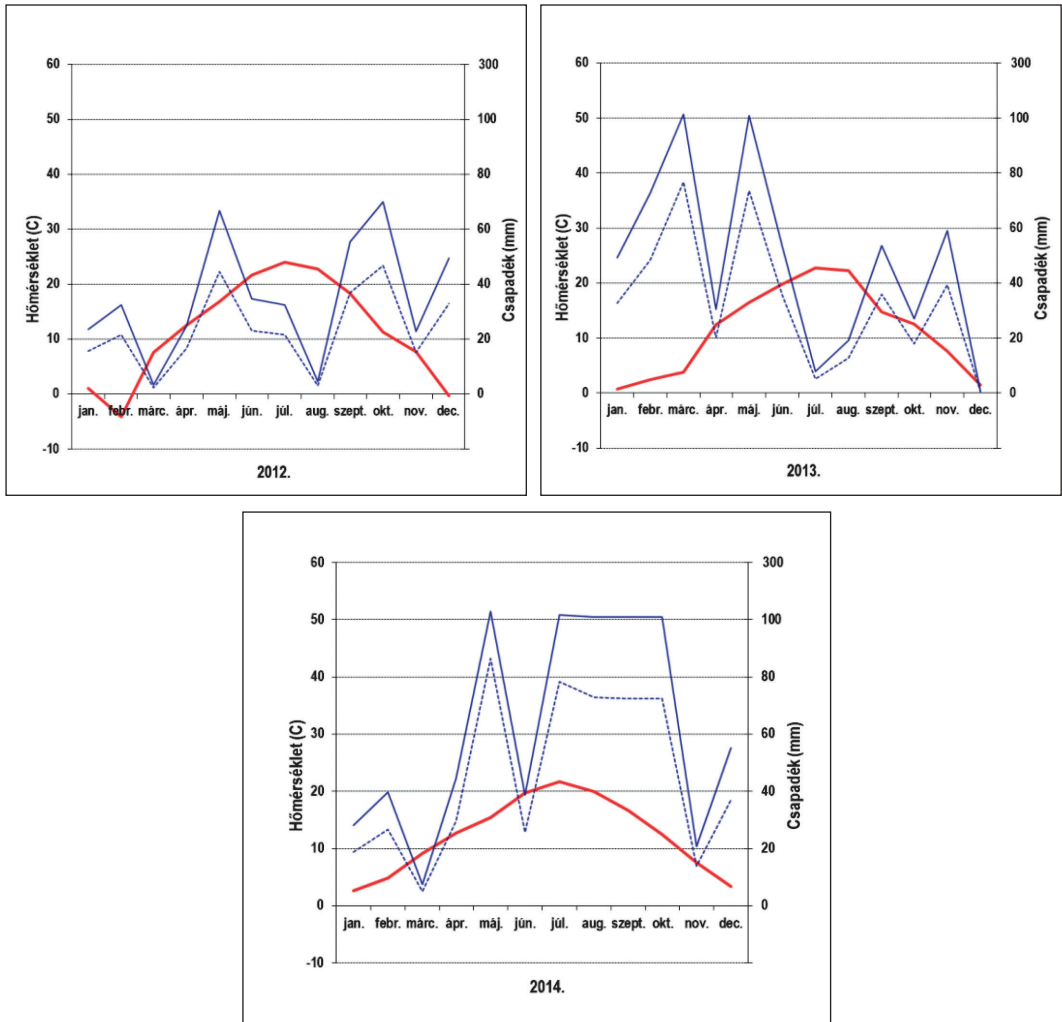
A lehullott csapadék mennyisége a vizsgálat 3 évében rendkívül változatos képet mutatott. A 2012-es év rendkívül aszályos, a 2014-es átlagon felül csapadékos volt.

A Bócsán, ill. Pusztaszeren mért csapadékadatok kumulált görbéi hasonló lefutást mutatnak. Az összegző görbék elnyúlása jól mutatja a csapadékmentes időszakokat (3. ábra).



3. ábra: A csapadék összeggörbe változása mintaterületenként (2012. április és 2015. március között)

Figure 3: The change in precipitation amount curve of the study sites (April 2012-March 2015)



4. ábra: A Bócsa 51 T11 meteorológiai adatainak ábrázolása 2012-2014 között (a Walter-Lieth-féle klímadiagram összefüggései alapján)  
 Figure 4: Meteorological data between 2012-2014 in Walter-Lieth's diagram context (Bócsa 51 T11)

A klímadiagram alapján aszályos időszakokkal 2012-ben március, július és augusztus, 2013-ban augusztus és 2014-ben március hónapokban találkoztunk. Ezen túl több aszályveszélyes időszak is tapasztalható volt, jellemzően a tavaszi és nyári hónapokban. A humid időszakok elrendeződése 2012 és 2014 között igen heterogénnek mondható, ami a csapadékesemények változatos területi és időbeli eloszlásával magyarázható. Szuperhumid időszakok mindössze háromszor (2013 februárjában, 2014 májusában és júliusában) jellemezték a bócsai mintaterület időjárását. A vizsgálati időszak alatt fagyos hónap csak 2012-es év január, február és december havában volt. Fagyveszélyes hónapokkal viszont annál többel találkozhatunk jellemzően januárban, februárban, márciusban, novemberben és decemberben (4. ábra).

Mivel a klímadiagram a havi értékek figyelembevételével készült, így nem mutatja igazán jól a szélsőségek hatását, illetve bizonyos mértékben elfedi azokat. Tehát nem csak a havi, hanem a napi értékek is meghatározó szereppel bírnak az adott faállomány további fejlődését tekintve.

Ha az erdészeti szárazsági index (Führer 2010) alapján jellemezzük az elmúlt éveket akkor a 2012-es és 2013-as évek erősen az erdőssztyep klímába (FAI értékek: 13,69, 11,33), viszont 2014 – jelentős/extrem mennyiségű csapadék hatására – a bükkös klímába sorolható (FAI érték: 4,07).

Az intercepciós vizsgálatok értelmezéséhez közreadjuk a meteorológiai állomás és a kézi csapadékmérések vegetációs időszakra vonatkozó adatait (1. táblázat).

1. táblázat: Az egyes vegetációs időszakok meteorológiai jellemzői  
Table 1: The meteorological elements of each vegetation period

Meteorológiai adatok	2012	2013	2014
	Vegetációs időszak (03. 31. – 09. 01.)		
Csapadék	164 mm	224 mm	428 mm
Csapadékos nap	49 nap	51 nap	70 nap
5 mm alatti csapadék	40 nap	37 nap	45 nap
Relatív páratartalom	62,3%	66,8%	70,9%
Átlaghőmérséklet	19,6 °C	18,7 °C	18,0 °C
Globálsugárzás (átlag)	2099 J/cm <sup>2</sup>	2110 J/cm <sup>2</sup>	1983 J/cm <sup>2</sup>

## Intercepció és törzsi lefolyás

Az intercepciós adatokat két szemszögből értékeltük. Egyrészt a 2014-re számolt vízmérleghez megadtuk az intercepció értékét (2. és 3. táblázat), másrészt azt vizsgáltuk, hogy az igen eltérő meteorológiai jellemzőkkel leírható 2012, ill. 2014. évek intercepciójában megfigyelhető-e jelentős különbség.

2. táblázat: Intercepció és törzsi lefolyás az erdeifenyves állományban (Bócsa 51/D)  
Table 2: Interception and stem-flow in the Scots pine stand (Bócsa 51/D)

Jellemzők	2012	2013	2014
	Vegetációs időszak (03. 31. – 09. 01.)		
Csapadék	164 mm	224 mm	428 mm
Koronán áthulló csapadék	115 mm (70%)	156 mm (70%)	319 mm (74,5%)
Törzsi lefolyás	3 mm (2%)	9 mm (4%)	11 mm (2,5%)
Állományi csapadék összeg	118 mm (72%)	165 mm (74%)	330 mm (77%)
Intercepció	46 mm (28%)	59 mm (26%)	98 mm (23%)

Az erdeifenyvesben a különböző évek vegetációs időszakainak intercepciója között jelentős eltéréseket találtunk. Legmagasabb a 2012-es vegetációs időszak intercepciója volt (28%), míg 2014-ben ennek csak 82%-át tapasztaltuk (23%). A %-ban kifejezett intercepciót növeli a kis csapadéku csapadékesemények magas aránya és a nagyobb páraéhség (kisebb relatív páratartalom, magasabb átlaghőmérséklet). Az 1. táblázatban közölt meteorológiai adatok a fent leírtakat egyértelműen alátámasztják a gyakorlatban is.

Különösen fel szeretnénk hívni a figyelmet a kis csapadékok (legfeljebb 2 mm) jelentőségére. Abban az esetben, ha a 2 mm alatti csapadéku napokat az intercepció számításánál figyelmen kívül hagynánk a fent jellemzett és magyarázott intercepciós különbségek eltűntek volna (2012: 22%, 2013: 24%, 2014: 23%). Ennek egyértelmű oka, hogy 2 mm alatti csapadéknál az átlagos intercepció 99% is lehet (Sitkey 1999).



3. táblázat: Intercepció és törzsi lefolyás a szürke nyáras állományban (Bócsa 51/E)

Table 3: Interception and stem-flow in the grey poplar stand (Bócsa 51/E)

Jellemzők	2012	2013	2014
	Vegetációs időszak (03. 31. – 09. 01.)		
Csapadék	164 mm	224 mm	428 mm
Koronán áthulló csapadék	117 mm (71%)	152 mm (68%)	304 mm (71%)
Törzsi lefolyás	13 mm (8%)	27 mm (12%)	43 mm (10%)
Állományi csapadék összeg	130 mm (79%)	179 mm (80%)	347 mm (81%)
Intercepció	34 mm (21%)	45 mm (20%)	81 mm (19%)

A szürke nyárasban mért adatok kiértékelésénél szembeűnik, hogy a koronán áthulló csapadék mennyisége az egyes években csaknem megegyezik a szomszédos fenyvesben mért értékekkel. A különbséget a nyárasban mért nagyobb törzsi lefolyás adja. A jelenség mindkét faállomány alacsony záródásával és (a gyenge termőhely miatt kialakult) rossz egészségi állapotával magyarázható.

Az intercepciós értékek meteorológiai jellemzőktől való függése a szürke nyárasban is kifejezésre jut, de sokkal kevésbé, mint azt az erdőfenyves esetében láttuk.

A gyepterületek intercepcióját Hagyó et al (2006) bugaci méréseit felhasználva adtuk meg. Az akácos faállomány intercepcióját Járó (1980) eredményei alapján határoztuk meg.

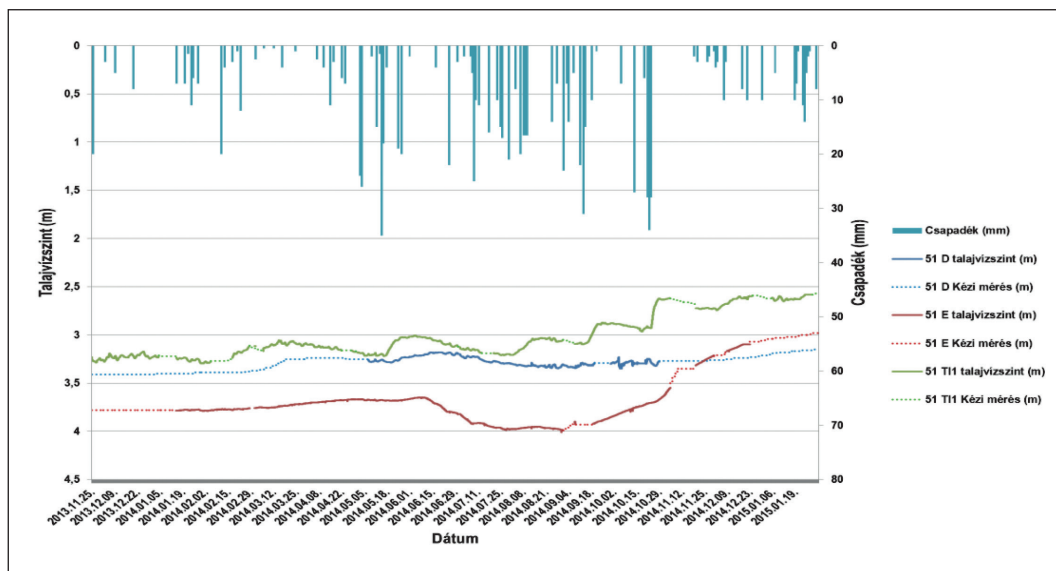
## Talajvízszint alakulása

A bócsai kísérleti területek alatt mért talajvízszinteket mutatja be az 5. ábra.

A kontroll kútban a talajvízszint átlagosan 3,06 m-es mélységben volt. Gácsi 2000-ben közreadott Bugacon mért adataival és az Alsó-Duna-Völgyi Vízügyi Igazgatóság észleléseivel (Orgovány, 2014: 3,5 m, Bócsa, 2014: 3,3 m) összevetve ez az érték a helyi átlagnak megfelelő. A megfigyelés teljes időtartama alatt e kútban mért talajvízszint volt a legmagasabb. A mérési időszakban a talajvízszint növekedése volt megfigyelhető a 2014 nyarán és őszén hullott csapadékoknak köszönhetően.

A fenyvesben 10 cm-rel volt mélyebben a talajvíz szintje, mint a kontrollterületen. Ez az érték a vegetációs időszak során sem növekedett jelentősen, a talajvíz ingása a teljes vizsgált időszakban sem haladta meg a 25 cm-t. A csapadékeseményekre a parlagterület alatti vízszint gyorsan, viszonylag erősen reagált, de a különbségek rendre kiegyenlítődték. A legnagyobb vízszintkülönbség (50 cm) a következő nyugalmi időszak során alakult ki. Az erdőállomány alatti vegetációs időszaki depresszió nem volt kimérhető. Ez alapján feltételezhető, hogy az állomány közvetlenül a talajvízből nem fogyaszt – talajvízszintre gyakorolt hatása inkább az intercepción keresztül érvényesül. Talajvízből való közvetlen vízfogyasztást a White-módszerrel sem tudtunk kimutatni (0 mm/nap).

A Bócsa 51 E szürke nyáras alatt a nyugalmi időszakban 50 cm-rel mélyebben állt a talajvíz, mint a parlagterület alatt. Ez a különbség a vegetációs időszak során elérte az 1 m-t, majd a következő nyugalmi időszakra visszaállt a korábban mért 50 cm körüli különbség. Az 5. ábrán látható depresszióból arra következtethetünk, hogy az állomány közvetlenül is fogyaszt a talajvízből. Ennek értékét a 2014-es vegetációs időszakban a White-módszerrel 1,5 mm/napra (230 mm/veg. időszak) becsültük.



5. ábra: A talajvízszint alakulása Bócsán a napi csapadékok függvényében  
 Figure 5: Changes in the groundwater level in Bócsa depending on the precipitation

A pusztaszeri parlagkútban a talajvízszint átlagos mélysége 1,2 m volt. Ez az érték a Homokhátságon átlag feletti az Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság 2014-es ópusztaszeri (2,8 m) és balástyai (2,9 m) méréseihez képest. A kontrollterületként kijelölt gyepterület talajvízszintje a szabad területi csapadék ciklikusságához, illetve a közeli Büdös-szék vízállásához igazodik. A vegetációs időszakban a talajvízszint periodikus csökkenése volt megfigyelhető, majd a nyugalmi időszakban annak folyamatos emelkedése volt tapasztalható (6. ábra). A talajvízszint ingadozásának maximum értéke 1,1 m, ami a közeli Büdös-szék vízállásának fokozatos növekedésével (2014 nyarán 395 mm csapadék hullott az aszályos időszakok ellenére) magyarázható.

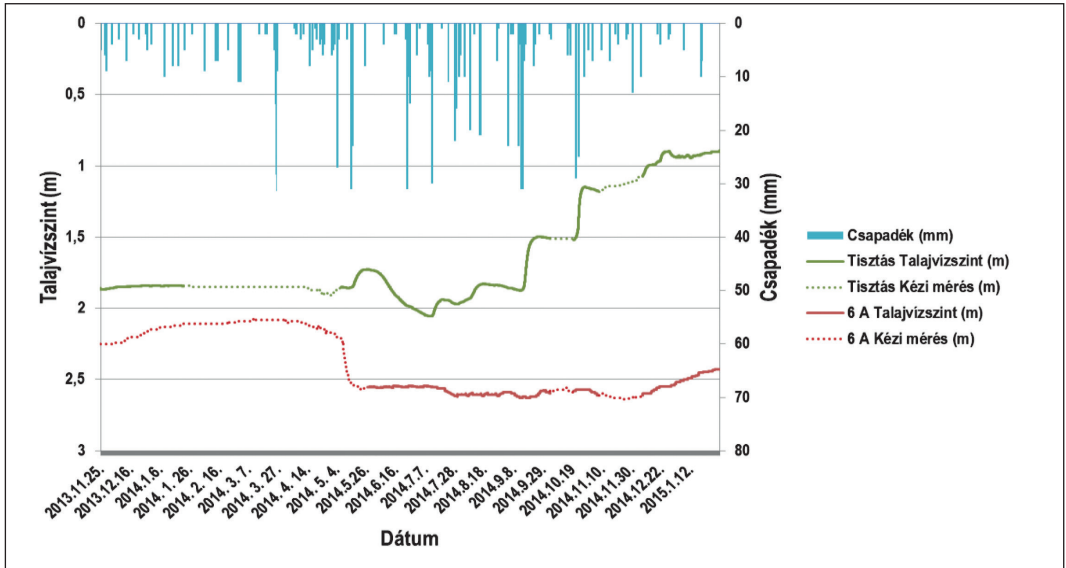
A Pusztaszer 6 A akácok faállomány alatti talajvízszint a nyugalmi időben mintegy 20 cm-rel maradt alatta a kontrollterületen mértnek. Májusban aztán ez az eltérés pár nap alatt közel fél méterrel növekedett, majd a későbbiekben jelentős talajvízszint-változást nem észleltünk, még a nagy csapadékok idején sem. A jelenség – a vegetációs időszak elmúltát követő kiegyenlítődési folyamatok hiányában – nem vezethető vissza egyértelműen a növényi vízfogyasztásra, ugyanakkor az óras felbontású talajvízszint észlelésen alapuló White-módszerrel ki tudtuk mutatni a talajvízből történő közvetlen vízfelvételt. Ennek értékét a 2014-es vegetációs időszakban 0,9 mm/napra (136 mm/veg. időszak) becsültük.

## Talajnedvesség, és az abból számolt evapotranspiráció

A talajban lévő nedvesség mennyiségére, ill. annak időbeli változására a talaj tulajdonságain és a felszint borító növényi vegetáción túl a vizsgált talajszelvény aktuális vízháztartási viszonyai hatnak. Ennek megfelelően a talaj nedvességtartalmának ismerete legtöbbször nélkülözhetetlen a vízforgalmi számításoknál.

A bócsai mintaterületek felső 80 cm-ének átlagos talajnedvesség-változását a 7. ábra mutatja be.

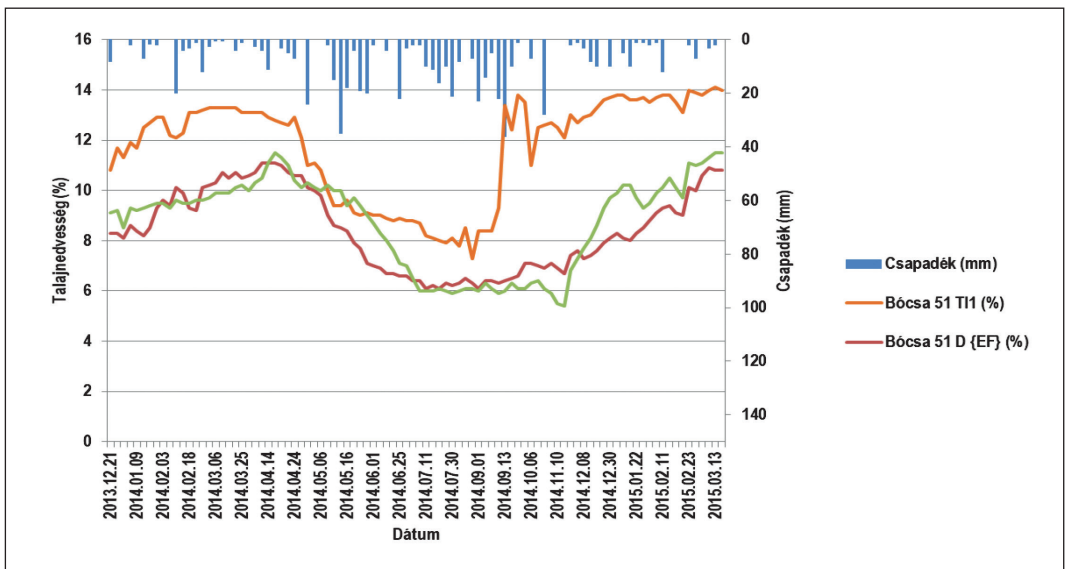
A görbék mindegyike vegetációs időszakbeli szárazodást, és nyugalmi időszaki nedvesedést mutat. A parlagterület nedvességtartalma mutatja a legnagyobb dinamikát, ez a terület reagált leginkább a csapadéokra.



26. ábra: A talajvízszint változása a pusztaszeri mintaterületen a napi csapadék függvényében  
Figure 6: Changes in the watertable in Pusztaszer depending on the precipitation

Az erdei mintaterületek nedvességgörbéi kisebb amplitúdóval, de jól követik a kontrollterület görbéjét. A két erdőtalaj nedvességtartalma hasonló, s átlagban mintegy 2%-kal alacsonyabb a parlagterületénél.

A talaj nedvességkészségének csökkenéséből számított evapotranszspiráció átlagos napi értéke a parlagterületen 0,5–0,8 mm, az erdőfenyvesben 0,3–0,5 mm, a szürke nyárasban pedig 0,4–0,5 mm értéknek adódott attól függően, hogy az egyes csapadékmentes időszakokból nyert adatok mediánját, vagy napok számával súlyozott átlagát vettük.

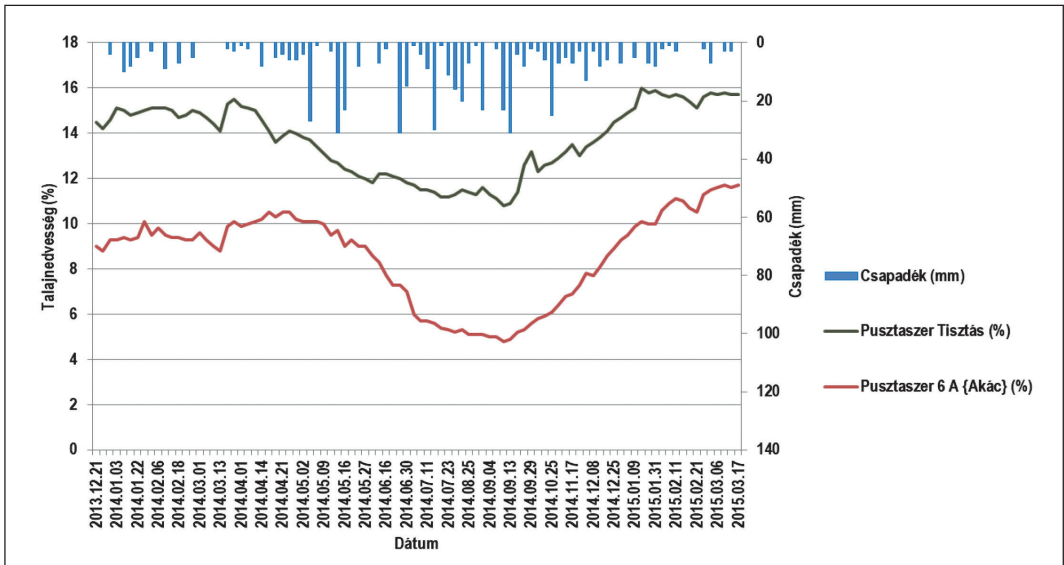


7. ábra: A talaj felső 80 cm-es rétegének nedvességtartalom-változása a bócsai mintaterületen  
Figure 7: Fluctuation of the soil moisture in Bócsa PT-1 (upper 80 cm)

A fentiek igazak a pusztaszeri mérésekre is (8. ábra) azzal az eltéréssel, hogy az akácos alatt átlagosan nem 2%-kal, hanem 4%-kal alacsonyabb a talaj nedvességtartalma a kontrollterülethez képest.

Az evapotranszpirációt a parlagterületen 0,3–0,5 mm/nap, az akácosban 0,3 mm/nap nagyságúnak számítottuk. A módszertani részben leírtak szerint a fenti evapotranszpirációs értékek a felső 80 cm-es talajrétegre vonatkoznak, és nem tartalmazzák a szürke nyáras 1,5 mm/napra és az akácos 0,9 mm/napra becsült közvetlen talajvíz-fogyasztását.

Az automatizált talajnedvesség-mérések sajnos nem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket: a gyakori meghibásodások miatt csak a 2013/14-es nyugalmi időszakról vannak értékelhető adataink. Ezekből sajnos megfelelő következtetéseket nem lehet levonni, legalább egy teljes év adatára lenne szükség. Tovább kell dolgoznunk a szondák kalibrálásán is, mert a szárítószerkevényes kontrollmérések nem támasztották kellőképpen alá az eredmények elfogadhatóságát.



8. ábra: A talaj felső 80 cm-es rétegének nedvességtartalom változása a pusztaszeri mintaterületen  
Figure 8: Fluctuation of the soil moisture in Pusztaszer PT-1 (upper 80 cm)

## A kísérleti területek vízforgalma

A vízforgalom fentebb ismertetett elemeinek egyszerűsített vízháztartási egyenletbe rendezésével kapott vízforgalmat a 4. táblázat mutatja be. Tekintettel arra, hogy a mélybeszivárgás (80 cm alá) értéke maradványként adódott, magán viseli az összes többi vízforgalmi elem számítási hibáját. Mivel az adatok mindössze egyetlen, 400 mm feletti csapadékkal jellemezhető vegetációs időszak méréseit tükrözik, erősen tájékoztató jellegűek.

Az adatok tendenciájából kiolvasható, hogy a talaj felső 80 cm-ére számított evapotranszpiráció értékei nem különböznek jelentősen egymástól. Ugyanez igaz a vízkészlet változásra is: a vegetációs időszak végére 29–38 mm-rel csökken a felső 80 cm nedvességtartalma valamennyi vizsgált területen.

A vízforgalombeli különbségeket elsősorban az intercepciós eltérések és a két érintett állomány közvetlen talajvízfogyasztása okozza. Finomítani lehetne az eredményeken, ha az evapotranszpirációt a jövőben fel tudnánk bontani talajfelszíni párolgásra és növényi vízfogyasztásra.

4. táblázat: A mintaterületek vízforgalmának főbb komponensei  
Table 4: Water balance elements

Időszak	2014. 03. 31. – 2014. 09. 01.				
	Bócsa 51 D (EF)	Bócsa 51 E (SZNY)	Bócsa 51 T11 (Gyep)	Pusztaszer (Gyep)	Pusztaszer 6 A (A)
Faállomány					
Intercepció (mm)	98	81	30	28	102
Evapotranszspiráció (mm)	50–80	60–70	70–122	46–70	40–47
Mélybeszivárgás (0,8m→) (mm)	286–316	309–319	314–366	338–368	298–303
Talaj vízkészlet-változása (mm)	–36	–32	–38	–29	–38
Csapadék összesen (mm)	428	428	428	407	407
Vízfelvétel a kapilláris zónából (mm)	–	230	–	–	136

## ÖSSZEFOGLALÁS

A Duna–Tisza közi homokhátság vízháztartásával, az erdőállományok talajvízre gyakorolt hatásával több erdészeti és vízügyi szakember is foglalkozott. A szakemberek véleménye eltérő a témát illetően.

Munkánk során erdő- és gyepterületek vízforgalmát vizsgáltuk meteorológiai, talajvízszint, talajnedvesség tartalom és intercepció mérés segítségével. Az evapotranszspiráció értékét az egyszerűsített vízháztartási egyenlet csapadékmentes időszakokra történő felírásával határoztuk meg. A kapilláris zónából történő vízfelvételt a White-módszer alapján becsültük.

A Bócsán mért meteorológiai adatok tekintetében elmondhatjuk, hogy rendkívül száraz (2012) és igen csapadékos (2014) év is volt a vizsgált időszakban. Az intercepció vizsgálatokban ezt a sokszínűséget nagyon jól ki tudtuk használni. A vízmérleget a csapadékos 2014-es év vegetációs időszakára állítottuk fel.

Az egyes évek vegetációs időszakának intercepciójában jelentős eltéréseket találtunk, melyek jól magyarázhatóak a meteorológiai adatokkal. Az erdeifenyves intercepciója 23–28% között változott, a szürke nyáras esetében 19–21% volt. Különösen fontosnak találtuk a kis csapadékok számának jelentőségét. A szürke nyáras és az erdeifenyves koronáján áthulló csapadék mennyisége között nem volt jelentős eltérés, az intercepció különbségeket a nyárasban mért nagyobb törzsi lefolyás adta.

A talajvízszint adatainak elemzése során kimutathatóak voltak a gyep és az erdő közötti különbségek. A parlagterületek alatt – ha csak 5–10 cm-rel is – de mindig magasabban állt a talajvíz szintje, mint az erdőállományok alatt.

Erdeifenyő esetében az erdőállomány alatti vegetációs időszaki talajvíztekő nem volt kimérhető. Ez alapján feltételezhető, hogy az állomány közvetlenül a talajvízből nem fogyaszt – talajvízszintre gyakorolt hatása inkább az intercepción keresztül érvényesül. Talajvízből való közvetlen vízfogyasztást a White-módszerrel sem tudtunk kimutatni.

A szürke nyáras alatt megfigyelt talajvízgörbe az állomány közvetlen talajvízfogyasztására utal; ennek értékét a 2014-es vegetációs időszakban a White-módszerrel 1,5 mm/napra (230 mm/veg. időszak) becsültük. Ugyan ezen érték az akácok alatt 0,9 mm/napnak (136 mm/veg. időszak) adódott.

A talaj nedvességtartalma és annak dinamikája valamennyi vizsgált területen vegetációs időszakbeli szárazodást, és nyugalmi időszaki nedvesedést mutatott. A parlagterületek nedvességtartalma mutatta a legnagyobb dinamikát, e területek reagáltak leginkább a csapadéokra. Az erdei mintaterületek nedvességgörbéi kisebb amplitúdóval, de jól követték a kontrollterületek görbéit. A fenyves és nyáras alatt átlagosan 2%-kal, az akácok alatt 4%-kal alacsonyabb nedvességtartalmakat mértünk.



A talaj nedvességekészletének csökkenéséből számított evapotranszpiráció átlagos napi értéke a parlagterületeken 0,3–0,8 mm, az erdeifenyvesben 0,3–0,5 mm, a szürke nyárasban 0,4–0,5 mm, az akácokban pedig 0,3 mm értékek adódtak attól függően, hogy az egyes csapadékmentes időszakokból nyert adatok mediánját, vagy a napok számával súlyozott átlagát vettük. A vízforgalombeli különbségeket elsősorban nem ez, hanem az intercepcióbeli eltérések és a nyáras, ill. az akácos állomány közvetlen talajvízfogyasztása okozta.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- Führer E. 2010: A fák növekedése és a klíma. „KLÍMA-21” Füzetek 61: 98–107.
- Gácsi Zs. 2000: A talajvízszint észlelés, mint hagyományos, s a vízforgalmi modellezés, mint új módszer Alföldi erdeink vízháztartásának vizsgálatában. Doktori (Ph.D) értekezés, NyME Sopron, 69–93.
- Gribovszki Z., Kalicz P. & Szilágyi J. 2009: Napi periódusú ingadozás a hidrológiai jellemzőkben. Hidrológiai közlöny 89(2): 23–37.
- Hagyó A., Rajkai K. & Nagy Z. 2006: Effect of forest and grassland vegetation on soil hydrology in Mátra Mountains (Hungary). *Biologia* 61(Suppl. 19): S261–S265. DOI: [10.2478/s11756-006-0169-7](https://doi.org/10.2478/s11756-006-0169-7)
- Járó Z. 1980: Intercepció a gödöllői kultúr erdei ökoszisztémában. *Erdészeti kutatások* 73(1): 7–17.
- Loheide S. P., Butler J. J. & Gorelick S. M. 2005: Estimation of groundwater consumption by phreatophytes using diurnal water table fluctuations: A saturated-unsaturated flow assessment. *Water Resources Research* 41(7) W07030. DOI: [10.1029/2005WR003942](https://doi.org/10.1029/2005WR003942)
- Major P. 1974: Síkvidéki erdők hatásának vizsgálata a talajvízpárolgás és tényleges beszivárgás folyamataira. *Hidrológia Közöny* 54(6): 281–288.
- Major P. & Neppel F. 1988: A Duna–Tisza közti talajvízszint-süllyedések. *Vízügyi Közlemények* 70(4): 605–626.
- Major P. 1994: Talajvízszint-süllyedések a Duna–Tisza közén. In: Pálfai Imre (ed): A Duna–Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái, A Nagyalföld alapítvány kötetei 3, Nagy-alföld Alapítvány, Békéscsaba, 17–24.
- Major P. 2002: Síkvidéki erdők hatása a vízháztartásra, *Hidrológiai Közöny* 82(6):319–323.
- Moltschanow A. A. 1957: Die hydrologische Rolle des Kiefernwaldes auf Sandboden. *Deutscher Bauernverlag Berlin*, 157–158.
- Móricz N. 2011: Egy erdő és parlagterület vízforgalmának összehasonlító vizsgálata. Doktori (Ph.D) értekezés, NyME Sopron, 35–79.
- Pálfai I. 1995: A Duna–Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái és megoldásuk lehetséges útjai. *Vízügyi Közlemények* 77(2): 144–161.
- Pálfai I. 2010: A Duna–Tisza közti hátság vízgazdálkodási sajátosságai. *Hidrológia Közöny* 90(1): 40–44.
- Sitkey J. 1999: Erdő és talajvíz kapcsolatára, valamint az erdőnek a kis vízgyűjtők hozamára vonatkozó kutatások ismertetése. In: Gácsi Zs. (ed): Erdő-Víz, szemelvények erdészeti kutatási és gyakorlati munkákból. Kecskemét, 22–34.
- Szász G. & Tőkei L. 1997: Meteorológia mezőgazdáknak, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Szodfridt I. 1974: A talajvíz és a vegetáció kapcsolata Duna–Tisza-köze homokterületén. *Abstracta Botanica* (2): 39–42.
- Szodfridt I. 1990: Hozzászólás: Major Pál és Neppel Ferenc: A Duna–Tisza közti talajvízszint-süllyedése című cikkéhez. *Vízügyi Közlemények* 72(3): 287–291.
- Szodfridt I. 1993: Az erdő és a talajvízek kapcsolata Duna–Tisza közti hátságon. *Hidrológia Közöny* 73(1): 44–45.
- White W. N. 1932: A method of estimating ground-water supplies based on discharge by plants and evaporation from soil: Results of investigations in Escalante Valley, Utah. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 659-A: 1–106.

Érkezett: 2018. szeptember 27.

Közlésre elfogadva: 2018. október 15.