

# **DOKTORI (PH.D.) ÉRTEKEZÉS**

Bolla Bence

SOPRONI EGYETEM

ERDŐMÉRNÖKI KAR

ROTH GYULA ERDÉSZETI ÉS VADGAZDÁLKODÁSI TUDOMÁNYOK  
DOKTORI ISKOLA

2017.

**HIDROLÓGIAI VIZSGÁLATOK A KISKUNSÁGI NEMZETI  
PARK MŰKÖDÉSI TERÜLETÉN LÉVŐ ERDŐÁLLOMÁ-  
NYOK TERMÉSZETVÉDELMI KEZELÉSÉHEZ**

DOKTORI (PH.D.) ÉRTEKEZÉS

Készítette:

**Bolla Bence**

Okleveles Természetvédelmi Mérnök

Témavezető:

Dr. Kalicz Péter (Ph.D.)

Egyetemi docens

SOPRONI EGYETEM

ERDŐMÉRNÖKI KAR

Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság

Erdészeti Osztály

2017.

# HIDROLÓGIAI VIZSGÁLATOK A KISKUNSÁGI NEMZETI PARK MŰKÖDÉSI TERÜLETÉN LÉVŐ ERDŐÁLLOMÁNYOK TERMÉ- SZETVÉDELMI KEZELÉSÉHEZ

Értekezés doktori (Ph.D.) fokozat elnyerése érdekében

Írta: Bolla Bence

Készült a Nyugat-magyarországi Egyetem Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudo-  
mányok Doktori Iskolája  
Természetvédelem (E6) programja keretében

Témavezető: Dr. Kalicz Péter

Elfogadásra javaslom (igen/nem)

.....  
(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton .....%-ot ért el,

Sopron,

.....  
a Szigorlati bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)

Első bíráló (Dr. ....) igen/nem

aláírás

Második bíráló (Dr. ....) igen/nem

aláírás

(Esetleg harmadik bíráló (Dr. ....) igen/nem)

aláírás

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján .....%-ot ért el,

Sopron,

.....  
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (Ph.D.) oklevél minősítése .....

.....  
EDHT elnöke

## Tartalomjegyzék

Abstract .....	9
Résumé .....	10
Bevezetés.....	11
1. Célkitűzések .....	13
2. Szakirodalmi áttekintés .....	14
2.1 Történeti áttekintés .....	14
2.2. Csapadékviszonyok jellemzése .....	15
2.3. Intercepció .....	16
2.4. Transzspiráció .....	18
2.5. Evapotranszspiráció .....	19
2.6. Erdőállományok hatása a talajvízszintre .....	19
2.7. Az irodalmi háttér-információk összefoglalása.....	22
3. Anyag és módszer .....	24
3.1. MÉRŐHELYEK jellemzése.....	24
3.1.1 Bócsai mérőhelyek jellemzése .....	24
Általános leírás .....	24
Termőhely .....	25
Klíma.....	25
Hidrológiai viszonyok .....	26
Talaj.....	26
Bócsa 51 TII egyéb részlet talajtani adottságainak rövid leírása.....	27
Bócsa 51 D erdőrészlet talajtani adottságainak rövid leírása .....	29
Bócsa 51 E erdőrészlet talajtani adottságainak rövid leírása .....	31
Növényzet.....	33
Faállomány jellemzők .....	33
A faállományok egészségügyi állapota .....	34
Védett növényfajok .....	35
3.1.2. Pusztaszeri mérőhelyek jellemzése .....	36
Általános leírás .....	36
Termőhely .....	38

Klíma.....	38
Hidrológiai viszonyok.....	39
Talaj.....	39
Pusztaszeri kontroll gyepterület (Hrsz: 0227/30) talajtani adottságainak rövid leírása .....	40
Pusztaszeri 6 A erdőrészlet talajtani adottságainak rövid leírása.....	42
Növényzet.....	44
Faállomány jellemzők .....	44
A faállomány egészségügyi állapota .....	46
A kontroll gyepterület növényzete .....	47
3.1.3 Szabad területi csapadék mérésére szolgáló mérőhelyek jellemzése.....	48
<b>Balástyai mérőhely</b> .....	48
Általános leírás.....	48
Klíma.....	49
Hidrológiai viszonyok .....	49
Talaj.....	49
Növényzet.....	49
<b>Bugaci mérőhely</b> .....	49
Általános leírás.....	49
Klíma.....	50
Hidrológiai viszonyok .....	50
Talaj.....	50
Növényzet.....	51
<b>Kunadacsi mérőhely</b> .....	51
Általános leírás.....	51
Klíma.....	51
Hidrológiai viszonyok .....	52
Talaj.....	52
Növényzet.....	52
3.2. Alkalmazott mérési módszerek .....	52
3.2.1. Szabad területi csapadékatatok gyűjtése .....	54
3.2.2. Intercepció és törzsi lefolyás mérése.....	55
3.2.3. Meteorológiai adatok gyűjtése .....	57

3.2.4. Talajvízszint mérése .....	61
3.2.5. Talajnedvesség mérése .....	64
3.2.6. Az élőhelyek diverzitásának vizsgálata.....	68
3.3. Adatok feldolgozása.....	68
3.3.1. A kézi mérések adatfeldolgozása .....	68
3.3.2. Adatfeldolgozás S6-ReadStation segítségével .....	69
3.3.3. Adatfeldolgozás a HYGAWin szoftver segítségével .....	70
3.3.4. Adatfeldolgozás HOBOWare Pro 3.4.1. segítségével .....	70
3.3.5. Vízháztartás vizsgálata hagyományos módszer segítségével.....	71
4. Eredmények.....	73
4.1. Szabad területi csapadék .....	73
4.2. Intercepció .....	79
4.2.1. Törzsi lefolyás .....	81
4.3. Meteorológia adatok ismertetése.....	82
4.4. Talajvízszint alakulása .....	87
4.5. Talajnedvesség alakulása .....	92
4.6. Az vízforgalom alakulása a kísérleti területeken. ....	96
5. Természetvédelmi kezelésre vonatkozó javaslatok.....	101
6. Mérési módszerek és eredmények felhasználása, beillesztése a természetvédelmi kezelésbe .....	105
7. A kutatási eredmények értékelése .....	107
8. Összefoglalás és tézisek .....	110
9. Ajánlások.....	114
Köszönetnyilvánítás .....	115
Felhasznált irodalom .....	116
Egyéb források .....	122
Ábrajegyzék .....	123
Képek jegyzéke .....	125
Táblázatok jegyzéke .....	126
Melléklet.....	127

*A dolgozatot nagyapámnak Prof. Dr. Bolla Kálmánnak, a nyelvtudományok  
doktorának ajánlom.*

„A tudományos munka ad az embernek egyfajta különleges lelki tartást.”

Prof. Dr. Bolla Kálmán

## **Kivonat**

### **Bolla B.: Hidrológiai vizsgálatok a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság működési területén lévő erdőállományok természetvédelmi kezeléséhez**

Az értekezés különböző helyszíneken található erdőállományokban és gyepterületeken végzett hidrológiai mérések alapján egészíti ki, támasztja alá az egyes ökológiai szempontból jelentős élőhelyek szakszerű és releváns természetvédelmi kezelését.

A vizsgálatok a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság működési területén elhelyezkedő három erdőrészletben (Bócsa 51 D, Bócsa 51 E, Pusztaszer 6 A) és további öt helyszínen lévő gyepterületen (Balástya, Bócsa, Bugac, Kunadacs, Pusztaszer) folytak 2012. március 30-tól 2015. március 31-ig tartó időszakban. A kutatás három éve alatt megközelítőleg 354800 rekord gyűlt össze, ebből kézi méréssel 6137 rekord, automaták segítségével pedig 348663 rekord. Az eredmények szerint a mintaterületeken gyűjtött meteorológiai adatok általában a sokéves átlagnak megfelelően, vagy az fölött alakultak, de a szabadterületi csapadék és a lég-hőmérséklet esetében többször szélsőségek is jellemzőek voltak, hosszú csapadékmentes, aszályos időszakok formájában.

A talaj nedvességtartalmának periodikus változásai a bócsai és a pusztaszeri mintaterületeken jól kirajzolódtak, a gyeperület (tisztás) és az erdő közötti különbséget illetően. A kutatás során gyűjtött adatsorok alátámasztják, hogy a vizsgált erdőállományok alatt folyamatosan alacsonyabb talajvízszint volt jellemző.

Az intercepciós adatok elemzése során bebizonyosodott, hogy annak mértékét döntően befolyásolja a leérkező csapadék mennyisége, intenzitása, eloszlása, az adott csapadék alaki tulajdonságai, a faállomány szerkezeti jellemzőivel és egészségi állapotával együtt.

A kutatás során alkalmazott mérési módszerek és a kutatási eredmények alkalmasak a további természetvédelmi kezelések (Natura 2000 fenntartási tervek, kezelési tervek, természetvédelmi kezelői nyilatkozatok) szakmai megalapozásához.



## **Abstract**

### **Bolla, B: Hydrological examinations about the conservational usage of the forests in the area of the Kiskunsagi National Park Directorate**

This research has been conducted to contribute to the conservation treatment of ecologically significant habitats by using hydrological measurements made in different forests and grasslands.

The study was carried out in the area of the Kiskunsagi National Park Directorate, namely: three forest stands (Bócsa 51 D, Bócsa 51 E, Pusztaszer 6 A) and five more were made in the grasslands (Balástya, Bócsa, Bugac, Kunadacs, Pusztaszer). They were made over the period of 30 March 2012 and 31 March 2015. Approximately 354 800 records were taken during the three years of the examination, out of which 6 137 were handmade and 348 663 were recorded with automatic devices. According to the results, the meteorological data gathered in the control area were similar to the meteorological features of former years were above the annual average of the years before. However, regarding precipitation and air temperature, there were longer time periods when there was no rainfall and weather conditions were droughty.

The periodical changes in soil moisture in the Bócsa and the Pusztaszer research areas reflect the differences clearly between the forest stands and the grasslands. The data taken in the time period of the research have confirmed that ground-water levels in the examined forests tend to be lower than in the grasslands.

The analysis of the interception data proved that the analysed data were strongly influenced by the quantity, the intensity and the dispersion of rainfall as well as by the structure and the health of the trees. The water-balance of the habitats, it can be proved that the water uptake of the grassland is lower than that of the forest stand next to it.

The measurement methods used and the data collected in this research are suitable to support other professional conservation treatment projects (Natura 2000 conservation plans, preservation plans).

## Résumé

### **Bolla, B : Examens hydrologiques pour gérer la conservation de la nature dans le Parc National Kiskunsági.**

Cette étude complète et renforce le maintien bien fait et rélevant des habitats qui sont important de point de vue écologique d'après des mesures et dans des forêts (Bócsa 51D, Bócsa 51E, Pusztaszer 6A) et des pelouses (Balástya, Bócsa, Bugac, Kunadacs, Pusztaszer) différentes.

Les examens se sont déroulés dans le Parc National Kiskunsági dans trois types de forêt et aussi dans cinq pelouses du 30 mars 2012 au 31 mars 2015.

Pendant les trois années des examens, 354800 données ont été recueillies dont 348663 à l'aide des automates et 6137 données manuel.

Selon les résultats, dans les régions examinées, les données météorologiques acquises se forment adéquatement ou au-dessus des moyens annuels. Cependant, la précipitation en plein air et les températures sont caractérisées par des extrémités, des périodes sans pluie et sèches.

Les changements périodiques de l'humidité de la terre se dessinent bien entre la pelouse et la forêt dans les régions de Bócsa et de Pusztaszer. Les données recueillies pendant l'examen soutiennent que le niveau de la nappe phréatique est plus bas dans les forêts que sous les pelouses.

L'analyse des interceptions a montré que la quantité, l'intensité, la distribution, la forme de la pluie, les caractéristiques et l'état sanitaire du bois la conditionnent aussi.

Au cours du modélisme hydrologique, nous avons démontré que la transpiration de la pelouse est plus bas que celle des forêts à côté.

Les méthodes appliquées et les résultats de l'examen sont aptes à fonder des traitements naturels et professionnels.

## Bevezetés

Magyarországon az Alföldfásítási Program, Nyár Program és a Fenyő Program jóvoltából az erdősültség közel háromszorosára növekedett (Országos Erdészeti Adattár). A Trianoni békeszerződés utáni veszteségek pótlása nem kis erőfeszítésébe került az erdész szakembereknek. A fent említett fásítási programoknak, valamint kitartó, elhivatott szakmai munkának köszönhetően mára a Duna-Tisza köze lett az Alföld legerdősültebb része. A néhol szélsőségesen száraz termőhelyeken a homok megkötésére jobbra tájidegen fafajú célállományokat (erdei és fekete fenyveseket, akácokat) hoztak létre. Az alföldi erdők területének növekedésével a jövőben is számolni kell, mivel az Európa Unió támogatások révén próbálja segíteni az erdőgazdálkodókat a meglévő állományok fenntartására, valamint újabb erdők telepítésére.

A Duna-Tisza közti homokháton lévő telepített tájidegen erdőállományokat több ízben érte kritika főleg a civil természetvédelem részéről. Az állami természetvédelmi kezelők árnyaltabban látják ugyanezt a kérdést. Számos természetvédelmi kezelő gazdálkodik jelenleg is a régi erdész elődök keze munkája során, nagy gonddal létrehozott erdőállományokkal. A Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság harmadik legfőbb bevételi forrását az erdőgazdálkodási tevékenységéből nyeri. A korábban telepített tájidegen erdőállományok szerkezetátalakításával, az erdőpotenciál helyreállításával vagy az erdő-környezetvédelmi programból származó támogatások révén, melyeket jelenleg minden erdőgazdálkodó igényelhet még gyengébb termőhelyi viszonyok között, védett természeti területen is jövedelmezővé teheti az erdőgazdálkodást. Fontos azonban a homokhátsági telepített erdőállományok megfelelő módon való kezelése védett természeti és Natura 2000 területeken egyaránt. Egyre növekvő számban fordulnak elő olyan esetek, melyek során a természetvédelmi kezelői és az erdőgazdálkodói érdekek találkoznak (pl.: jelölő élőhelyek egyéb részleteként való lehatárolása és további fenntartása).

Sajnálatos módon a Duna-Tisza közén az 1970-es évektől jelentős talajvízszint csökkenés állt be (Pálfai 1993). Az okok felkutatásával több szakember is foglalkozott érezve a téma fontosságát. A talajvízszint süllyedésének problémaköre rendkívül összetett. Több szakember az Alföld vízrendezését (folyószabályozás, csatornázás) említi az első helyen, mások a nem megfelelően ellenőrzött lakossági, kertészeti és mezőgazdasági vízkivételeket, a földgáz, palagáz kőolaj kutatása során elkövetett mélyfúrásokat, vagy éppen telepített homokhátsági erdőallo-

mányok leszárító hatásának tudják be a talajvízszint drasztikus süllyedését (Major 1974, 1988, 1990, 2002; Pálfai 1995, 2010; Szodfridt 1974, 1990, 1993).

A talajvízszint süllyedésének problémaköre megindította az erdő talajvízszintre gyakorolt hatásának célzott vizsgálatait, kutatását. A természetvédelmi, vízügyi, mezőgazdasági és erdőgazdálkodási ágazatok szemszögéből nézve közös érdek az egyes erdőállományok vízháztartására irányuló kutatások folytatása, valamint a vízforgalmi folyamatok megismerése és természetvédelmi kezelésbe való beillesztése. Minden ágazat szempontjából fontos, hogy tisztán lássuk az egyes erdőállományok térségi vízháztartásában betöltött szerepét. A kérdéskör tanulmányozására a hagyományos módszerek és a modern mérőeszközök használata tűnik alkalmasnak.

Az alföldi homokhátsági erdők vízháztartásával kapcsolatos kutatásaimat hagyományos kézi mérési módszerek, modern mérőállomások segítségével végeztem el. Továbbá fontosnak tartottam a kutatási eredményeim természetvédelmi kezelésben való felhasználhatóságát is kihangsúlyozni.

## 1. Célkitűzések

A kutató munkám során az alábbi célokat határoztam meg, melyek fő vezérfonalként utat mutattak az adatgyűjtési tevékenységem során:

- A Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság működési területén lévő, saját vagyonkezelésében álló, homokhátsági erdőállományok komplex vízháztartási viszonyainak megismerése a rendelkezésre álló szakirodalmi adatok segítségével.
- Egy őshonos lombos és egy tájidegen tűlevelű erdőállomány korona-intercepciójának vizsgálata, meghatározása.
- Erdészeti csapadék mérőhálózat beindítása a Nemzeti Park Igazgatóság szakmai irányításával.
- Talajnedvesség, talajvízszint, valamint meteorológiai adatok automatizált gyűjtése, modern mérőállomások segítségével.
- A kutatás során elért eredményeknek, az általános természetvédelmi kezelésben, valamint a Nemzeti Park Igazgatóság saját erdőgazdálkodásában való felhasználása, hosszú távú beépítése.

## 2. Szakirodalmi áttekintés

### 2.1 Történeti áttekintés

Az alföldi erdőállományok vízháztartási jellemzőinek kutatásával Magyarországon az erdészeti szakma már régóta foglalkozik (Ijjász 1936). A Duna-Tisza közti homokhátság általános hidrológiájával azonban csak később, az 1970-es években kezdtek el részletesen foglalkozni (Major 1974). A szakemberek véleménye eltérő és ellentmondásos a homokhátsági erdők vízfelhasználásával kapcsolatban. Egyes szakemberek (Major és Neppel 1988, Szilágyi és mtsai 2011, Szilágyi és mtsai 2012) szerint az erdőállományok hatása jelentős lehet a talajvízre, más szakemberek (Szodfridt 1990, Járó 1992, Gőbölös 2002) szerint viszont nem hozható szoros összefüggésbe az erdőtelepítések hatása a talajvíz csökkenésével. Ahhoz, hogy a problémáról valós képet kapjunk, szükséges az erdőállományok vízháztartási jellemzőinek komplex vizsgálata. Az erdőgazdálkodás kapcsán fontos, hogy valós és megfelelő ismeretekkel rendelkezünk az homokhátsági erdők hidrológiai szerepéről.

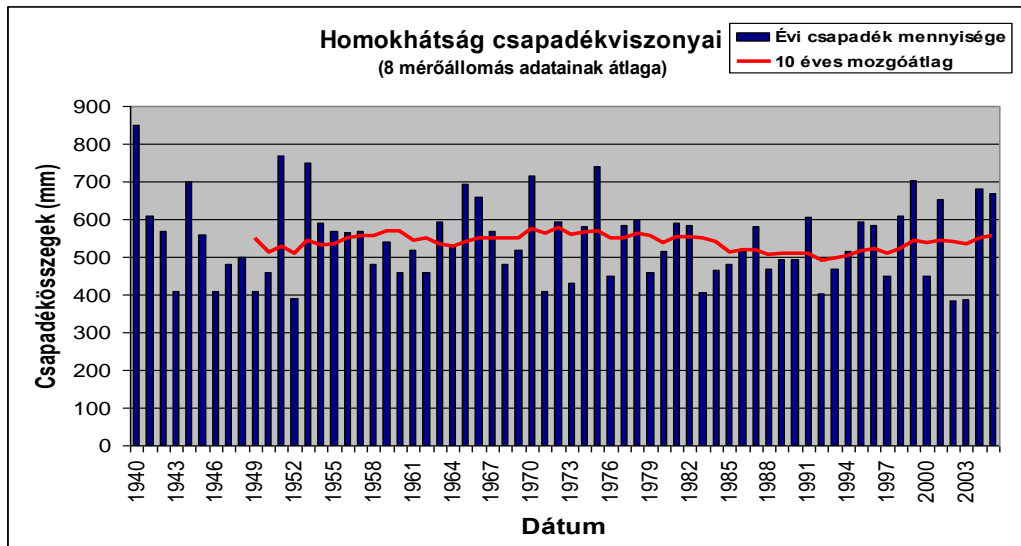
A térségben végzett potenciális vegetációtípusok vizsgálata alapján elmondható, hogy a jellemző természetközeli vegetáció az erdőssztyepp (91I0 Euro-szibériai erdőssztyepp-tölgyes (*Festuco-Quercetum*), 91N0 Pannon borókás-nyáras (*Junipero-Populetum*), 6260 Pannon homoki gyep (*Festucetum vaginatae*)) volt. A száraz, háts buckatetőkön általában homoki gyepek (*Festucetum vaginatae*) váltakoztak borókás-nyáras (*Junipero-Populetum*) erdőfoltokkal. A száraz klímaviszonyoknak megfelelően a buckatetőkön zárt erdőállományok természetes körülmények között – a borókás-nyarasok kivételével – nem voltak képesek kialakulni (Vámos és Keveiné 2009). Zárt erdők, mint pl: a gyöngyvirágos tölgyesek (*Convallario-Quercetum*)), csak a buckák közötti laposokban jelentek meg természetes úton, mivel ezek az erdőtársulások fokozott vízigényüket a felszín közeli (2-3 m) talajvízből csak itt tudják kielégíteni. A gyöngyvirágos tölgyesek (*Convallario-Quercetum*) mellett kisebb területen a keményfás ligeterdők (*Faxino-Ulmetum*) is jelen voltak. Ezen erdők fennmaradását elsősorban a felszín közeli talajvíz határozza meg (Szodfridt 1994, Calder 1998, Móricz és mtsai 2011).

A honfoglalás korában az Alföld erdőszültsége az erdőirtások és a legeltető állattartás hatására 20-25%-ra csökkent. Az európai marhakereskedelem, a legelő területek növelése és a fakitermelések hatására a hátság erdei jelentősen megfogyatkoztak a XVII. és a XVIII. századra. Az eredeti erdőtársulások csak foltokban voltak jelen, Kecskemét-Nagykörös környékén és a

Bácska löszhátság peremén. A Duna-Tisza közti homokhátság erdősültsége 1789-ben 4,5%-ra csökkent (Bartha 1993, Bíró 2008). Újraerdősítése már a XIX. Században elkezdődött, de a legnagyobb fordulatot az 1923-as Alföldfásítási törvény és az 1950-es földrendezések hozták (Major és Neppel 1990). Az erdőtelepítések hatására az erdősültség a hátságokon a II. világháború előtti (1935) 6,6%-ról napjainkra 20% körüli értékre növekedett. Sajnálatos módon ebben az időszakban az erdőterületek növekedése mellett az őshonos fafajok (kocsányos tölgy, mezei szil, vénic szil, magyar kőris, mezei juhar, tatár juhar, fehér nyár, fekete nyár, fehér fűz, mézgás éger) aránya jelentősen lecsökkent, ugyanakkor a fehér akác, a nemes nyárok, az erdeifenyő és a feketefenyő területe növekedett. Az Európai Unió vidékfejlesztési törekvéseivel összhangban tovább fog emelkedni Magyarország erdősültsége, ami Führer és Járó (2000) szerint a Duna-Tisza közti homokháton akár 33%-ot is elérheti. Mindez vélhetően a homokhátság vízháztartására is hatással lesz. Hegyvidéki erdeinknek vízháztartásra gyakorolt kedvező hatása közismert, a hátságot illetően azonban a kérdés még napjainkban is vita tárgyát képezheti (Gácsi 1998, 2000). Egyes szerzők (Major és Neppel 1988, 1990; Szilágyi és mtsai 2012) a homokhátsági erdők szerepét jobban kiemelték a talajvízszint süllyedése kapcsán, más szerzők (Szodfridt 1990) ezt cáfolták és alaposabb vizsgálódás után próbálták reálisan megítélni a homokhátsági erdőállományok vízháztartásban betöltött szerepét. A rendelkezésünkre álló kevés erdőrészlet szintű kutatás főleg a hátsági erdők intercepciós hatásával foglalkozik. 1995-2000 között Gácsi vizsgálta részletesen az erdei vízháztartást egy kecskeméti erdeifenyves példája alapján.

## **2.2. Csapadékviszonyok jellemzése**

A homokhátsági erdőállományok legfontosabb vízbevételi forrását az alacsony talajvízszintek miatt a makro-csapadékok jelentik. A helyi csapadék nagysága és eloszlása nagyban befolyásolhatja az erdősítések sikerességét a száraz termőhelyeken. A helyi csapadékösszegek időnként igen nagy területi változatosságot mutatnak, még a községhatárokon belül is. A helyi csapadékesemények (1. ábra) adatfeldolgozása során képet kaphatunk az erdősítések során alkalmazott fafajok további fejlődéséről, ami kulcsfontosságú lehet a jelenlegi száraz, néhol szélsőségesen ingadozó termőhelyi adottságokat figyelembe véve.



1. ábra: A homokhátság évi csapadékösszegei 1940-2005 között (helyi mérések: Bócsa, Bugac, Fülöpháza, Kecskemét, Kiskunmajsa, Kiskunhalas, Orgovány, Tázlár).

Az 1955. és 2005. közötti periódust megvizsgálva tizenkilenc esetben nem érte el az éves csapadék mennyisége az évi 500 mm-t, a 2002-es és 2003-as években még a 400 mm-t sem haladta meg. A szélsőséges termőhelyi adottságokat alátámasztja, hogy a fenti időszakban csupán három alkalommal (az 1970-es, 1975-ös és 1999-es években) érte el a 700 mm-t az éves csapadék összege, ám mindezek ellenére csökkenő tendenciáról nem beszélhetünk.

### 2.3. Intercepció

Az intercepció során a lehulló csapadék egy része a lombkoronán marad, majd onnan elpárolog, illetve egy bizonyos mennyiségét a levélzet fölveszi. A faállományok nagyobb levélfelületi indexe miatt az intercepció során felfogott víz mennyisége nagyobb lehet, mint a légyszárú növénytársulások esetében. Intercepció alatt legtöbbször a korona intercepcióját szokták érteni (Delfs 1955). A teljes intercepció értékét viszont, a koronaintercepció és az avarintercepció együtt jelenti.

A faegyedek lombkoronáján áthulló, valamint a fák törzsén lefolyó csapadékmennyiséget együtt állományi csapadéknak nevezhetjük.

Az intercepció mértékére az erdőállomány jellemzőinek döntő hatása van (1. táblázat). Ezek közül a legfontosabbak: a fafajok jellemzői (lombos vagy tűlevelű, ill. fényigényes vagy árnyéktűrő fafajokból áll-e az erdő; az adott fafaj a törzsén mennyi vizet képes levezetni stb.), a faállomány kora és szerkezete (a törzsek minősége, ágszerkezete, a korona alakja, a faáll-



mány magassága), az állomány záródása, elegyaránya, színezettsége, az egyes szintek záródása (Führer 1992). A faállomány jellemzői mellett fontos kiemelni az éves csapadék mennyiségi, időbeli eloszlását, valamint az egyes csapadékesemények nagyságát is.

Az állományi csapadék nagy része, amely a levélzetről lefolyik, valamint a koronán keresztül hullik, az avartakaróra érkezik, míg törzsön lefolyó kisebb vízmennyiség a fatörzs és a gyökerek mellett közvetlenül a talajba jut. Az avarréteg és a vele szoros kapcsolatban lévő humuszréteg a csapadék egy bizonyos mennyiségét visszatartja. Ezt a jelenséget nevezzük avarintercepciónak. Az avarintercepció során a leérkező csapadék egy része szintén elpárolog.

1. táblázat: Idős és középkorú faállományokban meghatározott intercepciós veszteség százalékos megoszlása (a Kerekegyházán, Ménteleken, Püspökladányban és Gödöllőn végzett mérésorozatok alapján).

Fafaj	Egyes fafajok intercepciós értéke (Járó 1980 és Magyar 1989, 1993 nyomán)	Az intercepció értéke az ERTI kutatásai alapján (Sitkey 2004 nyomán)
Hazai nyár	24%	23%
Olasz nyár	25%	-
Óriás nyár	29%	-
Akác	9%	-
Kocsányos tölgy	-	24%
Fekete fenyő	24%	28%
Erdei fenyő	16%	25%

Az eddig közzétett kutatások alapján elmondható, hogy a lomb és fenyő állományokban a lehullott csapadék 60-70%-a hasznosulhat a növényi transzspiráció során. Tehát a korona és az avar intercepciója együtt 30-40%-ot is elérhet (Sitkey 2008). Magyarországi mérésorozatok alapján az avarintercepció értéke 9-14% között változhat, a csapadékviszonyok függvényében (Führer 1992, Zagyvainé 2013).

## 2.4. Transzspiráció

A növények fiziológiai folyamatokkal összefüggő aktív vízleadását transzspirációnak (párologtatásnak) nevezzük. A párologtatást olyan élettani folyamatnak tekinthetjük, amely során a növényi test a felvett víz legnagyobb részét vízgőz formájában bocsátja ki a légkörbe (Szalai 1994). A transzspiráció elengedhetetlen a növényi biomassza termelés során. A növényfajok egyedei több vizet adnak le, mint amennyire feltétlenül szükségük van testük felépítésére, valamint a tápanyagforgalmuk fenntartásához (Madas 1980, Lee 1980, Huff 1985). A transzspiráció tulajdonképpen párologási (evaporációs) folyamatként is értelmezhető, hasonló tényezők (felületi feszültség, ellenállás) által szabályozva (Monteith 1965, Martin és mtsai, 1976, Kelliher és mtsai 1993).

2. táblázat: A homokhátságon alkalmazott célállománytípusok éves vízfelhasználása (mm/év).

Fafaj	Faállománytípusok évi vízfelhasználása (Járó 1981. nyomán) (mm/év)
Kocsányos tölgy	441
Hazai nyár	800
Akác	279
Erdei fenyő	205
Fekete fenyő	185
Nemes nyár	680

Az erdőállomány évi vízfelhasználását az állomány éves szerves anyag produktumának és a szerves anyag termeléséhez szükséges vízmennyiségnek a szorzatából fejezhetjük ki, ezt vízfelhasználási egyenletnek nevezzük (Járó 1981). A vízfelhasználási egyenlet szerint számíthatjuk az állománytípusok évi vízfelhasználását hektáronként mm-ben kifejezve (2. táblázat). Abban az esetben, ha az erdőállomány közvetlen kapcsolatban áll a talajvízzel, a fentiek (2. táblázat) alapján megállapítható, hogy az őshonos fafajok közül a kocsányos tölgy és a hazai nyárok nagy vízmennyiséget használnak fel a szerves anyag előállításában. A Duna-Tisza közti hátság erdészeti tájban tájidegennek számító akác és fenyő jóval kevesebb vizet használ

fel. A nemes nyárák gyors, intenzív növekedési erélyükkel összhangban nagy vízmennyiséget igényelnek egységnyi száraz anyag előállításához (Járó 1989).

A homokhátság változatos domborzati és hidrológiai adottságait is figyelembe véve nehéz pontosan meghatározni az egyes faállománytípusok vízfelhasználását. Gácsai az 1999-es évre, 808 mm-es szabad felszíni csapadékból 207 mm-es transzspirációs értékeket adott meg egy közép korú erdeifenyves vizsgálata során.

## **2.5. Evapotranszspiráció**

Az evapotranszspiráció a növényzet és a talaj felületéről egyidejűleg a légkörbe jutó vízmennyiség, vagyis a növényzettel borított felszín párolgásának összege. A tényleges evapotranszspiráció maximális határértéke a potenciális (lehetséges) evapotranszspiráció, melynek egyik értelmezése: az a vízmennyiség, mely rövidre nyírt gyepfelületről adott meteorológiai feltételek mellett időegység alatt elpárolog, feltéve, hogy a folyamatot a víz hiánya nem korlátozza (Blaney 1956, Swift 1975, Szász és Tőkei 1997).

Az őshonos faállománytípusok transzspirációs vízfelhasználása jóval nagyobb, mint a Duna-Tisza közti hátság erdészeti tájban tájidegennek számító akác, erdei fenyő, fekete fenyő faállománytípusok esetében. A nemes nyáras faállományok tekintetében ez a vízfelhasználási érték magasabb lehet (Járó 1981).

## **2.6. Erdőállományok hatása a talajvízszintre**

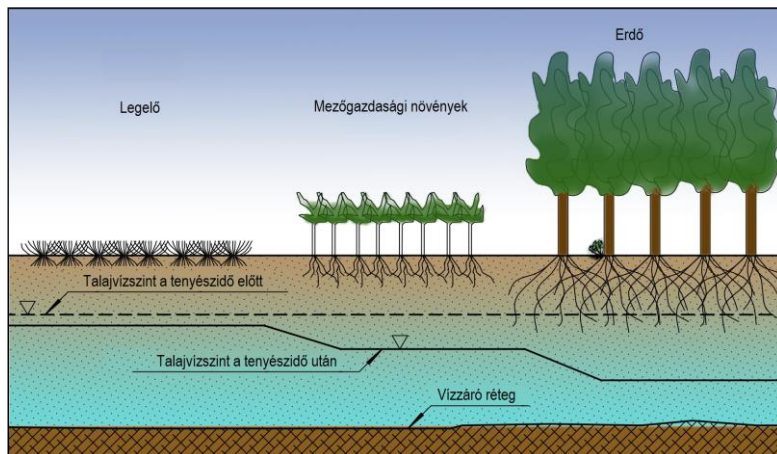
Az Alföld vízrendezését az akkori vízügyi társulatok a XIX. század végén és a XX. század elején végrehajtották. A vízrendezési munkálatok során megtörtént a belvízcsatorna hálózat kiépítése a homokhátságon is. A belvízelvezetés során több korábbi vizes élőhely kiszáradt, eltűnt vagy átalakult. A hátságon létesített belvízcsatorna hálózat talajvíz-süllyesztő hatása mégis vitatott a szakemberek állásfoglalásai alapján.

A talajvíz süllyedésére meglehetősen nagy hatást gyakoroltak, gyakorolnak a rétegvíz-kitermelések. Csak az 1960-as évektől az 1990-es évek elejéig a rétegvizek kitermelése több mint a nyolcszorosára nőtt (Pálfai 1993). A fenti tények figyelembevételével érdemes vizsgálni az alföldi erdőállományok talajvízszintre gyakorolt hatását.

A talajvízszint monitorozását az állami erdőgazdálkodók vezették be az 1900-as évek elején. Roth Gyula professzor úr javaslatára talajvízkút hálózat létesülhetett, amit Ijjász Ervin munkássága révén tovább bővítettek.

Az erdőállományok negatív szerepét tükröző kutatások szerint: a talajvíz az erdőállomány alatt egész évben alacsonyabban áll, mint a kontrollterületként szolgáló nyílt gyepek, vagy szántóterületek alatt (2. ábra). Az erdőállományok talajvízsüllyesztő hatása azonban csak akkor érvényesül ilyen formában, ha a vizsgált állomány közvetlen kapcsolatban áll a talajvízzel. A mért talajvízszintek közötti különbség a vegetációs időszakban nagyobb, a téli, nyugalmi állapotban kisebb. Itt lassú kiegyenlítődési folyamat figyelhető meg. A klimax (50-110 éves), idősebb erdőállományok nagyobb hatással vannak a talajvízszintre, mint a fiatal erdősítések (Ijjász 1936, 1938, 1939; Sapanov 2000).

Több szakember is említi az alföldi erdőterületek nagyságrendi növekedését, és az ebből fakadó transzspirációs hatást alapul véve felelőssé teszik az erdőállományokat a talajvízszint süllyedésében (Major és Neppel 1988, 1990; Major 1993, 2002; Pálfai 1990, 1993; Kovács és mtsai 2002; Szilágyi és mtsai 2012). Ugyanakkor ezen szerzők korábbi véleménye szerint, az Alföldön jelentkező csapadékhiány nem volt meghatározó faktor a talajvízszint lesüllyedése kapcsán (Major és Neppel 1990).



2. ábra: A talajvízszint alakulása legelő, mezőgazdasági kultúra és erdőállomány esetében (Pankotai és Rác 1975, Kucsara és mtsai 2013 alapján)

Járó (1992) adatai szerint a Duna-Tisza közti homokhát erdőgazdasági táj utóbbi 100 évben telepített 100 000 ha új erdejéből 66 000 ha fenyő, melynek talajvízfogyasztása elhanyagolható. Simon (1976) valamint Járó és Sitkey (1995) nemes nyárasban végzett mérésorozatokra alapozva megállapította, hogy az olasz nyáras, gyepek és szántók átlagos evapotranszpirációs

értékei azonosak lehetnek. A szerzők véleménye szerint a korábbi nemes nyár telepítéseket nem lehet a talajvízszint süllyedéssel kapcsolatba hozni.

Szesztay (1993) és Nováky-Szesztay (2002) nem az erdőterületek növekedését, hanem épp ellenkezőleg, a XV. századtól kezdődő erdőpusztításokat hozza összefüggésbe a talajvízszint változásával. Véleményük szerint az Alföld vízháztartásának művi jellege elsősorban a növénytakaróban bekövetkezett nagymértékű változás következménye. Kiemeli, hogy az erdő-sültség csökkenésével (a jelenlegi csekély erdő-sültségi viszonyok között) a területi párolgás csökkenés mellett a lefolyás növekedése és a hasznosítható vízkészletek drasztikus csökkenése is együtt jár. Major és Pálfai (1990) szoros kapcsolatot mutatott ki az erdők területe és az 1985-re szerkesztett talajvízszint süllyedés területei között. Az erdők talajvízszint-süllyesztő hatását igazolták a VITUKI ménteleki Komlósi Imre kísérleti telepén végzett vizsgálatok alapján (Major 1993, 2002). Az ottani adatok szerint megállapítást nyert, hogy az erdőknek jelentős hatása van a talajvízszint csökkenésére (Major és Neppel 1988). Az előző általános megállapítás több okból kifolyólag is vitatható, ahogy arra Szodfridt István (1990, 1993, 1994) is rámutatott elemzése során. A vizsgálat területrészekén a talajvíz szintje helyenként 7 m alatt helyezkedik el. Ha a talajvíz ilyen mélységekben van jelen az erdőben, legyen az kocsányos tölgyes, hazai nyaras, akácos, vagy fenyő, nincsen közvetlen hatása a talajvízszint csökkenésére (Szabó és mtsai 2012). Az erdő inkább a beszivárgó csapadék mennyiségére van hatással az intercepción és a beszivárgó víz gyökér és kapilláris zónából való felvételén keresztül (Major és mtsai 1991, Kompár 2011). A Komlósi Imre kísérleti telepen végzett vizsgálatok elemzése során érdemes figyelembe venni a következő tényeket, melyek a térség vízháztartására jelentős hatással vannak: a vizsgálati terület mellett több halastó is létesült, melyet a meglévő talajvízkészletből tartanak fenn szivattyúzással. A területet minden oldalról település veszi körül, Méntelek, Kecskemét, Kecskemét Úri-hegy, Kecskemét- Hetényegyháza, Kerek-egyháza. A környező településeken a lakossági vízigények és a mezőgazdasági öntözésekre felhasznált vizek legnagyobb része a talajvízkészletből kerül kielégítésre (Zellei László szóbeli közlése alapján). A talajvízszint süllyedéséhez nagyban hozzájárulnak a környező területeken végzett mélyfúrások, rétegvíz kitermelések is (Szegedi Vízügyi Hatóság adatai alapján). Mindezek figyelembevételével megállapítható, hogy nem csak az erdők felelősek a talajvízszint süllyedéséért, hanem sokkal inkább a többi, fent felsorolt tevékenység hatása folytán kaptuk ezt a drasztikus csökkenést.

A talajvízszint süllyedésének problémakörét komplexen, több oldalról érdemes vizsgálni, ahogyan azt Pálfai (2010) is megtette. Munkája során (szakértői vélemények és szakirodalmi

közlések alapján) meghatározta az egyes talajvízszintet csökkentő tényezők százalékos arányát (3. táblázat). A táblázat alapján elmondható, hogy az erdőállományok hatása nem jelentős a talajvízszint csökkenését illetően. Ez a megállapítás azonban csak regionális szinten lehet igaz. Lokálisan jelentősebb hatást gyakorolhat egy adott erdőállomány a talajvízre (mértéktől, korától, eredetétől, kiterjedésétől függően), akár közvetlenül (ha a gyökérzet eléri a talajvízszintet), akár közvetett módon (az intercepciós veszteségen keresztül) is.

3. táblázat: A talajvízszint csökkenésért felelős tényezők százalékos megoszlása  
Pálfai (2010). szerint.

időjárás (csapadék és párolgás)	50%
rétegvíz kitermelés	25%
talajvíz kitermelés	6%
területhasználatban bekövetkezett változások (pl. erdőterületek növekedése, mezőgazdasági technológia módosulása, növekvő terméshozamok)	10%
vízrendezésben bekövetkezett változások	7%
egyéb (szénhidrogén bányászat, településszerkezet vált. stb.)	2%
összesen:	100%

## 2.7. Az irodalmi háttér-információk összefoglalása

A Duna-Tisza közti hátság vízháztartásával több erdészeti és vízügyi szakember is foglalkozott. A szakemberek véleménye eltérő a homokhátsági erdőállományok talajvízre gyakorolt hatásával kapcsolatban. A szakirodalmi áttekintés megírása során megpróbáltam komplexen, több szempont alapján is elemezni, a homokhátsági erdőállományok vízháztartásával kapcsolatos kérdéseket. Egyes szerzők (Major és Neppel 1988, 1990) a homokhátsági erdők szerepét jobban kiemelték a talajvízszint süllyedése kapcsán, más szerzők (Szodfridt 1990) ezt cáfolták és alaposabb vizsgálatok után próbálták megítélni a homokhátsági erdőállományok vízháztartásban betöltött szerepét. A rendelkezésünkre álló kevés erdőrészlet szintű kutatás főleg a hátsági erdők intercepciós hatásával foglalkozik. 1995-2000 között Gács Zsolt vizsgálta részletesen, az erdei vízháztartást egy kecskeméti középkorú erdeifenyves példáján keresztül. A szakirodalmi elemzés során alapvető probléma volt, hogy az egyes szerzők által közölt adatok egymással nem összehasonlíthatók vagy termőhelyi, vagy időbeli eltérésük miatt. A téma ösz-

szettségét tükrözi, hogy több szerző egymással ellentétes következtetésekre jutott vizsgálatainak során.

A hátság változatos mikro-domborzatát és hidrológiai viszonyait is figyelembe véve megállapíthatjuk, hogy a helyi mérésekből származó adatok felhasználására a jövőben is nagy szükség lesz az erdők vízháztartásának vizsgálata során.

### 3. Anyag és módszer

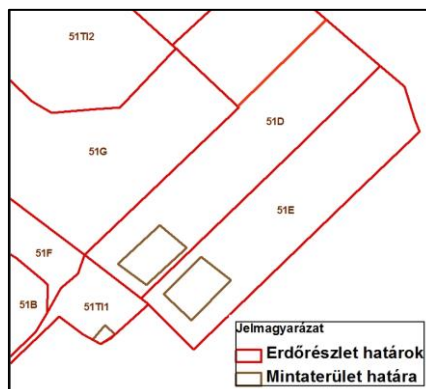
#### 3.1. MÉRŐHELYEK JELLEMZÉSE

Az egyes mintaterületek jellemzésére alap kutatásként terepen és laboratóriumban végeztem vizsgálatokat. Az alapvizsgálatok, felvételezések eredményeinek felhasználásával pontosabb, a valósághoz közelebbi képet kaphatunk a mintaterületek tulajdonságairól.

##### 3.1.1 BÓCSAI MÉRŐHELYEK JELLEMZÉSE

###### Általános leírás

A mérőhelyeket 2012 tavaszától 2013 őszéig tartó időtartam alatt alakítottam ki a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság vagyonkezelésében lévő területen, Bócsa község határában (EOVX: 684088 EOYV: 142644). A mintaterületek (kontrollgyep 7x5m, erdeifenyves 55x75m, hazai nyáras) elhelyezkedését a 3. ábra mutatja.



3. ábra: A bócsai mintaterületek elhelyezkedése.

A kiválasztott kutatási területet Bócsa 51 T11 egyéb részlet, Bócsa 51 D erdeifenyves és Bócsa 51 E hazai nyáras erdő részletek alkotják. Az erdőállományok azonos korú (39 éves), egymás mellett elhelyezkedő, azonos méretű (5 ha), azonos erdészeti technológiával (teljes talaj előkészítéssel, mélyszántással és barázdás ültetéssel) létrehozott, telepített faállományok (Országos Erdőállomány Adattár 2016). A kutatási területet a Nemzeti Park Igazgatóság vagyonkezelésében lévő szántó hasznosításból visszagyepesített nagy kiterjedésű regenerálódó gyepek és telepített faállományok határolják.

A kiválasztott mintaterületek védett természeti területen (a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság nemzeti parki területén: Bócsa-Bugaci homokpuszta) helyezkednek el, valamint nemzetközi Natura 2000 hálózat (HUKN20024 Bócsa-Bugaci homokpuszta) részét is



képezik. Az szőlő- és erdőtelepítések, gyepfeltörések elvégezése előtt nagy kiterjedésben természetközeli homoki gyeppek voltak jellemzőek a térségben (Iványosi-Szabó 2015).

## Termőhely

### *Klíma*

Az Országos Erdészeti Adattár alapján a vizsgálat bócsai kutatási területek erdősztyepp klímába tartoznak. A kiválasztott mintaterületek jellemző klimatikus alapadatait a 4. számú táblázatban foglaltam össze a meteorológiai állomás segítségével gyűjtött adatok alapján 2012. január 1-től 2015. március 31-ig terjedő időszakra vetítve. Az alapadatok gyűjtése BOREAS Meteo Global HI meteorológiai állomás segítségével valósult meg. Referenciának az Országos Meteorológiai Szolgálat orgoványi adatait tekintettem.

4. táblázat: A bócsai mérőhelyek klimatikus jellemzői (2012. 01. 01-től 2015. 03. 31-ig).

Átlaghőmérséklet	11,8 °C
Januári középhőmérséklet	-1,1 °C
Július középhőmérséklet	22,8 °C
Téli napok száma	26
Fagyos napok száma	88
Zord napok száma	5
Első fagy időpontja	november 24.
Utolsó fagy időpontja	március 29.
Nyári napok száma	90
Forró napok száma	11
Hőség napok száma	17
Átlagos csapadék	609,2 mm
Átlagos csapadék a tenyészidőszakban (március 31-től augusztus 31-ig)	267 mm
Csapadékos napok száma	76
Havas napok száma	15
Átlagos relatív páratartalom	82,6%
Átlagos globálsugárzás	4674,2 MJ/m <sup>2</sup>
Átlagos szélesség	1,2 m/s
Átlagos szélirány	észak-nyugati

A vizsgált időszakban a csapadék mértéke összegésében átlagosnál magasabbnak mondható. A 2014. év nyara is az átlagnál csapadékosabb volt. Ebben az időszakban a páratartalom is magasabb volt az átlagnál. Az átlagos csapadékmennyiség a kiválasztott kontroll gyepterület és az erdeifenyves erdőrészlet esetében vélhetően ki tudja elégíteni a növényzet vízfogyasztását. A hazai nyáras erdőrészlet esetében ez már korán sem biztos, hogy így van.

Az átlaghőmérséklet értéke melegebb a sokéves átlagnál. A mérések alapján több hosszabb aszályos periódus is kimutatható volt. A havas napok száma is jóval kevesebb volt az eddig megszokottnál. A szokatlanul enyhe téli időjárás több fogyasztószervezet számára is kedvező volt.

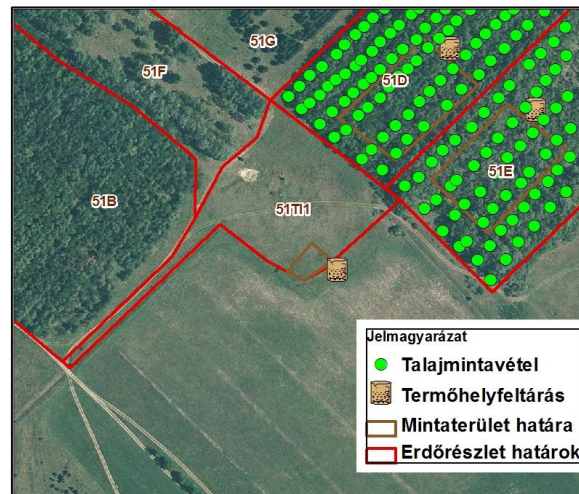
### *Hidrológiai viszonyok*

A vizsgált erdőrészletek a többletvíz hatástól független hidrológiai kategóriába és igen száraz vízgazdálkodási fokba tartoznak az Országos Erdészeti Adattárban foglaltak alapján. Terepi méréseim alapján az átlagos talajvízszint mélysége 3,04 m volt a gyepterületen, tehát a növényzet elsősorban a csapadékvízből tudja kielégíteni vízszükségletét. Ez a talajvízszint-mélység azonban a fejlett gyökérrendszerrel rendelkező idősödő hazai nyáras esetében lehetőséget adhat arra, hogy egyes időszakokban a gyökérszívás segítségével vízhez juttassa a faállományt. A terepi és laboratóriumi vizsgálataim alapján a három mintaterületről vett talajvíz-minta átlagos pH értéke 8,64, mely a lúgos kategóriába tartozik. A vízminták átlagos vezetőképessége (3036,67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) és átlagos sótartalma közepesnek mondható. (A terepi méréseket mintánként háromszor megismételve 2013. 08. 02-án végeztem WTW Multi 350i műszer segítségével, a laboratóriumi méréseket 2013. 08. 27-én végeztem az MTA Talajtani Kutató Intézetében, mintánként háromszor megismételve WTW Multi 350i és Sensodirect Salt110 műszerek segítségével.)

### *Talaj*

Az áttekinthetőség kedvéért a három bócsai mérőhely talajtani tulajdonságait erdőrészlet szinten mutatom be az elvégzett terepi felméréseim (termőhely-feltárások és talajmintavételek) és laboratóriumi vizsgálataim eredményei alapján. Az Országos Erdészeti Adattárban rögzített termőhelyi adatok csak követett úton a jellemző növénytársulás alapján lettek megadva. A

kiválasztott erdőrészekben kialakított talajszelvény-gödrök, talajfúrások és szűrőbotos talajmintavételek elhelyezkedését a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra: A talajtani mintavételezések elhelyezkedése Bócsán.

A szűrőbotos talajvizsgálat segítségével megállapítható, hogy az általam vizsgált két bócsai erdőrészet (Bócsa 51 D és Bócsa 51 E) talajának mechanikai összetétele homogénnek tekinthető a későbbi alkalmazott módszerek tekintetében.

#### *Bócsa 51 TII egyéb részlet talajtani adottságainak rövid leírása*



1. kép: Bócsa 51 TII egyéb részletben kialakított talajszelvény gödör.

„A” szint (0-50 cm): fakó szürkés barna, gyengén humuszos, homokos szerkezetű, alsó részén tömörödött, 0-15 cm-ig a zárt homoki gyp gyökérzetével erősen átszőtt, 0-10 cm-ig márványos rajzolatú homok.

„C1” szint (50-100 cm): fakó szürkés barna, humuszmentes, közepesen tömörödött szerkezetű, a zárt homoki gyep gyökérzetével gyengén átszőtt, közepesen meszes, szódás durva homok, vasrozda és apró mészlencse kiválással.

„Ae” szint (100-145 cm): barnás szürke, gyengén humuszos, erősen tömörödött szerkezetű, gyökerektől mentes, erősen meszes, szódás homokos vályog, vasrozda és apró mészlencse kiválással.

„C2” szint (145-160 cm): világos szürke (zöldes árnyalatú glejjel színezett), humusz mentes, gyökerektől mentes, iszapos szerkezetű, erősen meszes homok glej kiválással.

*Általános adatok:*

Genetikai talajtípus: karbonátos humuszos homok kombináció

Termőréteg mélysége: sekély (teljes vastagsága 50 cm)

Fizikai talajféleség: homok

Humuszforma: mullhumusz

Humuszvastagsága: 95 cm Erózió,

defláció foka: mentes

Alapkőzet: iszapos homok

Termőhely minősítése: nem természetes erdő termőhely

*Laborvizsgálat eredményei (2013.08.07.):*

5. táblázat: Bócsa 51 TII talajának laboratóriumi vizsgálati eredményei.

Mélység (cm)	pH H <sub>2</sub> O KCl	CaCO <sub>3</sub> (%)	Szóda (%)	Összes só (%)	hy (%)	K <sub>A</sub>	Humusz (%)	Talajnedvesség (105 C° –os szárítást követően)
0-50	7,9 7,5	7,1	0,000	0,00	0,55	36	1,54	0-25 cm: <u>3,00%</u>
50-100	8,7 8,5	7,2	0,024	0,00	0,21	25	0,00	25-50 cm: <u>2,10%</u>
100-145	8,6 8,2	17,5	0,054	0,01	1,53	41	0,73	50-75 cm: <u>13,00%</u>
145-160	8,7 8,5	19,5	0,032	0,01	0,67	34	0,00	75-100 cm: <u>2,4%</u>

*Szöveges értékelés:*

A két humuszréteg között magas mész és szódataralmú fedőhomok réteg található (1. kép), amely kedvezőtlen réteggént csökkenti a termőréteg vastagságát. Erdőgazdálkodási szempontból gyenge termőhely. Természet közeli erdő csak 5-6 fatermési osztályban lévő hazai nyáras célállománnyal érhető el mélyforgatás alkalmazásával, talajvédelmi rendeltetéssel. A tisztáson erdőtelepítés talajtani adottságok miatt sem ajánlott.

*Bócsa 51 D erdőrészlet talajtani adottságainak rövid leírása*



2. kép: Bócsa 51 D erdőrészletben kialakított talajszelvény gödör.

„A1” szint (0-30 cm): fakó szürkés barna, gyengén humuszos, homokos szerkezetű, tömörödöttség mentes, mélyforgatott, gyökérszettel erősen átszőtt homok.

„A2” szint (30-65 cm): fakó szürkés barna márványos rajzolatú, gyengén humuszos, közepesen tömörödött szerkezetű, mélyforgatott, gyökérszettel közepesen átszőtt, homok.

„C1” szint (65-100 cm): sárgás rozsdabarna, humuszmentes, tömörödöttség mentes szerkezetű, gyökerektől mentes, erősen meszes, szódás durva homok, vasrozsa kiválással.

„C2” szint (100-130 cm): szürkés sárga a középén 5 cm vastag humusz felhalmozódással, humuszmentes, gyökerektől mentes, tömörödött szerkezetű, erősen meszes, szódas homok, vasrozsa kiválással.

„C3” szint (130-160 cm): szürkés (zöldes árnyalatú glejjel), humuszmentes, gyökerektől mentes, tömörödött szerkezetű, erősen meszes, szódas homokos vályog, zöldes árnyalatú glej kiválással.

*Általános adatok:*

Genetikai talajtípus: karbonátos humuszos homok

Termőréteg mélysége: közép-mély (teljes vastagsága 65 cm)

Fizikai talajféleség: homok

Humuszforma: mullhumusz

Humuszvastagsága: 50 cm

Erózió, defláció foka: mentes

Alapkőzet: iszapos homok

Termőhely minősítése: nem természetes erdő termőhely

*Laborvizsgálat eredményei (2013.08.07.):*

6. táblázat: Bócsa 51 D talajának laboratóriumi vizsgálati eredményei.

Mélység (cm)	pH H <sub>2</sub> O KCl	CaCO <sub>3</sub> (%)	Szóda (%)	Összes só (%)	hy (%)	K <sub>A</sub>	Humusz (%)	Talajnedvesség (105 C° –os szárítást követően)
0-30	8,2 8,1	7,2	0,000	0,00	0,34	28	0,42	0-25 cm: <u>2,3%</u>
30-65	8,5 8,3	7,2	0,018	0,00	0,33	29	0,38	25-50 cm: <u>2,6%</u>
65-105	8,8 8,5	10,4	0,015	0,00	0,23	27	0,10	50-75 cm: <u>3,5%</u>
105-130	9,0 8,6	9,9	0,025	0,00	0,24	27	0,16	75-100 cm: <u>3,2%</u>
130-160	8,6 8,2	16,4	0,059	0,00	0,77	28	0,13	

*Szöveges értékelés:*

A talajtani adatok alapján erdőgazdálkodásra alkalmas termőhely. Természetközeli erdő csak 4-5 fatermési osztályban lévő hazai nyáras célállomány érhető el mélyforgatás alkalmazásával. Az erősen meszes rétegekkel a talajvédelmi rendeltetés alátámasztható.

*Bócsa 51 E erdőrészlet talajtani adottságainak rövid leírása*



3. kép: Bócsa 51 E erdőrészletben kialakított talajszelvény gödör.

„A1” szint (0-30 cm): barnás-szürke, gyengén humuszos, homokos szerkezetű, tömörödöttség mentes, mélyforgatott, gyökérrzettel erősen átszótt homok.

„A2” szint (30-55 cm): szürkés sárga átmeneti márványos rajzolatú, gyengén humuszos, homokos szerkezetű, mélyforgatott, gyökérrzettel közepesen átszótt homok.

„C1” szint (55-95 cm): fakó szürkés sárga, humuszmentes, homokos szerkezetű, gyökerekkel gyengén átszótt, közepesen meszes, szódás durva homok, vasrozsa kiválással.

„C2” szint (95-110 cm): fakó szürkés sárga (kissé sötétebb), humuszmentes, gyökerekkel gyengén átszótt, homokos szerkezetű, erősen meszes, szódás durvahomok, vasrozsa kiválással.

„Ae” szint (110-145 cm): szürkés barna, gyengén humuszos, gyökerekkel gyengén átszőtt, erősen tömörödött, valamint tömörödött szerkezetű, erősen meszes, szódás homok.

„C3” szint (145-160 cm): világos szürke, humuszmentes, tömörödött szerkezetű, gyökerekkel gyengén átszőtt, erősen meszes, szódás homok. A felső 10 cm-es rétegben a felette lévő szint talajával erősen keveredik.

*Általános adatok:*

Genetikai talajtípus: karbonátos humuszos homok kombináció

Termőréteg mélysége: sekély (teljes vastagsága 55 cm) Fizikai talajféleség: homok

Humuszforma: mullhumusz Humuszvastagsága: 50 cm

Erózió, defláció foka: mentes Alapkőzet: vályogos homok

Termőhely minősítése: nem természetes erdő termőhely

*Laborvizsgálat eredményei (2013.08.07.):*

7. táblázat: Bócsa 51 E talajának laboratóriumi vizsgálati eredményei.

Mélység (cm)	pH H <sub>2</sub> O KCl	CaCO <sub>3</sub> (%)	Szóda (%)	Összes só (%)	hy (%)	K <sub>A</sub>	Humusz (%)	Talajnedvesség (105 C° –os szárítást követően)
0-30	8,1 7,9	6,8	0,000	0,00	0,36	32	0,58	0-25 cm: <u>1,7%</u>
30-55	8,2 8,1	7,2	0,000	0,00	0,39	31	0,50	25-50 cm: <u>1,7%</u>
55-95	8,7 8,4	8,4	0,020	0,00	0,25	28	0,00	50-75 cm: <u>3,1%</u>
95-110	8,8 8,5	11,1	0,032	0,00	0,24	28	0,00	75-100 cm: <u>3,7%</u>
110-145	8,5 8,1	15,4	0,037	0,00	1,05	30	0,39	
145-160	8,6 8,4	33,0	0,083	0,00	0,51	31	0,00	



### *Szöveges értékelés:*

A faállomány jelenleg gyenge (5) fatermési osztályban van a sekély termőréteg miatt. A talajvédelmi rendeltetést indokolt kérni az erdő hosszú távú fenntartása érdekében.

### Növényzet

#### *Faállomány jellemzők*

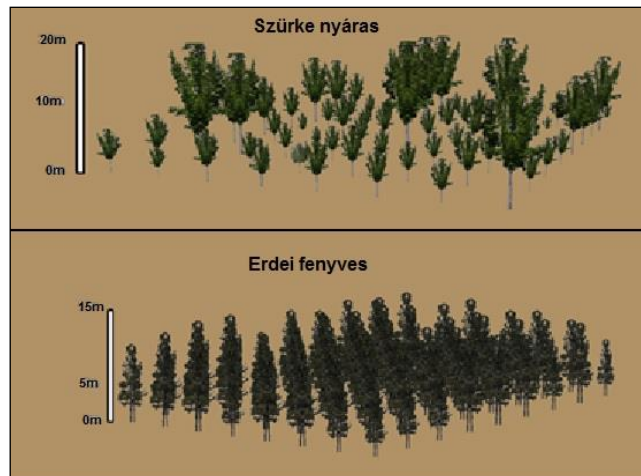
A Bócsa 51 D és Bócsa 51 E erdőrészekben kialakított mintaterületek (2 db. 75X55 m-es) faállomány jellemzőit, a törzsenkénti felvételezés (famagasság, mellmagassági átmérő meghatározása) és az Országos Erdészeti Adattár alapján a 8. táblázat segítségével mutatom be.

8. táblázat: A bócsai mintaterületek faállományának adatai.

Erdőrészlet	Bócsa 51 D (EF)	Bócsa 51 E (SZNY)
Természetesség (Evt. alapján)	Kultúrerdő	Természetközeli
Mintaterület kiterjedése (ha)	0,41	0,41
Felvételezés dátuma	2012.03.10	2012.03.10
Fafaj	Erdei fenyő	Szürke nyár
Kor	39	39
Elegyarány (%)	100	100
Elegyedés módja	Főfafaj	Főfafaj
Záródás (%)	(86) 80	(77) 70
Eredet	Mag	Mag
Famagasság (m)	13,57	8,34
Mellmagassági átmérő (cm)	16,67	13,05
Fatermési osztály	5	6
Folyónövedék (m <sup>3</sup> /ha/év)	3,5	3,7

A terepi felmérések és az üzemtervi adatok alapján mindkét faállomány gyenge fatermési osztályba tartozik. Figyelembe véve a gyenge termőhelyi adottságokat alföldi viszonylatban mégis elfogadható az állománykép. Mindkét erdőrészlet esetében a távlati faállomány típusa őshonos hazai nyáras. Ennek fényében a jövőben is csak 5-6 fatermési osztályba sorolható őshonos állományok hozhatók létre.

A szürke nyáras mintaterületen lévő faegyedek magassága rendkívül nagy változatosságot mutat (5. ábra). Ez összefüggésben áll az állomány jelenlegi kezeletlen állapotával, a nevelővágások elmaradásával. Az erdőrészletben eddig még egyetlen nevelővágás sem volt elvégezve, az állomány egyes részeken felnyurgult, ezáltal az állékonyság csökkenésének veszélye áll fenn. A mintaterületeken lévő faegyedek famagasságának térbeli megjelenítésére GIS ArcScene 9.3 geoinformatikai szoftvert használtam (5. ábra).



5. ábra: A famagasság eloszlása a bócsai mintaterületeken.

A szürke nyáras faállomány jelenleg a természetközeli természetességi kategóriába sorolható az erdőtörvény szerint. A szukcessziós folyamatoknak, valamint az északázó madárfajok sokaságának köszönhetően az erdőkép folyamatosan javul. A közönséges boróka (*Juniperus communis*) mellett több őshonos cserjefaj is terjedőben van, ezzel hozzájárulva egy természetesebb erdőkép kialakulásához.

#### *A faállományok egészségügyi állapota*

Az abiotikus károsítások: széltörés, széldöntés, hőtörés elsősorban az erdeifenyvesben jelentek elsősorban. A biotikus károsítók a fenyőállományban főleg a fenyőilonca (*Rhyacionia buoliana*), gyökérrontó tapló (*Heterobasidion annosum*) és a fésűs fenyődarázs (*Diprion pini*) voltak (4. kép). A hazai nyárasban a bögölyszitkár (*Paranthrene tabaniformis*) és a nagy nyárlevelész (*Melsoma populi*) egyedei károsítottak. A terepi bejárások során észlelt károsítók aránya minkét erdőrészlet esetében jelentős volt.



4. kép: Gyökérrontó tapló (*Heterobasidion annosum*) károsítása az erdefenyvesben.

#### *Védett növényfajok*

A kiválasztott mintaterületeken alapvetően a homoki gyepekre jellemző védett növényfajok vannak jelen. A kontrollterületen fokozottan védett csikófark (*Ephedra distachya*), védett homoki csüdfű (*Astragalus varius*), homoki árvalányhaj (*Stipa borysthena*), homoki bakszakáll (*Tragopogon floccosus*), homoki vértő (*Onosma arenaria*), homoki báránypirosító (*Alkanna tinctoria*), konkoly (*Agrostemma githago*), borzas len (*Linum hirsutum*), homoki fátyolvirág (*Gypsophila fastigiata*) van jelen. A szürke nyáras faállományban a védett növényfajok közül több, félárnyékosabb helyet is kedvelő homoki faj is jelen van, a nyílt homoki gyepeken tenyésző fajokkal együtt úgy, mint a homoki csüdfű (*Astragalus varius*), homoki árvalányhaj (*Stipa borysthena*), homoki bakszakáll (*Tragopogon floccosus*), homoki vértő

(*Onosma arenaria*), homoki báránypirosító (*Alkanna tinctoria*), borzas len (*Linum hirsutum*), homoki fátyolvirág (*Gypsophila fastigiata*), vörösbarna nőszőfű (*Epipactis atrorubens*), piros pozdor (*Scorzonera purpurea*), homoki nőzirom (*Iris arenaria*), piros madársisak (*Cephalanthera rubra*) (5. kép) és a homoki imola (*Centaurea arenaria*). Az erdeifenyvesben fokozottan védett vagy védett növényfajok egyedei nem voltak fellelhetőek.



5. kép: Piros madársisak (*Cephalanthera rubra*) a hazai nyárasban.

### **3.1.2. Pusztaszeri mérőhelyek jellemzése**

#### Általános leírás

A Pusztaszer község határában (EOVX: 725901 EOYV: 135299) lévő mérőhelyeimet 2012 őszétől, 2013 őszéig tartó időszakban alakítottam ki a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság vagyonkezelésében lévő területen. A mintaterületek (kontrollgyep és akácos) elhelyezkedését a 6. ábra mutatja.



6. ábra: A pusztaszeri mintaterületek elhelyezkedése.

A kiválasztott kutatási területet Pusztaszer 0227/30-as helyrajzi számon lévő gyep művelési ágú terület és Pusztaszer 6 A erdőrészt alkotják. Az erdőrészt (40 éves idős) akácos faállománytípusba tartozik (Országos Erdőállomány Adattár). Eredetileg teljes talaj előkészítéssel, mélyszántással és barázdás ültetéssel létrehozott, telepített faállomány. A telepítés fő célja szárnyék kialakítása volt a legelő szarvasmarha és juh állományok részére. Az állományt az évek során többször véghasználták. Jelenleg a második sajzattás utáni rossz egészségügyi állapot jellemzi a faállományt. A kutatási területet a Nemzeti Park Igazgatóság és magán mezőgazdasági termelők vagyongazdálkodásában lévő nagy kiterjedésű szántó és gyepphasznosítású területek határolják. A kutatási terület közvetlen közelében található a fokozottan védett Pusztaszeri Bűdös-szék. A kiválasztott mintaterületek védett természeti területen (a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság Pusztaszeri Tájvédelmi Körzetében) helyezkednek el, valamint nemzetközi Natura 2000 hálózat (HUKN10007 Alsó-Tisza-völgy) részét is képezik. A magasabban fekvő gyepterületek feltörése és kisebb mértékben erdő és szőlőtelepítések elvégezése előtt nagy kiterjedésben természetközeli szikes és homoki gyep, valamint ezek átmenetei voltak jellemzőek a térségben. Az erdőrészt kulturális örökségvédelmi célból is kiemelt jelentőséggel bír, mivel a faállomány egy „ex lege” védett kunhalmon található.

## Termőhely

### *Klíma*

Az Országos Erdészeti Adattár alapján a vizsgált pusztaszeri kutatási területek erdőszyepp klímába tartoznak.

A kiválasztott mintaterületek jellemző klimatikus adatait a 9. számú táblázatban foglaltam össze, a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság adatbázisa és a saját csapadékmérési eredményeim alapján, a 2012. március 30-tól 2015. március 31-ig terjedő időszakra nézve. Referenciának az Országos Meteorológiai Szolgálat szegedi adatait tekintettem.

9. táblázat: A pusztaszeri mérőhelyek klimatikus jellemzői (2012. 03. 30-tól 2015. 03. 31-ig).

Átlaghőmérséklet	10,6 °C
Januári középhőmérséklet	-1,4 °C
Július középhőmérséklet	22,4 °C
Téli napok száma	31
Fagyos napok száma	91
Zord napok száma	7
Első fagy időpontja	november 24.
Utolsó fagy időpontja	március 31.
Nyári napok száma	88
Forró napok száma	10
Hőség napok száma	16
Átlagos csapadék	614 mm
Átlagos csapadék a tenyészidőszakban	259 mm
Csapadékos napok száma	72
Havas napok száma	18
Átlagos relatív páratartalom	81,2%
Átlagos globálisugárzás	4653,2 MJ/m <sup>2</sup>
Átlagos szélsebesség	1,1 m/s
Átlagos szélirány	észak-nyugati

A vizsgált időszakban a csapadék mennyisége ezen a kutatási területen is az átlagosnál nagyobbak mondható. Pusztaszeren is 2014. év nyara (főleg július hónap) az átlagnál csapadékosabb volt. Ebben az időszakban a páratartalom is magasabb volt az átlagosnál. Az átlagos csapadékmennyiség a kiválasztott kontroll gyepterület esetében vélhetően ki tudja elégíteni a növényzet vízfogyasztását. Az akácos erdőrészlet esetében ez már nem biztos, hogy ilyen egyértelmű.

Az átlaghőmérséklet értéke magasabb az sokéves átlagnál. A méréseim alapján több hosszabb aszályos periódus is kimutatható volt. A havas napok száma is sokkal kevesebb volt az eddig megszokottnál. A szokatlanul enyhe téli időjárás nem csak a bócsai kutatási területen, hanem itt is kedvezett az erdei fogyasztószervezetek számára.

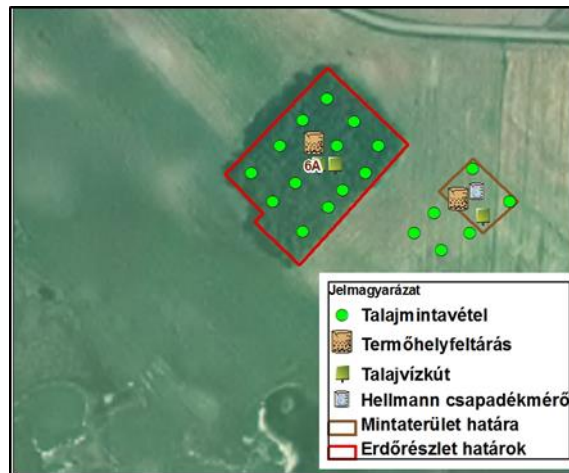
### *Hidrológiai viszonyok*

Pusztaszer 6 A erdőrészlet a többletvíz hatástól független hidrológiai kategóriába és igen száraz vízgazdálkodási fokba tartoznak az Országos Erdészeti Adattárban leírt adatok alapján. Méréseim szerint vizsgált gyepterületen a talajvízszint átlagos mélysége 1,41 m volt. A bócsai mintaterülethez hasonlóan a növényzet elsősorban a csapadékvízből tudja kielégíteni vízszükségletét. Az általam elvégzett terepi és laboratóriumi vizsgálatok alapján a két mintaterületről vett talajvízminta átlagos pH értéke 7,95, mely az enyhén lúgos kategóriába tartozik. A pusztaszeri vízminták átlagos vezetőképessége (1032  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), a sótartalom értéke itt is közepesnek mondható. (A terepi méréseket mintánként háromszor megismételve 2013. 08. 02-án végeztem WTW Multi 350i műszer segítségével, a laboratóriumi méréseket 2013. 08. 27-én végeztem az MTA Talajtani Kutató Intézetében, mintánként háromszor megismételve WTW Multi 350i és Sensodirect Salt110 műszerek segítségével.)

### *Talaj*

Az jelentős domborzati eltérés, valamint a további áttekinthetőség kedvéért a két pusztaszeri mérőhely talajtani tulajdonságait mintaterületenként mutatom be az elvégzett terepi felméréseim (termőhely-feltárások és talajmintavételek) és laboratóriumi vizsgálatok eredményeim alapján. A bócsai mintaterülethez hasonlóan itt is az Országos Erdészeti Adattárban lévő termőhelyi adatok csak követett úton a jellemző növénytársulás alapján kerületek megadásra. A

kiválasztott mintaterületeken kialakított talajszelvény-gödrök, talajfúrások és szűrőbotos talajmintavételek elhelyezkedését a 7. ábra alapján szemléltetem.



7. ábra: A talajtani mintavételek és a mérőműszerek elhelyezkedése Pusztaszeren.

*Pusztaszeri kontroll gyepterület (Hrsz: 0227/30) talajtani adottságainak rövid leírása*



6. kép: A pusztaszeri kontroll gyepterületen kialakított talajszelvény gödör.  
„A1” szint (0-40 cm): sötét szürkés-barna, gyengén humuszos, tömörödött szerkezetű, közepesen tömörödött, gyökerekkel erősen átszőtt, közepesen meszes, kedvezőtlen rétegződésű, szódás homok.



„C1” szint (40-60 cm): szürkés-barna, humuszmentes, tömörödött szerkezetű, erősen tömörödött, gyökérzet mentes, közepesen meszes, kedvezőtlen rétegződésű, szódás durva homok mészkiválásokkal.

„C2” szint (60-100 cm): világos szürkés-barna, humuszmentes, tömörödött szerkezetű, közepesen tömörödött, gyökérezettől mentes, kedvezőtlen rétegződésű, közepesen meszes, szódás durva homok.

„C3”(100-150 cm): világosszürke, humuszmentes, tömörödött szerkezetű, közepesen tömörödött, gyökérezettől mentes, közepesen meszes, szódás durva homok glej kiválással.

*Általános adatok:*

Genetikai talajtípus: szoloncsákos réti talaj

Termőréteg mélysége: sekély (teljes vastagsága 40 cm) Fizikai talajféleség: durva homok

Humuszforma: mullhumusz Humuszvastagsága: 10 cm

Erózió, defláció foka: mentes Alapkőzet: durva homok

Termőhely minősítése: nem természetes erdő termőhely

*Laborvizsgálat eredményei (2012.06.14.):*

10. táblázat: A pusztaszeri kontroll gyepterület talajának laboratóriumi vizsgálati eredményei.

Mélység (cm)	pH H <sub>2</sub> O KCl	CaCO <sub>3</sub> (%)	Szóda (%)	Összes só (%)	hy (%)	K <sub>A</sub>	Humusz (%)	Talajnedvesség (105 C° –os szárítást követően)
0-40	8,5 8,2	2,9	0,021	0,00	0,55	32	0,43	0-25 cm: <u>7,7%</u>
40-60	9,1 8,6	4,1	0,055	0,00	0,36	28	0,00	25-50 cm: <u>9,9%</u>
60-100	9,3 8,8	3,1	0,041	0,00	0,22	26	0,00	50-75 cm: <u>18,1%</u>
100-150	9,3 8,8	2,1	0,033	0,00	0,23	26	0,00	75-100 cm: <u>17,4%</u>

### *Szöveges értékelés:*

Az összes talajrétegre jellemző talajhibák kedvezőtlen rétegeként csökkentik a termőréteg vastagságát. Már a felső szintben is tömörödött és kolloidszegény réteggel találkozunk. Erdőgazdálkodási szempontból gyenge termőhely. A 40-60 cm-es rétegben magas szódataralom, durva szemcsézettség, erős tömörödöttség és a humusz hiánya figyelhető meg. A talaj mély redukált termőrétege, a szélsőségesen változó hidrológiai viszonyok mellett kizárólag lágyszárú vegetáció fenntartására alkalmas. A ritkán előforduló nagyobb csapadékesemények után a mélyebb fekvés miatt pangó víz alakul ki, mely levegőtlené teszi a talajrétegeket. A talaj mélyebb rétegeiben található szóda talajoldatként a termőrétegbe is megtalálható. A talaj termőrétegének alsó részében glejesedés jelenik meg. A természetes növény társulás ecsetpázsitos, magyarperjés rét. A védett természeti területen egyértelműen, a gyenge talajtani adottságok miatt sem lehet faállományt létrehozni.

### *Pusztaszeri 6 A erdőrészlet talajtani adottságainak rövid leírása*



7. kép: Pusztaszer 6 A erdőrészletben kialakított talajszelvény gödör.

„A” szint (0-25 cm): barna, gyengén humuszos, tömörödött szerkezetű, közepesen tömörödött, gyökerekkel erősen átszőtt, közepesen meszes, szódás homok.

„C1” szint (25-45 cm): világos fakó barna, gyengén humuszos, homokos szerkezetű, közepesen tömörödött, gyökerekkel erősen átszőtt, közepesen meszes, kedvezőtlen rétegződésű, szódás durva homok mészkiválásokkal.

„Ae” szint (45-60 cm): barna, humuszmentes, tömörödött szerkezetű, erősen tömörödött, gyökerekkel közepesen átszőtt, közepesen meszes, durva homok.

„C2”(60-110 cm): világos fakó barna, humusz mentes, homokos szerkezetű, tömörödöttség mentes, gyökerekkel gyengén átszőtt, közepesen meszes, szódás durva homok mészkiválással.

„C3” (110-160): világos fakó barna, humusz mentes, homokos szerkezetű, tömörödöttség mentes, gyökerekkel gyengén átszőtt, közepesen meszes, szódás durva homok mészkiválással.

*Általános adatok:*

Genetikai talajtípus: futóhomok

Termőréteg mélysége: sekély (teljes vastagsága 50 cm) Fizikai talajféleség: durva homok

Humuszforma: mullhumusz

Humuszvastagsága: 45 cm

Erózió, defláció foka: mentes

Alapkőzet: durva homok

Termőhely minősítése: nem természetes erdő termőhely

*Laborvizsgálat eredményei (2012.06.14.):*

11. táblázat: Pusztaszer 6 A erdőrésztlet talajának laboratóriumi vizsgálati eredményei.

Mélység (cm)	pH H <sub>2</sub> O KCl	CaCO <sub>3</sub> (%)	Szóda (%)	Összes só (%)	hy (%)	K <sub>A</sub>	Humusz (%)	Talajnedvesség (105 C° –os szá- rítást követően)
0-25	8,5 7,8	6,4	0,037	0,00	0,52	26	0,41	0-25 cm: <u>3,9%</u>
25-45	8,9 8,4	8,8	0,052	0,00	0,24	26	0,26	25-50 cm: <u>4,8%</u>
45-60	8,4 7,9	6,7	0,000	0,00	0,56	28	0,01	50-75 cm: <u>6,1%</u>
60-110	9,1 8,5	12,3	0,055	0,00	0,21	26	0,00	75-100 cm: <u>6,3%</u>
110-160	9,0 8,4	11,6	0,068	0,00	0,24	25	0,00	

### *Szöveges értékelés:*

A talaj egykori mélysántása mára nem észlelhető. Az erdőrésztlet domborzata igen változatos hullámos, hátságos jellegű. A felső talajrétegeket erősen behálózzák a faállomány gyökerei. A talajszelvény felső 25 cm-es rétegében a megjelenő gyepalkotó nitrofil gyomfajok tápanyag (nitrogén) felhalmozódására utalnak. A talajnak erdőgazdálkodási értelemben sekély a termőrétege. A felső rétegen szóda van jelen, és tömörödött szerkezet jellemzi. A talaj humusztartalma alacsonynak mondható. A felső talajrétegek mészes és szódataralma jelenleg elfogadható a laboratóriumi vizsgálatok alapján, ám az erdőrésztlet őshonos fafajokkal tervezett felújítása során ez már gondot jelenthet. A faállomány jelenleg gyenge fatermési osztályban van a sekély termőréteg miatt. A talajvédelmi rendeltetést indokolt kérni az erdő hosszú távú fenntartása érdekében. Természet közeli erdő csak 5-6 fatermési osztályban lévő felnyíló erdőként fenntartható hazai nyáras célállomány érhető el mélyforgatás alkalmazásával, talajvédelmi rendeltetéssel.

### Növényzet

#### *Faállomány jellemzők*

A Pusztaszer 6 A erdőrésztletben kialakított mintaterületen (100X97 m-es, amely megegyezik az erdőrésztlet teljes területével) faállomány jellemzőit, az erdőrésztlet szintű törzsenkénti felvételezés (famagasság, mellmagassági átmérő meghatározása) és az Országos Erdészeti Adattár alapján, a 12. összefoglaló táblázat segítségével mutatom be.

12. táblázat: A pusztaszeri mintaterület faállományának adatai.

Erdőrészlet	Pusztaszer 6 A
Természetesség (Evt. Alapján)	Kultúrerdő
Mintaterület kiterjedése (ha)	0,97
Felvételezés dátuma	2012.03.10
Fafaj	Akác
Kor	41
Elegyarány (%)	100
Elegyedés módja	Főfafaj
Záródás (%)	82
Eredet	Sarj
Famagasság (m)	12,11
Mellmagassági átmérő (cm)	19,22
Fatremési osztály	6
Folyónövedék (m <sup>3</sup> /ha/év)	-

A terepi felméréseim és az üzemtervi adatok alapján a faállomány gyenge fatremési osztályba tartozik. A gyenge termőhelyi adottságok ellenére az alföldi viszonyokhoz képest az állomány állékony, gyenge állományképet mutat. A távlati faállomány típusa őshonos hazai nyáras. A gyenge termőhelyi adottságok tükrében, a jövőben is csak 5-6 fatremési osztályba sorolható erősen elegyes őshonos állomány hozható létre. A korábbi erdőfelújítási tapasztalataim alapján a tatár juhar (*Acer tataricum*) jól alkalmazható elegyfajként a hasonló termőhelyen lévő erdősítések esetében.

Az akácos faállományban általam kialakított mintaterületen, a faegyedek magassága nagy változatosságot mutat (8. ábra). Ez összefüggésben áll az állomány jelenlegi kezeletlen állapotával, a nevelővágások és a véghasználat elmaradásával. Az erdő részletben az elmúlt húsz évben csak egy szakszerűtlen módon elvégezett tisztítás jellegű fahasználat valósult meg. Az erdő részlet a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság előtt egy helyi termelőszövetkezet vagyongyűjtésébe tartozott. A fejlődésben megrekedt faállomány véghasználatára és őshonos fajokkal történő felújítása ajánlott. A mintaterületen lévő faegyedek famagasságának térbeli megjelenítésére GIS ArcScene 9.3 térinformatikai szoftvert használtam (8. ábra).



8. ábra: A famagasság eloszlása a pusztaszeri mintaterületen.

Az akácos faállomány jelenleg a kultúrerdő természetességi kategóriába sorolható az erdőtörvény szerint. Az akác a talajban nitrogén feldúsulást váltott ki, ezért a gyepszintben és a cserjeszintben kizárólag nitrofil fajok: fekete bodza (*Sambucus nigra*), fedélrozsok (*Bromus tectorum*), meddő rozsok (*Bromus sterilis*), zamatos turbolya (*Anthriscus cerefolium*), ragadós galaj (*Galium aparine*) fordulnak elő.

#### *A faállomány egészségügyi állapota*

Az abiotikus károsításként széltörés, széldöntés, aszálykár és villámcsapás jelentkeztek az elmúlt két éves időszakban. A biotikus károsítók az akácállományban főleg az akácaknázó hólyagosmoly (*Parectopa robiniella*), csipkézőbogarak (*Sitonia spp.*), vastagtapló (*Phellinus robustus*), köristapló (*Perenniporia frexinea*), akác pajzstetű (*Parthenolecanium corni*) voltak. A vadkár a dörzsölés, rágás és hántás formájában volt érzékelhető (8. kép).



8. kép: Rágás és dörzsölés kár Pusztaszer 6 A erdőrészletben.

#### *A kontroll gyepterület növényzete*

A jelenleg kaszálással hasznosított gyepterületet keleti irányból mezőgazdasági területek, északról az akácok faállomány és dél-nyugati irányból a Büdös-szék határolják. A kontroll területen váltakozva jelennek meg a degradált gyomos és természetközeli területrészek. A gyepterületen a következő növényfajok vannak jelen: szamárbogáncs (*Onopordum acanthium*), tejoltó galaj (*Galium verum*), meddő rozsnok (*Bromus sterilis*), fedélrozsok (*Bromus tectorum*), ragadós galaj (*Galium aparine*), franciaperje (*Arrhenatherum elatius*), közönséges kakaslábfű (*Echinochloa crus-galli*), apró szulák (*Convolvulus arvensis*), csillagpázsit (*Cynodon dactylon*), réti ecsetpázsit (*Alopecurus pratensis*), zsióka (*Bolboschoenus maritimus*), csilláros ökörfarkkóró (*Verbascum lychnitis*), fehér tippán (*Agrostis stolonifera*), sziki csenkesz (*Festuca pseudovina*), útszéli zsázsa (*Cardaria draba*), réti perje (*Poa pratensis*), sovány perje (*Poa trivialis*), egynyári perje (*Poa annua*), réti here (*Trifolium pratense*), fehér here (*Trifolium repens*), csomós ebír (*Dactylis glomerata*), közönséges tarackbúza (*Agropyron repens*), réti peremizs (*Inula britannica*), kékperje (*Molinia caerulea*),

mezei iringó (*Eryngium campestre*), betyárkóró (*Conyza canadensis*), egynyári seprence (*Erigeron annuus*), csattanó maszlag (*Datura stramonium*), bolondító beléndek (*Hyoscyamus niger*), szikár habszegfű (*Silene otites*), közönséges ebnyelvűfű (*Cynoglossum officinale*), nagy csalán (*Urtica dioica*), mezei katángkóró (*Cichorium intybus*), fehér libatop (*Chenopodium album*), mezei szarkaláb (*Consolida regalis*), siska nádtippán (*Calamagrostis epigeios*), sziki cickafark (*Achillea asplenifolia*), fehér mécsvirág (*Silene alba*), fehér somkóró (*Melilotus albus*), vadmender (*Cannabis sativa*), parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*), fekete üröm (*Artemisia vulgaris*), bojtorjászertövis (*Xanthium strumarium*), selyemkóró (*Asclepias syriaca*). Védett növényfajként egyedül a konkoly (*Agrostemma githago*) található meg a pusztaszeri kutatási területen.

### 3.1.3 Szabad területi csapadék mérésére szolgáló mérőhelyek jellemzése

#### **Balástyai mérőhely**

##### *Általános leírás*

A szabad területi csapadékesemények észlelésre szolgáló mérőhelyet Balástya 057/66 helyrajzi számú szántó művelési ágú területen (EOVX: 726123 EOYV: 121334) alakítottam ki. A mérési pontot észak és kelet felől tanyák, nyugati irányból egy akácos faállomány, délről pedig egy szőlőterület határolja (9. ábra). A mérőhelyet saját terepi bejárásaim, valamint helyi a gazdálkodó elmondása alapján jellemzem a továbbiakban.



9. ábra: A balástyai mérőpont elhelyezkedése.



### *Klíma*

Balástyai kutatási terület a bócsai és a pusztaszeri mintaterületekhez hasonlóan erdősztyepp klímába tartozik. Az átlag hőmérséklet 10,8 C°, az átlagos relatív páratartalom 79,2%, a fagyos napok száma 93, az első fagy időpontja november 24-e, az utolsó fagy időpontja március 30-a, az átlagos szélirány az észak-nyugati volt 2013. július 10-e és 2014. július 10-e között (Zónai János mérési eredményeinek szóbeli közlése alapján).

### *Hidrológiai viszonyok*

Az átlagos talajvízszint mélysége 2,85 m, tehát a fásszárú növényzetnek már van lehetősége, hogy ne csak a csapadékvízből, hanem a talajvízből elégítse ki vízszükségletét. A talajvízszint változására nagy hatással van a közelben lévő Kisteleki-főcsatorna mindenkori vízállása (Tóth Szabolcs szóbeli közlése és ATIVIZIG adatok alapján).

### *Talaj*

A mérőhelyen a talaj szűrőbotos mintavételezésének segítségével és helyszíni vizsgálatok alapján határoztam meg a fő talajtani adottságokat. A genetikai talajtípus humuszos homok, a fizikai talajféleség homok, a humuszforma mullhumusz. A terület eróziótól, deflációtól mentes.

### *Növényzet*

A mérőhely közvetlen környezete erősen degradált, nagyrész intenzíven terjedő fajok és közönséges gyomfajok alkotják növényzetét. A mérőhely közvetlen közelében (50 m-es sugarú körön belül) a következő növényfajok vannak jelen: fehér akác (*Robinia pseudoacacia*), turkesztáni szil (*Ulmus pumila*), selyemkóró (*Asclepias syriaca*), betyárkóró (*Conyza canadensis*), bolondító beléndek (*Hyoscyamus niger*), átoktüske (*Cenchrus incertus*).

## **Bugaci mérőhely**

### *Általános leírás*

A szabad területi csapadékok észlelésre szolgáló mérőpontot a Bugac 0352/7 helyrajzi számú tanyahelyen (EOVX: 695077 EOY: 147518) alakítottam ki. A mérési pontot észak és nyugat felől a nagy-bugaci puszta, déli irányból egy nemes nyáras fasor, keletről pedig egy felhagyott szántó terület határolja (10. ábra). A mérőhelyet saját terepi bejárásaim, a Kiskunsági

Nemzeti Park Igazgatóság adatbázisa, valamint a helyi kerületvezető erdész elmondása alapján jellemzem a továbbiakban.



10. ábra: A bugaci mérőhely elhelyezkedése.

### *Klíma*

A bugaci mintaterület szintén erdősztepp klímába tartozik. Az átlag hőmérséklet  $11,4\text{ C}^\circ$ , az átlagos relatív páratartalom  $81,6\%$ , a fagyos napok száma  $90$ , az első fagy időpontja november 24-e, az utolsó fagy időpontja március 29-edike, az átlagos szélirány az észak-nyugati volt 2013. július 10-e és 2014. július 10-e között (Tóth Sándor mérési eredményeinek szóbeli közlése alapján).

### *Hidrológiai viszonyok*

Az átlagos talajvízszint mélysége  $4,53\text{ m}$ , tehát a növényzet kizárólag a csapadékvízből tudja kielégíteni vízszükségletét. A talajvízszint alacsony szintjét a 2013-as évben földgáz kutatása során kivitelezett mélyfúrások tovább csökkentették.

### *Talaj*

A mérőhelyen a talaj szűrőbotos mintavételezésének segítségével és helyszíni vizsgálatok alapján határoztam meg a fő talajtani adottságokat. A genetikai talajtípus gyengén humuszos homok, a fizikai talajféleség durva homok, a humuszforma mullhumusz. A terület deflációnak kitett.

### *Növényzet*

A mérőhely közvetlen környezetében (50 m-es sugarú körön belül) homokpuszta gyepre jellemző fajok találhatóak. Úgy, mint a homoki csenkesz (*Festuca vaginata*), homoki báránypirosító (*Alkanna tinctoria*) és a homoki árvalányhaj (*Stipa borysthenica*).

### ***Kunadacsi mérőhely***

#### *Általános leírás*

A szabad területi csapadék észlelésre szolgáló mérőhelyet a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság vagyonkezelésében lévő Kunadacs 68 TI1 egyéb részletben (EOVX: 668217 EOVS: 186470) alakítottam ki. A mérési pontot észak és nyugat felől fekete fenyő állományok, déli és keleti irányból pedig hazai nyáras erdőállományok határolja (11. ábra). A mérőhelyet saját terepi bejárásaim, méréseim alapján jellemzem a továbbiakban.



11. ábra: A kunadacsi mérőpont elhelyezkedése.

### *Klíma*

A kunadacsi mintaterület szintén erdősztyepp klímába tartozik. Az átlag hőmérséklet 10,5 C°, az átlagos relatív páratartalom 82,6%, a fagyos napok száma 94, az első fagy időpontja november 22-e, az utolsó fagy időpontja március 31, az átlagos szélirány az észak-nyugati volt 2013. július 10-e és 2014. július 10-e között.

### *Hidrológiai viszonyok*

A talajvízszint átlagos mélysége 4,11 m, tehát a növényzet kizárólag a csapadékvízből tudja kielégíteni vízszükségletét.

### *Talaj*

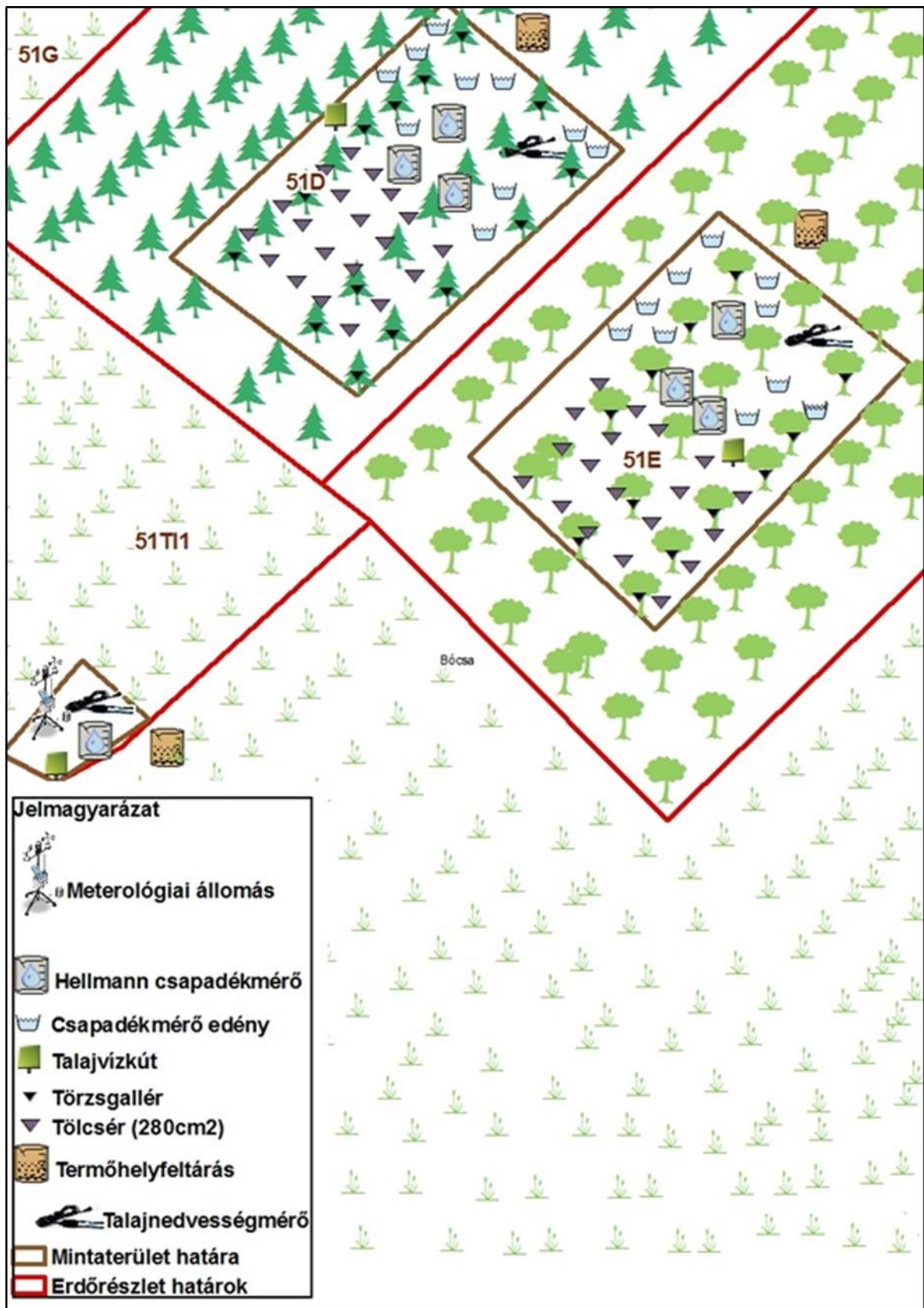
A mérőhelyen a talaj szűrőbotos mintavételezésének segítségével és helyszíni vizsgálatok alapján határoztam meg a fő talajtani adottságokat. A genetikai talajtípus gyengén humuszos homok, a fizikai talajféleség durva homok, a humuszforma mullhumusz. A terület deflációnak kitett.

### *Növényzet*

A mérőhely közvetlen környezetében (50 m-es sugarú körön belül) a bugaci és bócsai mérőhelyekhez hasonlóan a homokpuszta gyepe jellemző fajok találhatóak meg. Ezek: a homoki csenkesz (*Festuca vaginata*), homoki báránypirosító (*Alkanna tinctoria*).

## **3.2. Alkalmazott mérési módszerek**

Előjáróban a Bócsa községhatárában lévő erdőrészekben kialakított mérőrendszer felépítését szeretném bemutatni a 12. ábra segítségével, az áttekinthetőség kedvéért. Az erdőrészekben az 55X75 m-es mintaterületeket az erdőállományok átlagos famagassági, átlagos mellmagassági átmérő adatai, valamint fatermőképessége és egészségügyi állapota alapján jelöltem ki.



12. ábra: A mérőrendszer elhelyezkedése a bócsai mintaterületen.

A mintaterületeken alkalmazott egyes mérési módszerekre az alfejezet további részében részletesen kitérek. A kutatás során folytatott mérések adatgyűjtési időszakait a 13. számú táblázatban foglalom össze a könnyebb átláthatóság érdekében.

13. táblázat: Az alkalmazott módszerek adatgyűjtési időszakai.

<b>Alkalmazott módszer</b>	<b>Adatgyűjtés kezdete</b>	<b>Adatgyűjtés vége</b>
Szabad területi csapadék mérése	2012.03.30.	2015.03.31.
Intercepció és törzsi lefolyás mérése	2012.04.04.	2014.10.24.
Meteorológiai adatok gyűjtése	2012.01.01.	2015.03.31.
Talajvízszint mérése	2013.11.25.	2015.02.02.
Talajnedvesség kézi mérése	2013.12.31.	2015.03.17.
Talajnedvesség mérése mérőállomással	2013.09.01.	2014.05.01.

### **3.2.1. Szabad területi csapadékadatok gyűjtése**

A szabad területi csapadékok észlelését Hellmann-rendszerű csapadékmérő edények segítségével végeztem el a 2012. 03. 30-tól 2015. 03. 31-ig terjedő időszakban. A csapadékmérő átmérője 11 cm, a magassága 31 cm, mérőfelülete  $\sim 100 \text{ cm}^2$ , súlya 500g (9. kép). A mérőhengerekben egy  $30 \text{ cm}^2$  felületű mm beosztású, 200 ml köbtartalmú, műanyag mérőpoharat helyeztem el. Ezek segítségével mértem ki az aktuális, napi csapadékeseményeket. A 3.1. számú fejezetben korábban részletesen jellemzett öt mintaterületen napi szinten folyt a csapadék észlelése a reggeli órákban, lehetőség szerint minden nap ugyanabban az időpontban. Bócsán, Bugacon és Pusztaszeren saját magam végeztem a napi méréseket, Kunadacson és Balástyán külön észlelő volt a segítségemre. A hóvastagságot minden esetben vízszintes felületen mértem a napi észlelések során. A csapadékmérőket a téli időszakban hókereszttel láttam el. Ha a felfogó edényben hó vagy jég volt, akkor a csapadékmérőt meleg közegben helyeztem el, ahol a havat, illetve a jeget felolvasztottam.

Az egyes csapadékesemények észlelésében nagy segítségemre voltak a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság Erdészeti és Tervezési Osztályának kollégái is. Az egyes csapadékesemények kimérését napi szinten magam végeztem el.



9. kép: Hellmann-rendszerű csapadékmérő elhelyezkedése a balástyai mérőhelyen.

A mérőhelyek méréstechnikai környezetét szakirodalmi adatok alapján a következőképpen alakítottam ki. A mérőedényeket a földfelszíntől 1 m-es magasságban, vízszintesen helyeztem el, szem előtt tartva, minden irányból a 45°-os szabad beesési szöget.

A mérőhelyek megválasztásánál kerületem a túlságosan nyílt, szeles helyeket mivel az erős szélben a csapadékmérő belsejében és annak környezetében légörvény keletkezhet, így a műszer a kisebb méretű esőcseppek és hópeltyhek esetén kevesebbet mérhet a tényleges csapadéknál (Szlávik és mtsai 2002).

### **3.2.2. Intercepció és törzsi lefolyás mérése**

#### ***Koronaintercepció mérése***

Az intercepció méréseimet a Bócsa 51 D erdőrészletben, egy elegyetlen erdeifenyvesben és egy elegyetlen szürke nyáras (Bócsa 51 E erdőrészlet) faállományban végeztem, 2012. április 4. és 2014. október 24. közötti időszakban. Kontroll- vizsgálataimat, a kiválasztott erdőrészletek közvetlen közelében lévő erdei tisztáson (Bócsa 51 TII egyéb részletben) folytattam.

Az erdőrészletekben az 55x75 m-es mintaterületeket az erdőállományok átlagos fmagassági, átlagos mellmagassági adatai, valamint fatermőképessége és egészségügyi állapota alapján jelöltem ki. Az erdei mintaterületek megállapítása során a leromlott egészségügyi állapot miatt kialakult záródáshiányos foltokat is figyelembe vettem.

A mérőedények elhelyezését a mintaterületek faállományának törzsenkénti felvétele, mellmagassági átmérőjének és fmagasságának eloszlása, valamint az adott faállomány szerkezete (a törzsek minősége, ágszerkezete, a korona alakja és záródása) alapján határoztam meg.

Az ellenőrző mérések elvégzésére szolgáló mintaterület elhelyezkedését, az erdőrészletektől 100 m-es távolságban határoztam meg, mivel itt az erdőállomány hatása nem, vagy már csak

kismértékben érvényesül. A korábban szántóként művelt tisztáson (Bócsa 51 T11) jelenleg zárt homoki gyeppel van, ami természetközeli állapotot tükröz.

A kijelölt kontrollterületen BOREAS Meteo Global HI meteorológiai állomás és Hellmann-rendszerű csapadékmérő edény segítségével észleltem a szabad területi csapadék mértékét. A vizsgált erdőrészekben mintaterületenként, három darab,  $\sim 100 \text{ cm}^2$  mérőfelületű Hellmann-rendszerű csapadékmérő (egy a sorközben, egy sorban és egy záródáshiányos foltban kihe-lyezve, 1 m-es magasságban), húsz darab  $280 \text{ cm}^2$  felületű tölcsér (1x1 m-es kötésben kiala-kítva, 0,5 m-es magasságban), tíz darab  $100 \text{ cm}^2$  felületű mérőedény (véletlenszerűen elhe-lyezve, vízszintesen a talajszintbe süllyesztve) (10 kép).

A szürke nyáras faállományban csak a vegetációs időszakban, míg az erdeifenyves erdőrészlet esetében egész évben, még a nyugalmi időszakban is gyűjtöttem adatokat.

A kutatás során a mérőedényeket folyamatosan ellenőriztem, karbantartottam a mérési hibák csökkentése érdekében.



10. kép: A koronaintercepció mérése az erdeifenyves és a szürke nyáras faállományokban.



### ***Törzsi lefolyás mérése***

A törzsgallérok elhelyezésénél figyelembe vettem a mintaterületek faállományának mellmagassági átmérőjének és famagasságának eloszlását. Továbbá az adott faállomány szerkezete (a törzsek minősége, ágszerkezete, az egyes fák „szociális” helyzete) is fontos szempont volt a törzsgallérok kihelyezése során. A törzsi lefolyás méréséhez minden általam meghatározott átmérőcsoportba tartozó faegyedre igyekeztem törzsgallért felhelyezni, 1,4 m-es magasságban (11. kép). Mintaterületenként harminc törzsgallér segítségével mértem a törzsi lefolyás arányát a két erdőrésztletben. A törzsön lefolyó csapadékot műanyagpalackok segítségével gyűjtöttem össze.



11. kép: A törzsi lefolyás mérése az erdeifenyves és a szürke nyáras faállományokban.

A koronaintercepció mérésére szolgáló mérőedényekhez hasonlóan a törzsgallérokot is folyamatosan ellenőriztem, karbantartottam az adatgyűjtés időtartama alatt.

### **3.2.3. Meteorológiai adatok gyűjtése**

#### ***Meteorológiai adatok gyűjtése BOREAS Meteo Global HI meteorológiai állomással***

A kontrollterületként kijelölt Bócsa 51 T11 egyéb részletben létesítettem a meteorológiai adatok gyűjtésre szolgáló BOREAS Meteo Global HI meteorológiai mérőállomást (12. kép). Az állomás telepítését magam végeztem 2012. 01. 01-jén. A meteorológiai állomással 2012. 01. 01-től 2015. 03. 31-ig gyűjtöttem adatokat. Az állomás kalibrálását a forgalmazó BOREAS Fejlesztő és Szolgáltató Kft. végezte a S6-ReadStationRepair nevezetű szoftver segítségével a telepítés napján. A mérőműszerek kalibrálása közben bizonyosságot nyert, hogy meteorológiai állomás BSM-06 elnevezésű WaterMark talajnedvesség érzékelői nem kalibrálhatóak megfelelő pontossággal (1%), ezért a továbbiakban a műszer mérési eredményeit figyelmen kívül

hagytam. A műszer adatgyűjtőjét minden egész órában 5 másodperc időtartamú érzékelésre állítottam be.



12. kép: Meteorológiai állomás a Bócsa 51 TI1 erdőrésztben.

Az hőmérséklet és páratartalom adatok mérését BHS-06/AI analóg érzékelő segítségével valósítottam meg. A mérőeszköz beépített hőmérséklet- és páratartalom-érzékelőt tartalmaz, amelyek termikus kapcsolatban vannak egymással. Az érzékelő által gyűjtött adatokat mikrovezérlő dolgozza fel és továbbítja a meteorológiai állomás adatgyűjtője felé. A kalibrációhoz a hőmérséklet és a páratartalom értékek 10 pontból álló táblázatban voltak megadhatóak. A megadott kalibrációs értékek között a mikrokontroller lineáris regressziót alkalmazott. A kalibrációs pontokat, értékeket az Országos Meteorológiai Szolgálattól származó adatok képezték. A szenzor csatlakozó felülete RS-232 szabványhoz igazított. Az adatvonal és a tápvonal túlfeszültség elleni védelemmel van ellátva. Az antiradiációs kalap UV-álló fehér polikarbonátból készült. A kalap lemezeinek alsó részét feketére festették, hogy az árnyékolásból fakadó hiba  $0,1\text{ C}^\circ$  alatt legyen (Bálint Attila, Bodorics Zoltán és Nagy Zoltán szóbeli közlése alapján).

A szélirányt és a szélességet BHS-06/AI analóg szenzorral mértem a kutatásom során. A szélesség és a szélirány méréséhez klasszikus kialakítású anemométert és szélzászlót használtam. A két mérőeszköz az állomás tetején külön helyen helyezkedik el. Az anemométer házában infravörös opto-szagató a szélességgel arányos négyszögjelet ad le. A szélzászló házában lévő térérzékelő 1°-os pontossággal adja meg az aktuális szélirányt. Mivel a széliránymérő nem potenciométeres felépítésű, így nem található holtsektor az északi irány körül. Az állomás a szélmérő házban önálló mikrokontrollerrel van ellátva, ami mérési adatokat a meghatározott időperiódus szerint átlagolja és továbbítja az adatgyűjtő felé. A szenzor csatlakozó felülete itt is az RS-232-es szabványhoz igazított. Az adat- és a tápvonalak túlfeszültség elleni védelemmel rendelkeznek (Bodorics Zoltán szóbeli közlése alapján, <http://www.boreas.hu>).

A szabad területi csapadék mérésére BES-06 billenőkanalas csapadékmennyiség érzékelőt használtam. A csapadékmérő 100 cm<sup>2</sup> felületen, a Hellmann-rendszerű csapadékmérővel azonos felületen gyűjti össze a szilárd és cseppfolyós halmazállapotú csapadékot. A gyűjtőedény házában lévő billenőkanalas rendszer 2 ml-es egységekben méri az aktuális csapadékeseményeket. A billenőkanál minden egyes átbillenését az úgynevezett Hall-elem érzékeli, így a keletkezett elektromos jelet a szenzor a beépített mikrovezérlőnek továbbítja, mely az adatok feldolgozását és továbbítását végzi el. Az érzékelőbe épített fűtésrendszer kizárja a párolgási veszteségből származó pontatlanságokat. A csapadékszenzor belsejében beállított hőmérsékleti viszonyok szerint külön vezérlőegység osztja szét a fűtőteljesítményt a gyűjtőtölcsér és az gyűjtőedény között, 1%-os pontossággal. A szenzor csatlakozó felülete szintén RS-232-es. A műszer mm-es felbontásban, 0,1 mm-es pontossággal méri a csapadékot. A műszert az Országos Meteorológiai Szolgálat orgoványi mérőállomásának adatai és a S6-ReadStationRepair nevezetű program felhasználásával kalibráltam a BOREAS Fejlesztő és Szolgáltató Kft. képviselőjével közösen.

A globálsugárzást BIS-06/232 globálsugárzás érzékelővel mértem. A szenzor J/cm<sup>2</sup> dimenzióban méri a globálsugárzást. A műszer a beeső sugárzásmennyiséget folyamatosan összehasonlítja egy előrekalibrált küszöbértékkel. Ha az aktuális sugárzásteljesítmény nagyobb, mint a küszöbszint értéke az érzékelő növeli a globálsugárzás értékét. A szenzor által gyűjtött adatokat szintén egy mikrovezérlő dolgozza fel és továbbítja az állomás adatgyűjtője felé. A sugárzásérzékelő érzékenysége egyedileg kalibrált a S6-ReadStationRepair nevezetű szoftver segítségével. Az előre megadott kalibrációs értékek között a mikrovezérlő itt is lineáris regressziót alkalmaz. A kalibrációhoz szükséges értékeket az Országos Meteorológiai Szolgálat-

tól származó adatok képezték. A szenzor csatlakozó felülete RS-232 szabvány (<http://www.boreas.hu>).

Az általam használt meteorológiai állomásba épített adatgyűjtő: az EcoLogger Boreas adatgyűjtő kommunikációs alegység nélküli egység volt (13. kép). Az adatgyűjtő az állomás érzékelői által mért adatokat egységes rendszerbe szervezi, az érzékelőket irányítja, valamint a mért adatokat egységes formátumban előre meghatározott rekordszerkezetbe rendezi. Az adatgyűjtő beépített órája szerint a memóriájában tárolt eszköztáblázat alapján elvégzi a mérések vezérléséhez szükséges funkciókat. A megadott időpontokban a mérésindításra, a mérési időtartamra, az állapot-információkra és karbantartásra vonatkozó parancsokat küld az egyes érzékelők felé, valamint fogadja és a belső memóriájában tárolja kapott mérési- és állapotinformációkat (<http://www.boreas.hu>).

Az adatgyűjtőt óránként 5 másodperces mérési időtartamra programoztam. Az egység minden egész órában gyűjtötte az adatokat. Az adatgyűjtő akkumulátoros áramforrás vezérléssel van ellátva. Az áramellátást egy 12V feszültségű akkumulátor látja el, amelynek töltését, valamint a teljes mérőrendszer tápellátását 16V/AC kimenetű transzformátor, 15W teljesítményű nap-elem látta el. Az adatgyűjtőből soros-port segítségével lehetett az adatokat letölteni szövegfórmátumban. Az adatletöltéshez USB – soros-port átalakítót használtam, a Keyspan USA-19HS Driver nevezetű segédprogram támogatásával. A mért adatokat heti rendszerességgel olvastam ki az adatgyűjtőből.



13. kép: A meteorológiai állomás EcoLogger Boreas adatgyűjtője.

### 3.2.4. Talajvízszint mérése

#### *Talajvízszint kézi mérése*

A bócsai mintaterületeken három talajvízkút, a pusztaszeri mintaterületen két talajvízkút került kiépítésre (2013. november 21-án és 22-én). A kutak átlagos mélysége 483 cm, átmérője 6,3 cm, a kútperem átlagos magassága 32,6 cm. A monitoring kutak az illetékes vízügyi hatóságok által kiadott érvényes vízjogi üzemelési engedéllyel rendelkeznek. A kiépítés után az erdőrészetekben kialakított kutakat a kontrollterületeken lévő monitoring kutakhoz viszonyítva szüntem be. Így a továbbiakban a gyepterületeken lévő talajvízkutakhoz viszonyítottam az erdőben lévő vízszintjét a domborzati különbségek figyelembevételével. A mérések során a talajszintet vettem nullpontnak. A talajvízkutak vízszintjének kézi mérését 2013.11.25-től 2015.02.02.-ig terjedő időszakban, mm-es beosztású Dataqua, DA-OP LED diódás, kézi vízszintmérővel (14. kép) végeztem. A talajvízszint kézi mérését a fenti időintervallumban heti rendszerességgel mértem, azokban a periódusokban, amikor az automata talajvízszint mérő rendszer nem üzemelt kötelező karbantartás, illetve meghibásodás miatt. A kézi talajvízszint észleléseket kiegészítő mérésenként alkalmaztam a további adathiány elkerülése érdekében. Az egyes kutak heti mérési adatai minden esetben négy egymás utáni mérés matematikai átlagából származnak.



14. kép: Talajvízszint mérése DA-OP kézi vízszintmérővel (Pusztaszer 6 A erdőrészetben).

### ***Talajvízszint mérése Dataqua, DA-LUB 222 nyomásszonda és HYGR adatgyűjtő segítségével***

A talajvízszint mérését 2013.11.25-től 2015.02.02.-ig végeztem, Dataqua, DA-LUB 222 talajvíz nyomásérzékelők egységek és az EWS Bt. által gyártott HYGR datalogger adatgyűjtő egységek segítségével. A mérőállomások meghibásodásakor, illetve azok karbantartási időszakában heti rendszerességű kézi méréseket hajtottam végre. Így hidaltam át az automaták leállása révén keletkezett adathiányos időszakokat.

A nyomásérzékelő szenzorokat a talajvízkutak fenékszintjére telepítettem el. Az érzékelő átmérője 22 mm, hossza 128 mm, folyadékba merülő, IP68-os kivitel korrózióálló acélházban. A műszer mérési pontossága  $\pm 0,2\%$ . A szenzor tömörített, fix bekötésű, árnyékolt elektromos jel- és légköri nyomás kiegyenlítő polietilén légző kábellel van ellátva (<http://www.dataqua.hu>).

A talajvízszint mérését vezérlő adatgyűjtő: a HYGR datalogger adatgyűjtő egység volt (15. kép). Az adatgyűjtő a meteorológiai állomás vezérlőjéhez hasonlóan a szenzorok által mért adatokat rendszerezi, az érzékelőket irányítja és a mért adatokat egységes formátumban előre meghatározott szerkezetbe tárolja. Az adatgyűjtő saját, előre beprogramozott órája szerint, a memóriájában tárolt beállítások alapján elvégzi el a mérések vezérléséhez szükséges feladatokat. Az előre megadott időpontokban a mérések indítására, a mérések időtartamára vonatkozó parancsokat továbbítja az egyes érzékelők irányába. Az adatgyűjtő fogadja és a belső memóriájában tárolja kapott mérési adatokat (Nagy József szóbeli közlése alapján). Az adatgyűjtők, a szenzorok és az akkumulátorok 25X40 cm-es zárható, időjárásálló fémháza lettek elhelyezve.



15. kép: Nyomásérzékelő egység bekötése a HYGR datalogger adatgyűjtőbe.

Az adatgyűjtők (összesen 5 db.) 2 percenként végeztek méréseket, minden alkalommal 5 másodperces mérési időtartam alatt. Majd az adatgyűjtő a 2 percenként gyűjtött adatokból a 15 percenkénti átlagot tárolta szövegfórmátumba. Az adatgyűjtő akkumulátoros áramforrás vezérléssel van ellátva. Az áramellátást egy 18 mAh-ás teljesítményű akkumulátor látta el. Az akkumulátorokat háromhavonta kellett újratölteni. Az adatletöltéshez USB – soros-port átalakítót használtam, a Keyspan USA-19HS Driver nevezetű segédprogrammal. Az adatokat egyszerű szövegfórmátumba lehetett kinyerni az adatgyűjtőkből. A mért adatokat heti rendszerességgel olvastam ki az adatgyűjtőből. A mérőállomásokat adatainak hitelességét az EWS Bt. által gyártott HYGWin nevezetű szoftver kalibrációs panelje és közvetlen manuális mérések segítségével ellenőriztem (16. kép).



16. kép: A mérőállomás szoftveres kalibrációja a pusztaszeri kontrollterületen.

### 3.2.5. Talajnedvesség mérése

#### *Talajnedvesség kézi mérése*

A talajnedvesség kézi mérését a Kapacitív Kkt. által gyártott PT-1 digitális talajnedvesség-mérő egységgel végeztem el (17. kép). Méréseket a bócsai és pusztaszeri erdőrészeletekben és kontrollterületeken, összesen 5 mintaterületen végeztem 2013.12.31-től 2015.03.17-ig.

A mérőszondát a gyártó műszaki leírásában TDR-rendszerűnek (Time Domain Reflectometry) jelölte meg. A TDR talajnedvesség-mérési metodika elvi lehetőségét Fellner-Feldegg írta le 1969-ben. A módszer mérési elve a következő: az impulzusgenerátor segítségével egy nagyfrekvenciájú jelet bocsátanak ki a talajba, ami a mérőszondán végighaladva, majd annak végén a fellépő ellenállás miatt visszaverődik. A jel mérőfelületbe való belépése és az érzékelő végéről történő visszaverődése között eltelt időből meghatározható a talaj dielektromos állandója (Rajkai 2004). Az egyes talajréteg látszólagos dielektromos állandója és az adott talajréteg térfogatszázalékos nedvességtartalma között több talajjellemző alapján egységes kapcsolat feltételezhető, tehát a mérési módszert alkalmazható a talajnedvesség meghatározására (Topp és mtsai. 1980, Topp és Davis 1985).

A hordozható talajnedvesség-mérő a különböző laza talajfajták (pl.: homok) terepi nedvesség-égének meghatározására alkalmas. A műszer mérési tartománya 2-31 V/V%. Az áramforrást két 9 V-os telep biztosítja. A mérőszonda átmérője 12 mm, teljes hossza 100 cm, tömege 1,4 kg (<http://www.kapacitiv.hu>). Az érzékelő egy tizedes jegy pontosságú mérésre képes maximum 80 cm-es talajréteget lefedve. A talajnedvesség pontos meghatározását a gyártó csak a 80 cm mélységű talajréteg mérésekor garantálja, mivel a légköri nedvesség is befolyásolhatja a mérések eredményét. Így minden egyes észlelés esetében a 80 cm vastagságú talajréteg mérését céloztam meg. A talajnedvesség kézi mérését a fenti időintervallumban heti rendszerességgel mértem. A kézi talajnedvesség észleléseket kiegészítő mérésként alkalmaztam az automata talajnedvesség-mérőállomások mérési adatainak kiegészítéseként. Az egyes mintaterületeken a heti mérési átlagadatok minden esetben négy egymás utáni mérés matematikai átlagából származnak. Nagy pontosságú mérések elvégzéséhez a TDR-rendszerű műszer esetében szükség van az érzékelő adott talajtípusra történő kalibrációjára (Rajkai 2004). A szonda kalibrációját alapvetően homok fizikai talajféleségre, a Kapacitív Kkt. által kidolgozott száraz és nedves teszt, illetve adott talajmennyiség tömegmérésein alapuló úgynevezett szárító szekrényes eljárása alapján végeztem el a gyártó telephelyén.





17. kép: A kézi talajnedvesség mérésekhez használt PT-1 digitális mérőegység.

#### ***Talajnedvesség mérése HOBÓ MicroStation mérőállomás segítségével***

Talaj nedvességtartalmának meghatározására jelenleg több mérési módszer is alkalmazható. A korábban leírt TDR-rendszerű mérőszondák mellett rendelkezésre állnak az FDR-rendszerű (frequency domain reflectometer) Campbell nedvességtartalom mérő műszerek (Ruelle és Laurent 2008). A módszer mérési elvnek lényege, hogy az impulzusgenerátor nem csak jelet bocsát ki és annak az elektródán való végighaladási ideje alapján dolgozik, hanem a generátor egy következő jelet is kibocsát és annak kibocsátási idejét vagy a periódus idejét meghatározva adja meg az aktuális talajréteg nedvességtartalmát. Ezt a mérési módszert viszont az adott talajréteg jellemzői is befolyásolhatják, ilyenek lehetnek a talajréteg hőmérséklete, az elektromos vezetőképessége és tápanyagtartalma. A Frequency Domain (FD) talajnedvesség érzékelő eszközök a talaj nedvességtartalmával összefüggő dielektromos állandó segítségével adják meg a talajnedvesség értékét (Hilhorst 1998).

Az FDR és FD-rendszerű műszerek esetében is fontos az érzékelő pontos kalibrációja a kiválasztott talajtípusnak megfelelően (Rajkai 2004).

A talaj nedvességtartalmának meghatározására szárítószeletrényes vagy gravimetriás elv alapján is van lehetőség (Buzás 1988). A módszer alkalmazása során egységnyi talajminta térfogat százalékos nedvességtartalmának meghatározását lehet elvégezni.

A talajnedvesség észlelését automata mérőállomás segítségével három helyszínen, Bócsa 51 TII tisztáson, mint kontrollterületen, valamint Bócsa 51 D erdeifenyvesben és Bócsa 51 E hazai nyáras erdőrészletekben. Az automatizált talajnedvesség méréseket az Onsetcomp által gyártott HOBO MicroStation adatgyűjtővel és Decagon 10 HS talajnedvesség szenzorok (12 db.) felhasználásával végeztem el 2013.09.01. és 2014.05.01. közötti időszakban.

A három mérőállomást a korábban kijelölt mintaterületeken állítottam be a bócsai erdőrészletekben. Állomásonként négy érzékelőt helyeztem a talajba (18. kép), négy rétegben (1. talajréteg: 0-25 cm, 2. talajréteg 25-50 cm, 3. talajréteg 50-75 cm, 4. talajréteg 75-100 cm). Az érzékelőket minden egyes réteg közép pontjában szúrtam be vízszintesen, így a mérések az adott talajréteg jellemző nedvességtartalmát adják.



18. kép: A Decagon 10 HS szonda telepítése Bócsa 51 TII részletben.

Az érzékelő egy liter talajmennyiségének tudja meghatározni a nedvességtartalmát térfogatszázalékban kifejezve, egy tizedes jegy pontossággal. A szenzor súlya 190 g, hossza 10 cm, 5 m-es két eres UTP-kábellel szerve van szerelve (<http://www.onsetcomp.com>).

A műszer elektromos jeleket továbbít az érzékelő tűskéibe, majd azok egy elektromos mezőt hoznak létre a talajban. Az elektromos jel fázisszög megváltozásával arányos feszültséget érzékel a műszer. A fázisszög a dielektromos állandóval van kapcsolatban, az pedig összefüggésben áll a talajnedvesség tartalmával (<http://www.onsetcomp.com>, Hagyó 2009).

Az automata talajnedvesség-mérők kalibrációját a gyártó által megadott kalibrációs útmutató alapján végeztem el. A szondák kalibrációját az úgynevezett száraz és nedves teszt során a mért értékek kalibrációs táblázatban szereplő küszöbértékeinek segítségével kellett megvalósítani. A szenzorok pontosságát többszöri gravimetriás, szárítószekrényes nedvességtartalom

meghatározással (a talajminta 105 C°-on való szárításával, a súlyállandóság eléréséig) is ellenőriztem a KEFAG Zrt. talajtani laboratóriumában.

A talajnedvesség mérését szervező adatgyűjtő a HOBO MicroStation datalogger adatgyűjtő egység volt (19. kép). Az adatgyűjtő a négy szenzor által mért adatokat rendszerezi, irányítja azokat és a mért adatokat egységes formátumban önti, valamint tárolja a beépített memóriájában. Az adatgyűjtőben lévő óra szerint, a memóriájában eltárolt beállítások alapján elvégzi a mérések vezérléséhez szükséges munkafeladatokat. A megadott időpontokban a mérések indítására, a mérési időtartamra vonatkozó parancsokat továbbítja a megadott szenzor irányába. A három adatgyűjtő óránként végezett méréseket. Mérésenként 5 másodperces mérési időtartamot határoztam meg a nedvességtartalom érzékelésére. Az adatgyűjtő akkumulátoros áramforrás vezérléssel van ellátva. Az adatgyűjtő kis mérete (8,9 x 11,4 x 5,4 cm) miatt könnyen kezelhető. Minden adatgyűjtőt külön műanyagdobozban helyeztem el a földszint alá, nem kívánatos fizikai behatások elkerülése érdekében. Az áramellátást 4 db. AA alkáli elem látta el. Az akkumulátorok élettartam hat hónap volt átlagosan. Az adatgyűjtő kimenete szabványos 3,5 mm-es port. Az adatok letöltésére USB – soros-port átalakítót alkalmaztam, a Keyspan USA-19HS Driver nevezetű segédprogrammal támogatva. Az adatokat egyszerű szöveg formátumba lehetett kinyerni az adatgyűjtőkből. A mért adatokat heti rendszerességgel olvastam ki az adatgyűjtőből. A "hproj" fájlformátumban letöltött adatokat a Hoboware Pro 3.4.1. szoftver kezeli.



19. kép: A HOBO MicroStation adatgyűjtő.

### 3.2.6. Az élőhelyek diverzitásának vizsgálata

Az akácos, az erdeifenyő, szürke nyáras és a kontrollterületként kijelölt két gyepterület védett növény- és állatfajait több terepi bejárás alkalmával mértem fel. A mintaterületek természetességét  $\beta$  diverzitás, vagy fajazonossági vizsgálat alapján hasonlítottam össze. Vizsgálatomban a diverzitás mérőszámát az adott mintaterület fajszáma adta. A területek közötti diverzitást így fajokkal jellemeztem. A kijelölt mintaterületek azonos fajainak arányát a bináris adatokon alapuló Jaccard-féle fajazonossági index segítségével állapítottam meg (Raup és Crick 1979):

$$d_{jk} = M / (N + M)$$

ahol M: a közös fajok száma

N: csak az egyik közösségben előforduló fajok száma.

### 3.3. Adatok feldolgozása

#### 3.3.1. A kézi mérések adatfeldolgozása

A mérési adatokat adatlapon rögzítettem minden terepi kiszállás alkalmával. A mérések során keletkezett adatokat Microsoft Excel 2010 táblázatkezelő segítségével dolgoztam fel. A gyűjtött adatokhoz minden esetben hozzárendeltem a mérés dátumát. Az adatokat a táblázatkezelő szoftverben grafikonon ábrázoltam, így a hibás adatokat könnyen ki tudtam szűrni az adatbázisból. (Hibás adatként értelmeztem a kiugróan magas és a negatív előjelű értékeket).

A koronaintercepció meghatározását a szabadterületi, a lombkoronán áthulló csapadék mennyisége és a törzsön lefolyó csapadékvíz mennyisége alapján számoltam ki. A szabadterületi csapadékból kivontam az áthulló csapadék és a törzsön lefolyó csapadékvíz összegét, így kapom meg a talajt el nem ért csapadékvíz, azaz az intercepció mennyiségét. Az állományi csapadékot az áthulló és a törzsön lefolyó víz milliméterben kifejezett összegéből kaptam. A törzsi lefolyást a koronavetület figyelembevételével számítottam (a mintaterületeken szinte az összes törzsre törzsgallért helyeztem el).

Az intercepció és a törzsi lefolyás mértékét csapadék-eseményenkénti bontásban fejeztem ki a mért adataim alapján. A terepi adatlapokon rögzített értékek matematikai átlagát vettem figyelembe az intercepció és a törzsön lefolyó vízmennyiség meghatározásához.

A szabad területen mért csapadékadatokat, kézi TDR-rendszerű talajnedvesség-mérővel rögzített adatokat és a kézi vízszintmérés adatait dátum szerint rendezve a fent megjelölt táblázatkezelő programmal rendeztem adatbázisba. A terepen felvett talajnedvesség- és talajvízadatoknak szintén a matematikai átlagát vettem, hogy a továbbiakban feldolgozott adatként ezeket az adatsorokkal fejezzem ki az egyes mérési módszerek eredményeit.

### **3.3.2. Adatfeldolgozás S6-ReadStation segítségével**

A program a mérési adatok és a szenzorokkal kapcsolatos előrejelzések megjelenítését, illetve az adatgyűjtő és érzékelők konfigurálását szolgálja. A program szabadon letölthető a boreas.hu weboldaltól, de az „adatfeldolgozó-megjelenítő” programcsomag csak megfelelő kulcsállomány, illetve felhasználónév és jelszó birtokában használható (<http://www.boreas.hu>). Ezek beszerzéséhez BOREAS Fejlesztő és Szolgáltató Kft. segítségét kértem. A 32 bites Windows verziójú program automatikus önkicsomagolású. A PC alapú programcsomagot külön letöltés után lehet telepíteni USB kábel vagy IrDA kapcsolat segítségével, valamint telepítése utáni a program indításához és a rendszer hibák kiszűréséhez további a program-kiegészítéseket is kell aktiválni a PC-n. Ahhoz, hogy Windows 2010 platformon is működjön a programcsomag, használatához Windows alatt telepíteni kell a GTK futtatókörnyezetet (GTK Runtime). A szoftvert magyar nyelvű verziójának működéséhez a GTK környezet telepítésekor a „Full Install” opciót kell választani.

A mikrovezérlős eszközhöz való kapcsolódást USB – soros-port átalakítóval valósítottam meg, a Keyspan USA-19HS Driver elnevezésű segédprogrammal megtámogatva. A S6-ReadStation szoftver az adatgyűjtőből kiolvasott adatokat egy sajátos rekordszerkezetben tudta csak megjeleníteni és a kiolvasott egyszerű szöveg formátumú adatsor első lépésben nem volt a Microsoft Excel 2010 táblázatkezelő szoftver számára értelmezhető (a kiegészítő programcsomag ellenére sem), így egyszerű segédprogramot írtam az adatok további feldolgozásának érdekében. Az átalakító program C# nyelven íródott .NET keretrendszerben. A segédprogram egy előre megadott algoritmus alapján olvassa be a .txt fájlformátumban tárolt nyers adatsort egy már pontosan másolható, rendezett tartalommal jellemezhető .dat fájlformátumba. A már előfeldolgozáson átesett meteorológiai adatokat irányított beillesztéssel (tabulátoros tördelés és számos kiegészítő karakter cseréje segítségével) lehetett a táblázatkezelő számára értelmezhetővé tenni. A hibás mérési adatok kiszűrésére, az adatsorokat a táblázatkezelő

programban grafikonon ábrázoltam, így a pontatlanul mért adatokat könnyen lehetett azonosítani.

### **3.3.3. Adatfeldolgozás a HYGAWin szoftver segítségével**

A HYGAWin elnevezésű program állt rendelkezésemre az automatizált talajvízszint mérési adatainak előfeldolgozásához. A program a mért adatok és az érzékelőkkel kapcsolatos aktuális műszaki állapot egyszerű megjelenítését, valamint az adatgyűjtők és érzékelők konfigurálását végzi el. Hasonlóan az előbb részletezett S6-ReadStation nevű szoftverhez ez alkalmazás is lehetőséget biztosít a mérési eredmények átlagolására, a mérési gyakoriság beállítására, figyeli az érzékelő állapotát és jelzi akkumulátor feszültségét. A nyomássonidák pontos beállítására a program kalibrációs panelje kínál lehetőséget. Az adatgyűjtőkhöz a csatlakozást szintén USB – soros-port átalakítóval valósítottam meg, a Keyspan USA-19HS Driver elnevezésű segédprogrammal kiegészítve. A program az adatgyűjtőkből kiolvasott mérési adatokat egy előre leprogramozott környezetben jeleníti meg, egyszerű szöveg formátumú adatsorok képében. Mivel a .txt formátumban csak minimális előfeldolgozásra volt lehetőségem, az adatállományt első lépésben a Microsoft Excel 2010 táblázatkezelő szoftver számára értelmezhető formában kellett beágyazni. A mérési adatokat irányított beillesztéssel (tabulátoros tördelés és számos kiegészítő karakter cseréje segítségével) lehetett a táblázatkezelő szoftver számára kezelhetővé tenni. Az adathalmazt a táblázatkezelő alkalmazásban grafikonon ábrázoltam, a hibás adatokat így könnyen ki tudtam szűrni az adatsorokból.

### **3.3.4. Adatfeldolgozás HOBOWare Pro 3.4.1. segítségével**

Az automatizált mérésekből származó talajnedvesség-adat előfeldolgozását az Onsetcomp-tól megvásárolható, HOBOWare Pro 3.4.1. szoftver segítségével végeztem el. Az alkalmazás a mérési adatok és a szondákkal kapcsolatos visszajelzések megjelenítéséért, valamint az adatgyűjtő és a négy bekötött érzékelő konfigurálásáért felelős. Az alkalmazás igényes, sokoldalú és könnyen kezelhető, telepítéséhez és futtatásához nem szükséges további kiegészítő programcsomagok háttérműködtetése, így nagyban megkönnyíti a terepi adatok előfeldolgozását. A szoftver indításakor az első felugró panel segítségével lehetőségünk van ellenőrizni a csatlakoztatott érzékelők állapotát, egyenként tudunk velük próbaméréseket végezni, ha éppen nem az előre beállított mérési időszakban dolgozik az állomás. A panelon lévő „Manage” menü-

pont lehetőséget biztosít az aktuális adatgyűjtő beállítására. Ugyanitt tudjuk leellenőrizni az akkumulátorok töltöttségének szintjét. A „Plot” opciót választva juthatunk el a betöltött adatsorok megjelenítéséhez. Ezen a felületen lehetőségünk van a műszer kalibrációjára, az adatsorok kiexportálásra, az SI mértékegységrendszer megadására, a csatlakoztatott adatgyűjtő kiolvasására és elindítására, az aktuális adatgyűjtő ismételt ellenőrzésére, több adatsor összefűzésére, a mérési adatok konvertálására és megjelenített grafikon formázására. A „statisztikai eszköz” segítségével vizsgálhatjuk egy számunkra tetszőlegesen kiválasztott időszak nyers adatait. A szoftver nagy hiányossága, hogy a 3.4.1-es verziója kizárólag az Onset DTF adatfájlokat és az Onset Project (.hproj) fájlokat képes betölteni, más fájlformátumok importálása, vagy társítása nem lehetséges benne.

Az alkalmazás a mért adatokat saját formátumában (Onset DTF adatfájlként) tárolja, de adattisztítást, hibaszűrést nem tud végrehajtani, így csupán adatrögzítő és adatmegjelenítő funkciókat képes ellátni. Az előfeldolgozáson átesett adatsorokat a szoftverből kiexportáltam .csv fájlformátumban, amely az egyszerű szövegfórmátumhoz hasonló, de az adatsorok megfelelő tördelése után a Microsoft Excel 2010 táblázatkezelő számára azonnal értelmezhető. Az adatsorokat a táblázatkezelő szoftverben grafikonon ábrázoltam, ezzel a hibás adatokat könnyen ki tudtam szűrni az adatbázisból.

### 3.3.5. Vízháztartás vizsgálata hagyományos módszer segítségével

A továbbiakban röviden összefoglalom munkám során alkalmazott, az erdei vízháztartás kifejezésére szolgáló módszerek lényegét, különös tekintettel a síkvidéki, határtermőhelyken álló erdőállományokra fókuszálva. Egy adott erdőterület vízháztartása a következő egyenlettel írható fel, amelyet a vízháztartási mérleg egyenlegének tekinthetünk (Szász és Tőkei 1997):

$$\Delta S = (C_{SM} + C_{Sm} + H_f + H_{fa} + K) - (P + E_f + E_{fa} + Sz + I)$$

(maradéktag)      (bevételi tagok)      (veszetségi tagok)

ahol az egyenlet változói:  $\Delta S$ : A vizsgált talajréteg vízkészlet-változása  
 $C_{SM}$ : A hulló csapadék  
 $C_{Sm}$ : A mikrocsapadék  
 $H_f$ : A felszíni hozzáfolyás  
 $H_{fa}$ : A felszín alatti hozzáfolyás

K: Kapilláris úton felemelt vízmennyiség

P: Párolgás, amely a növényi transzspiráció és a talajfelszín evaporációja (evapotranszspiráció)

$E_f$ : felszíni elfolyás

$E_{fa}$ : felszín alatti elfolyás

Sz: Mélybeszivárgás

I: Intercepció (a lombkorona és az avartakaró intercepciós vesztesége)

A mikrocspadék értékét ( $C_{sm}$ ) általában hidrológiai szempontok alapján elhanyagolható tagként értelmezik az egyenlet megoldása során. Az általam is vizsgált síkvidéki, homokhátsági erdőállományokban a felszíni és felszín alatti hozzáfolyás ( $H_f$ ,  $H_{fa}$ ), valamint a felszíni és felszín alatti elfolyás ( $E_f$ ,  $E_{fa}$ ) mértéke, illetve a kapilláris vízemelés (K) alapesetben szintén elhagyható lehet, mivel a talajvízszint sekély, kedvezőtlen alakulású. Azon faállományok esetében, melyek a talajvízből tudnak vizet felvenni a bevételi tagok között számolni kell a kapilláris úton felemelt vízmennyiséggel is. A sekély talajvízszinttel jellemezhető erdőterületeken a mélybeszivárgás (Sz) a talajvíz csapadékból történő utánpótlódását adja (a vízháztartási egyenletről maradéktagként állapítottam meg), melyet a talajvíz-készletváltozás ( $\Delta S$ ) részeként értelmezhetünk. Így síkvidéki erdők, sekély talajvízű erdőállományok esetében a fenti egyenlet következőképpen egyszerűsödik, amennyiben a vizsgált talajréteg a talajvizet is magába foglalja (Gácsi 2000, Móricz 2011):

$$\Delta S = (C_{SM}) - (P + Sz + I)$$

A kutatásom során a hulló csapadékot ( $C_{SM}$ ) és az intercepciót (I) mértem (talajnedvesség és talajvízszint, valamint egyéb meteorológiai adatok gyűjtése mellett). Az egyenletet csapadékmentes időszakokra felírva az intercepció és a mélybeszivárgás értéke kiesik, így a talaj nedvességkészletének változása az evapotranszspiráció értékével egyenlő (Moltschanow 1957, Gácsi 2000).

A faállományok talajvízfelvételének mennyiségét a White-féle módszer segítségével határoztam meg a 2014-es vegetációs időszakra vetítve (White 1932, Loheide és mtsai 2005; 6. számú melléklet).



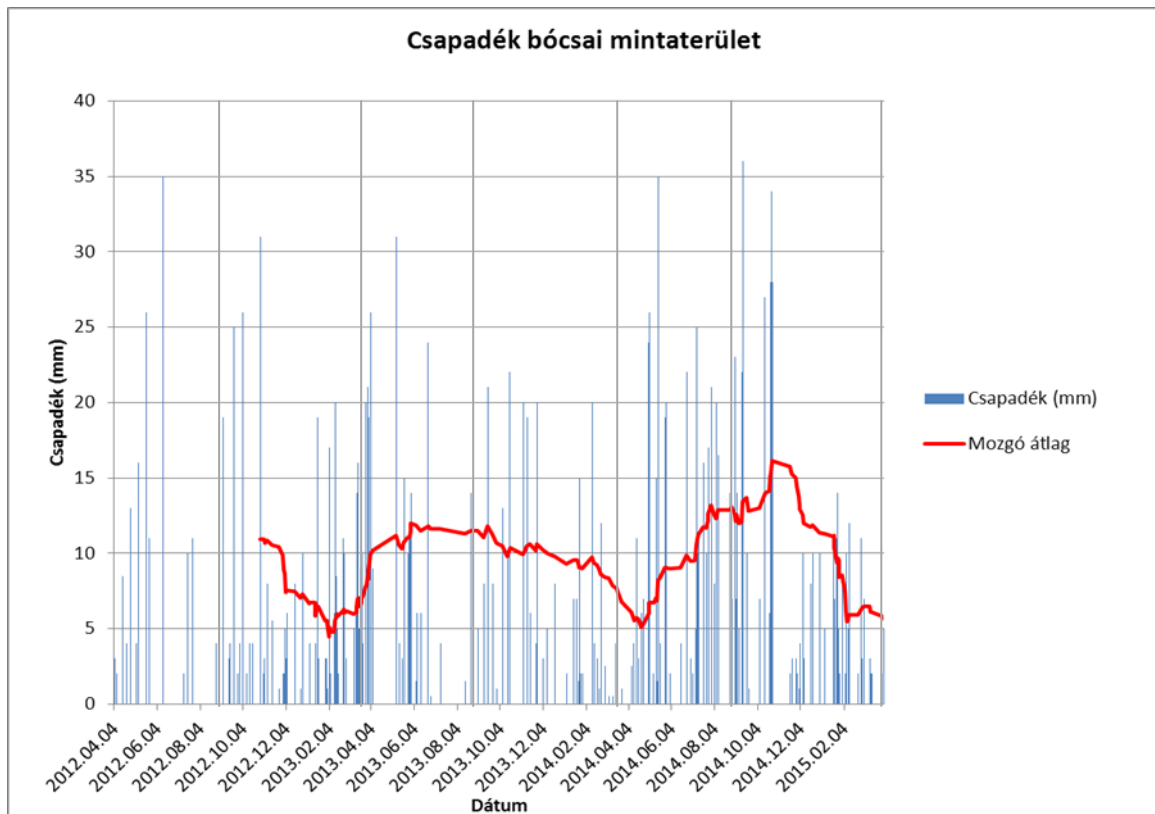
## 4. Eredmények

Ebben a fejezetben az általam elvégzett kézi és automatizált mérések eredményeit és azok felhasználásával történő számítások eredményeit mutatom be, illetve értékelem. Az időfüggvényű ábrákon (a könnyebb értelmezhetőség kedvéért) a vegetációs időszak kezdetét és végét minden esetben szürke függőleges vonalazás segítségével jelöltem, így különítettem el az a nyugalmi időszaktól.

### 4.1. Szabad területi csapadék

A 2012 tavaszán kialakított, 2012.03.30-tól 2015.03.31-ig terjedő időszakban üzemeltetett szabad területi csapadék kézi mérésére szolgáló hálózat mérési eredményeit ismertetem a következőkben. Referenciának az Országos Meteorológiai Szolgálat orgoványi, szegedi és kunszentmiklósi adatait tekintettem.

A bócsai mintaterületen mért szabad területi csapadék alakulásáról (13. ábra) a következő megállapításokat tehetjük. A fenti mérési időszakban az éves csapadékösszeg a 2013-ben 674 mm, 2014-ben pedig 821 mm volt. Ezek az értékek a sokéves átlagot jóval meghaladják.

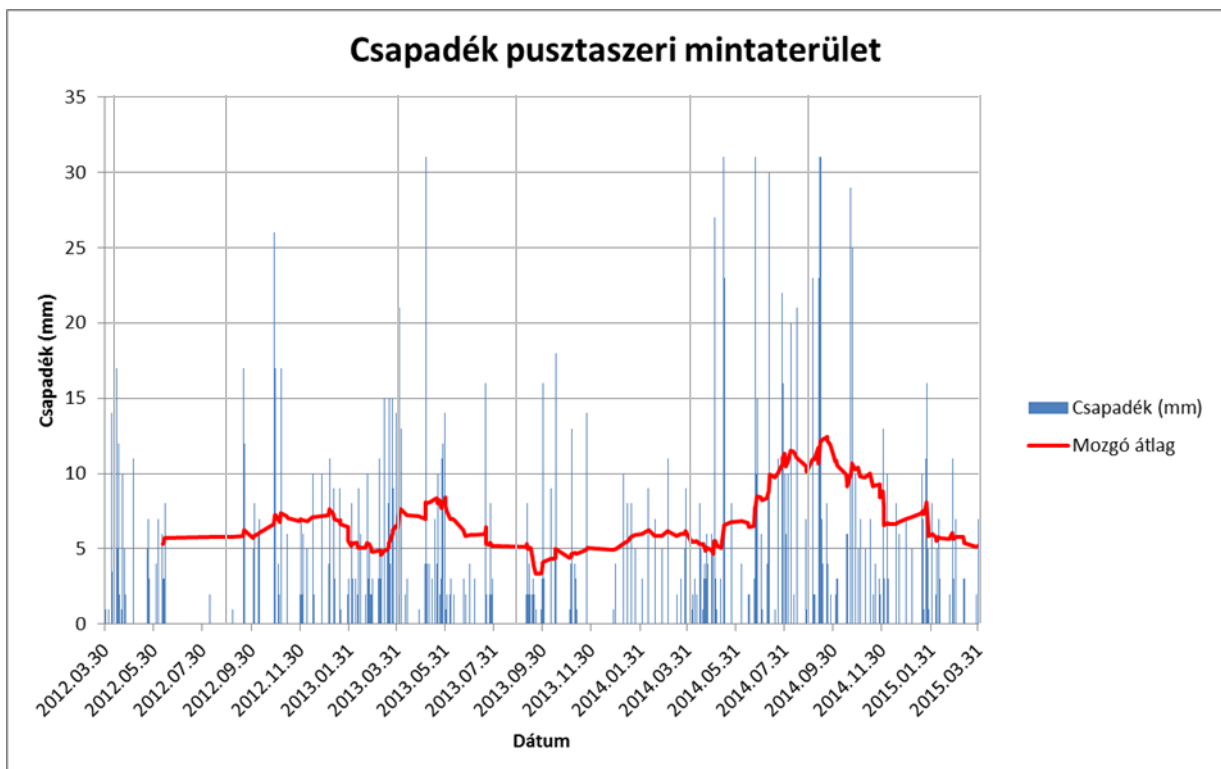


13. ábra: A szabad területi csapadék alakulása Bócsa 51 T11 mintaterületen.

Ezzel szemben a csapadék eloszlása nem mondható mindig egyenletesnek. 2013 áprilisában és júliusában, valamint 2014 júniusában több hetes csapadékmentes időszak volt a jellemző. Érdekességként megemlíthető, hogy a téli hónapokban mért csapadékösszegek igen nagy változatosságot mutatnak (pl.: 2013 decemberében összesen 16 mm, 2015 januárjában 56 mm csapadék hullott). A csapadékesemények közül a 2012. június 12-ei 35 mm és a 2014. szeptember 13-ai 36 mm összegek voltak a legkiemelkedőbbek.

A vegetációs időszakban (március 31-től augusztus 31-ig) 2012-ben 149 mm, 2013-ban 224 mm és 2014-ben 428 mm csapadék hullott le. A 2012-es és a 2014-es évekre vonatkozóan, a tenyészidőszakban kimutatott csapadékösszegek között jelentős különbség tapasztalható: 2014-ben közel háromszor annyi csapadék érkezett a vegetációs időszakban, mint 2012-ben.

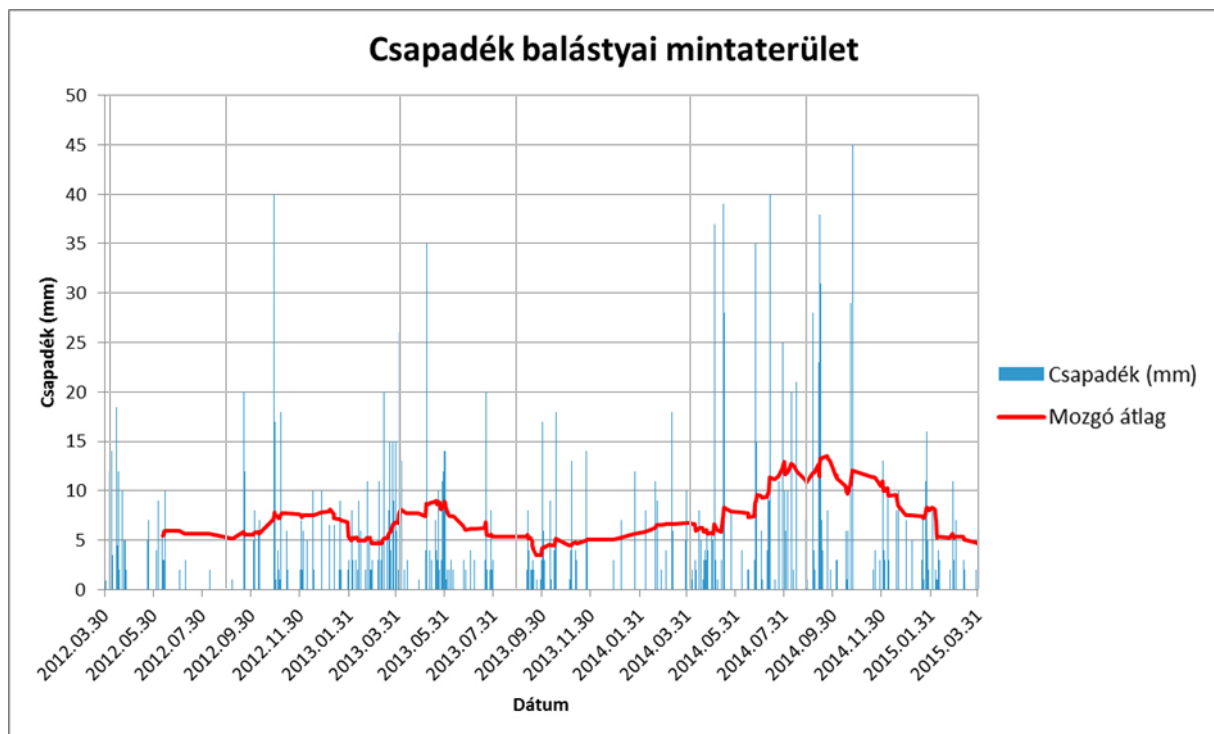
A pusztaszeri mintaterületen észlelt csapadékesemények megoszlását 14. ábra segítségével mutatom be. A mérési időszakban az éves csapadékösszeg a 2013-ban 589 mm, 2014-ben pedig 807 mm volt. A 2013-as adat a sokéves átlagnak megfelelően alakul, viszont a 2014-ben hullott csapadékösszeg, a bócsai mintaterülethez hasonlóan azt jóval meghaladja.



14. ábra: A szabad területi csapadék alakulása a pusztaszeri mintaterületen.

A csapadékok eloszlása itt sem mondható kiegyenlítettnek. 2013 márciusában, áprilisában és júliusában, valamint 2014 júniusában is hosszú, akár 25 napos, csapadékmentes időszakok is tapasztalhatóak voltak. A téli hónapokban mért csapadékösszegek ebben az esetben is nagy változatosságot mutatnak (pl.: 2013 decemberében mindössze 5 mm, 2015 januárjában 58 mm csapadék hullott). A legcsapadékosabb periódusként 2014 őszét jelölhetjük meg, amely során két egymást követő napon összesen 62 mm csapadék hullott le. A vegetációs időszakban (március 31-től augusztus 31-ig) 2012-ben 145 mm, 2013-ban 225 mm és 2014-ben 407 mm csapadék hullott le. A tenyészidőszakban mért csapadékösszegek a bócsai mérőhelyhez hasonlóan nagy változatosságot mutatnak.

A balástyai mintaterületen kialakított csapadék mérőrendszer segítségével észlelt csapadékesemények alakulását 15. ábra mutatja be. A szabadterületi csapadék észlelésére egységesen kijelölt mérési intervallumban az éves csapadékösszeg a 2013-ban 592 mm, 2014-ben viszont 781 mm volt. A 2013-as éves összeg a sokéves átlagnak megfelel, a 2014-ben lehullott csapadék összege, az előző két mintaterülethez hasonlóan az átlagot jóval meghaladja.

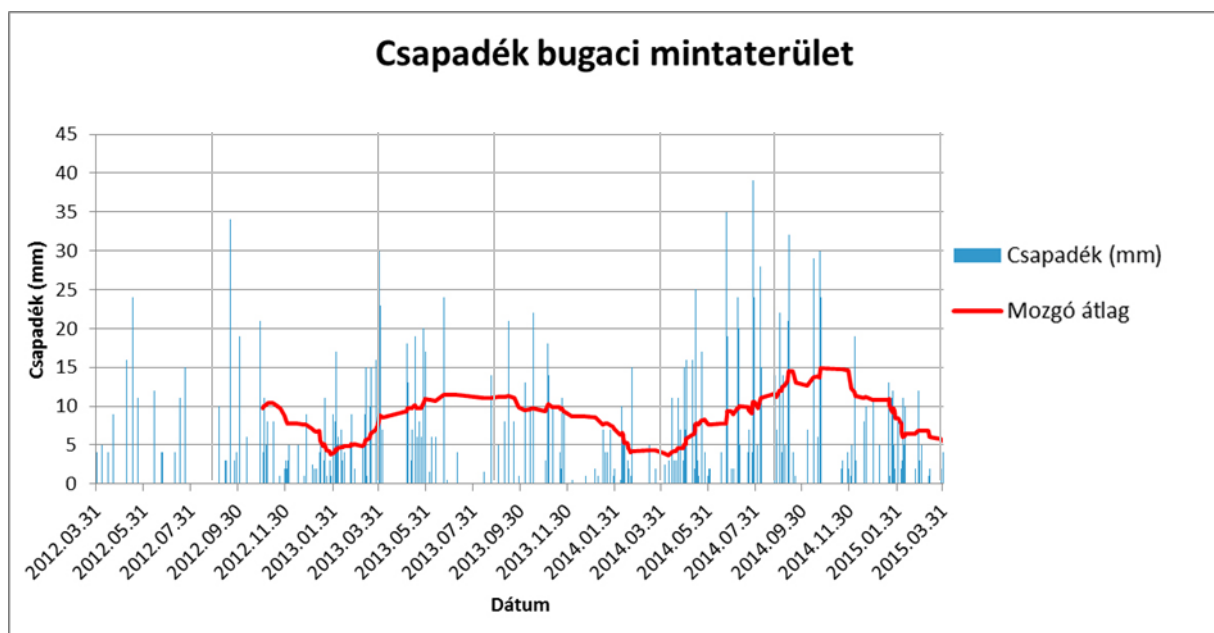


15. ábra: A szabad területi csapadék alakulása a balástyai mintaterületen.

A csapadékesemények eloszlása a korábban bemutatott mintaterületeken mért eredményekhez hasonlóan igen változatosnak mondható. 2012 tavaszán-nyarán több 30 napon is túl nyúló

csapadék nélküli időszak volt tapasztalható (2012 júliusában a balástyai mintaterületen összesen 5 mm csapadék hullott). 2013 júliusában, valamint 2014 júniusában is akár 20 nap feletti, csapadékmentes időszakok is megfigyelhetőek voltak. A téli hónapokban észlelt csapadékösszegek itt is elég nagy változatosságot mutatnak (pl.: 2013 decemberében csak 3 mm, 2015 januárjában 51 mm csapadék hullott). A legcsapadékosabb időszak 2014 nyara volt, amikor három és fél hónap 346 mm csapadék hullott le. A napi csapadék összegek három esetben érték el vagy haladták meg a 40 mm-es határt (2012. október 28-án 40 mm, 2014. július 12-én 40 mm és 2014. október 24-én 45 mm csapadék került kimérésre).

A Nagy-bugaci lelegelő közelében kijelölt mintaterületen gyűjtött csapadékadatokat 16. ábra segítségével ismertetem. Az éves csapadékösszeg a 2013-ban 583,5 mm volt. A 2014-es évben viszont 837 mm volt fent megjelölt mérési időszakban. A 2013-as évben az éves csapadékösszeg korábbi átlag szerint alakult. A 2014-ben lehullott csapadék éves összege, az előző mintaterülethez hasonlóan a korábbi átlag másfélszerese volt.

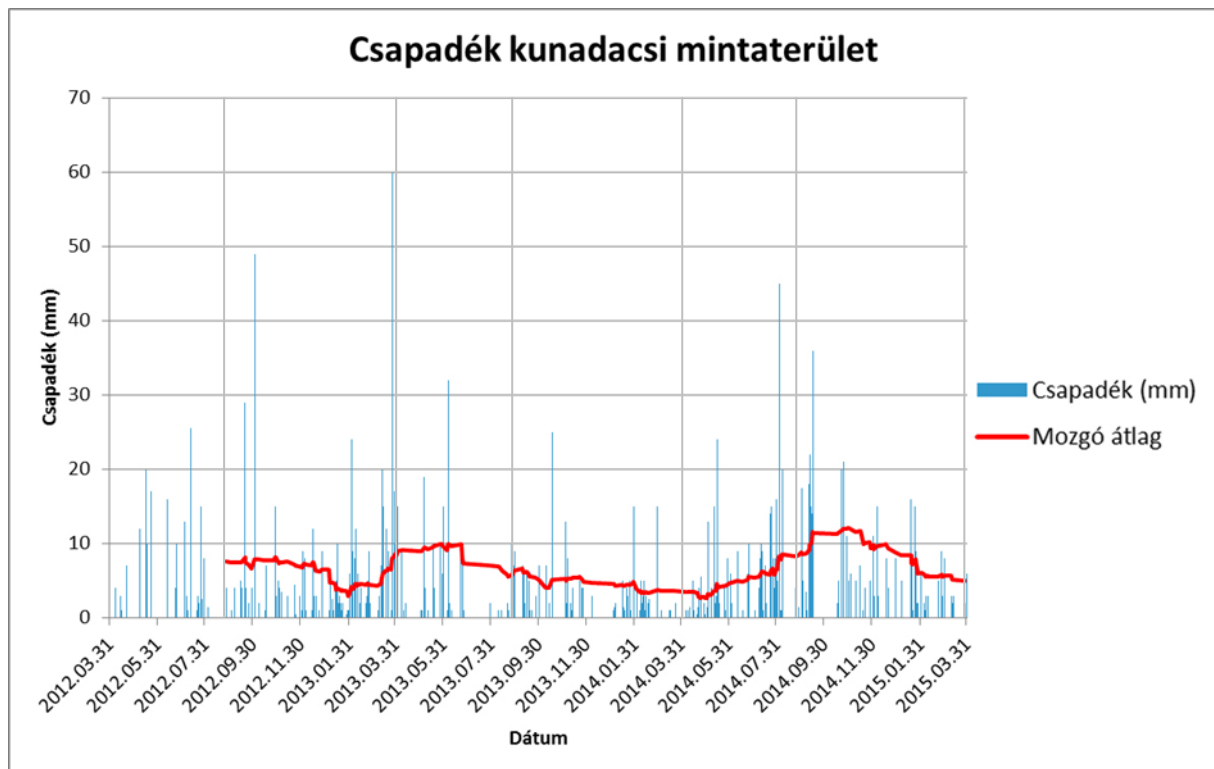


16. ábra: A szabad területi csapadék alakulása a bugaci mintaterületen.

A korábban bemutatott mérési adatokhoz hasonlóan a bugaci mintaterületen is jellemzőek szélsőségek. 2012. nyár vége rendkívül száraz volt, több, mint egy hónapig nem hullott csapadék. 2013 júliusában, valamint 2014 márciusában ismét több hetes csapadékmentes időszak jellemezte az időjárási viszonyokat a bugaci pusztában. Ha az előzőekhez hasonlóan megvizsgáljuk a téli hónapokban mért csapadékösszegek a bugaci mintaterületen is elég nagy

eltéréseket fedezhetünk fel. (pl.: 2014 márciusában összesen 7 mm, 2015 januárjában ezzel ellentétben 57 mm csapadék hullott le). A közel három éves mérési időszak alatt, csupán öt alkalommal (2012. szeptember 20-án, 2013. március 31-én, 2014. június 24-én és 2014. október 23-án) volt olyan mértékű napi csapadék, amely elérte 30 mm-es napi összeget.

A Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság Felső-kiskunsági tájegységében, Kunadacs község határában kialakított mintaterületen kimért csapadékesemények napi alakulását a 17. ábra szemlélteti. A mérési időszakban az éves csapadékösszeg a 2013-ban 633 mm, 2014-ben pedig 724 mm volt. Az éves csapadékösszegek a sokéves átlag felett helyezkednek el, de egyik év sem mondható csapadékosnak, ellentétben a többi mintaterületen 2014-ben mért éves csapadékösszegekkel.

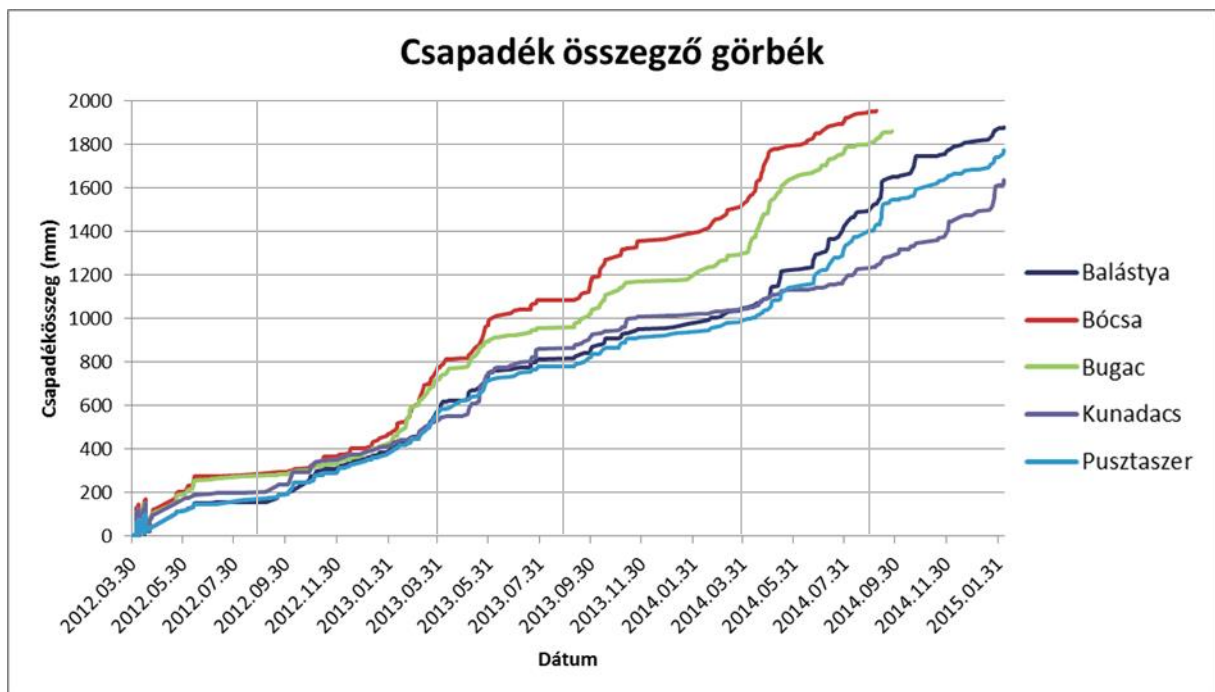


17. ábra: A szabad területi csapadék alakulása a kunadacsi mintaterületen.

Az előző négy mintaterület mérési eredményeihez képest Kunadacson nem mondható annyira változatosnak a csapadékesemények eloszlása, azok alakulása jóval kiegyenlítettebb volt a Felső-Kiskunságban. 2012. nyár vége azért itt is nagyon száraz volt, több, mint egy 23 napig nem hullott csapadék (a bugaci mintaterülethez hasonlóan). Továbbá 2013 júliusában összesen 2 mm csapadék hullott, illetve 2013 júniusában is több hetes csapadékmentes időszak volt jellemző a Peszér-Adacsi réteken. A Homokhátság északi peremén az

előzőektől eltérően a téli hónapokban mért csapadékösszegek is jóval kiegyenlítettebbek a délebbre fekvő mintaterületekhez képest. A mérési időszakban háromszor is extrém nagy napi csapadék összeg került kimérésre (2012. szeptember 20-án 48 mm, 2013. március 31-én 60 mm és 2014. június 24-én 45 mm). A három vegetációs időszakban (március 31-től augusztus 31-ig) hullott csapadék átlaga 344 mm volt.

Az egyes mintaterületeken mért csapadékösszegek összehasonlítását a csapadékösszeg görbék segítségével végeztem el. 2012. 03. 30-tól 2015. 03. 31-ig a Bócsán kialakított mintaterületen összesen 1957,5 mm, Pusztaszeren 1843 mm, Balástyán 1923,1 mm, Bugacon 1861 mm és végül Kunadacson 1879,5 mm csapadék hullott. A görbék hasonló lefutást mutatnak első ránézésre. 2014 júniusáig a pusztaszeri, a balástyai és a kunadacsi csapadékgörbék között nem mutatkozik nagy eltérés.



18. ábra: A mintaterületek csapadékösszegeinek változása 2012.03.30-tól 2015.03.31-ig.

A korábbi szakirodalmi adatok (Danszky 1963) alapján említett legcsapadékosabb júliusi hónap fenti mérési periódusban 2012-ben és 2013-ban a legszárazabb hónapok egyike volt. A július hónapban esett csapadékok havi összege 2012-ben 33 mm, 2013-ban 14,25 mm, 2014-ben 130,75 mm volt. A júliusi csapadékmentes időszakok meglétét az összegző görbe elnyúlása is teljes mértékben alátámasztja a 2012-es és a 2013-as év tekintetében. A három év havi összegeit megvizsgálva inkább a március mondható a legcsapadékosabb hónapnak. A

legnagyobb napi csapadékösszeg (60 mm) is ehhez a hónaphoz köthető, amely 2013. március 27-én hullott Kunadacson. Ezt a tendenciát az összeggörbe hirtelen emelkedése is igazolja a március hónap esetében (18. ábra).

Az öt mintaterület éves csapadékösszegeinek változása és a havi csapadékösszegek éves szintű nagy arányú eltérései is mutatják, hogy a csapadék éves eloszlása olykor szélsőséges lehet és több évnyi megfigyelés megbízhatóbb vizsgálatot eredményezhet egy-egy szélsőséges év adatainak elemzése helyett.

## 4.2. Intercepció

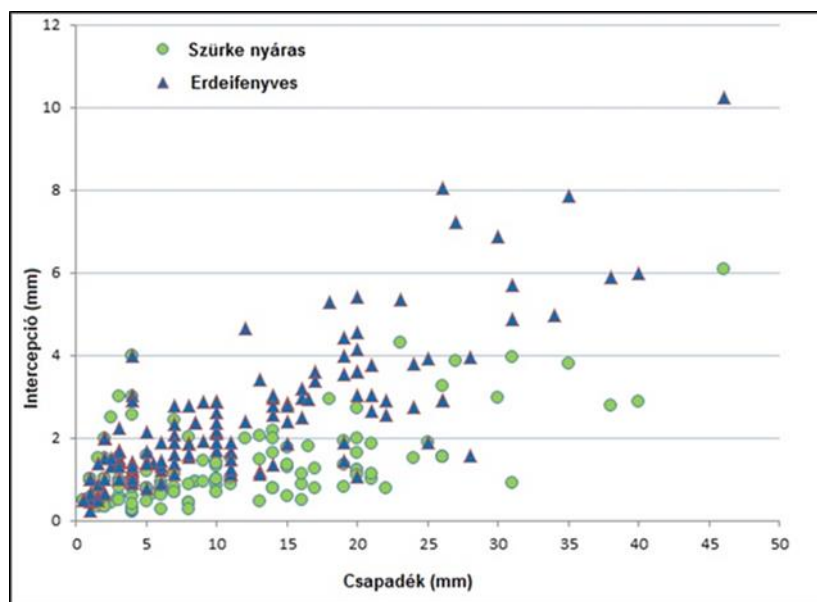
Az intercepciós adatok elemzése során bebizonyosodott, hogy annak mértékét döntően befolyásolja a leérkező csapadék mennyisége és intenzitása, a faállomány szerkezeti jellemzőivel (záródás, ág- és koronaszerkezet, törzsalak, az egyes faegyedek elhelyezkedése, sűrűsége, esetleges alászorultsága) és egészségi állapotával (a gombakárosítással érintett faegyedek koronája kiritkul, faegyedek pusztulása folytán csökken az erdő záródása) együtt. A faállományok szerkezeti jellemzőinek intercepcióra gyakorolt hatását korábban több szerző (Führer 1992, Kucsara 1998) is vizsgálta.

A lombkorona tározási kapacitása a kisebb 2-3 mm-es (lassú intenzitású) csapadékesemények során a mutatkozott meg a legjobban. A kicsapadékok (2-3 mm) esetében a lombkorona tározási kapacitásának köszönhetően, a hulló csapadék nem érte el az erdőállományok talajfelszínét.

A bócsai mintaterületen lévő szürke nyáras (Bócsa 51 E) és erdeifenyves (Bócsa 51 D) faállományok koronaintercepció változását a 19. ábra segítségével mutatom be, a 2012. április 4-től 2014. október 24-ig terjedő időszakra vetítve.

Az erdeifenyves faállományban mért koronaintercepció átlagos értéke 23% (2012-ben 22%, 2013-ban 24%, 2014-ben 23%), tehát az észlelések idején lehullott csapadék több, mint 75%-a áthullott, vagy átcsöpögött a lombkoronaszinten. Így a fenti időszakban hullott 1957,5 mm-es összes csapadékból 450,2 mm-t fogott fel az erdei fenyő lombozata. A szárazabb (2012.) és a nedvesebb (2013. és 2014.) évek között nem tapasztalható nagy különbség az intercepció éves átlagát tekintve, pedig az éves csapadékesemények számában mutatkozik nagyobb differencia (2012: 39 db., 2013: 68 db., 2014: 79 db.). A nyugalmi és a vegetációs időszakban kimutatott intercepciós értékek között évi 1-1,5%-os különbséget tapasztaltam, ami gyakorlatilag elhanyagolható.

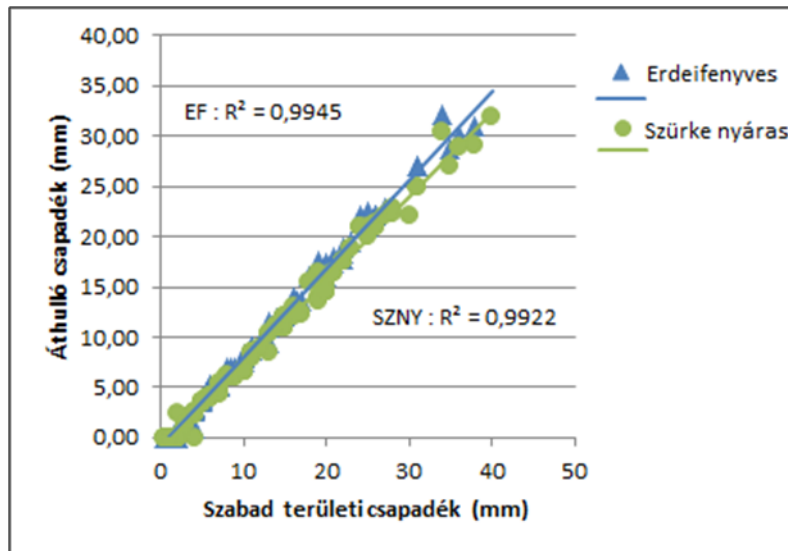
Az egymástól eltérő szakirodalmi adatok tükrében (Járó 1980: 16%, Gácsi 2000: 19,5%, Sitkey 2004: 25%) az általam kimutatott intercepciós veszteség értéke átlagosnál magasabbnak mondható. Sajnos a mérési adatok pontos összehasonlítása kérdéses, mivel a korábbi eredmények eltérő korú és szerkezetű (záródású) faállományokban születtek és az éves csapadék mértéke, eloszlása is változó volt.



19. ábra: A koronaintercepció alakulása a bócsai mintaterületen.

A szürke nyáras állomány tekintetében a koronaintercepciós veszteség átlagos értéke 19,2% volt a fent megjelölt mérési időszakon belül. 2012-ben 18,5%, 2013-ban 20%, 2014-ben 19% az intercepciós mértéke. A szürke nyáras faállomány lombkoronája a mérési periódus alatt hullott 1957,5 mm-es összes csapadékból, 371,9 mm-t fogott fel. A kisebb intercepciós érték a faállomány alacsonyabb záródásával, a törzsek gyenge minőségével, a laza ágszerkezettel és az elmaradt nevelő vágások miatt alászorult, majd kiszáradt faegyedek okozta lékek megjelenésével magyarázható. A szakirodalmi adatokkal (Járó 1980: 24%, Sitkey 2004: 23%) való összehasonlítás itt is kérdéses, mivel a korábbi közlések eltérő (sarj) eredetű, korú, valamint jobb fejlődésű faállományokra vonatkoznak.





20. ábra: A lombkoronán áthulló csapadék a szabad területi csapadék függvényében.

A korábbi szakirodalmi közlések (Führer 1994, Kucsara 1998) többsége a szabadtéri és az állományi csapadék kapcsolatát lineáris összefüggésként kezeli. Az állományi csapadék az áthulló csapadék és törzsi lefolyás összegéből adódik, de a törzsi lefolyás általában elhanyagolható, alacsony mértéke miatt. Az általam vizsgált faállományokban az áthulló csapadék és a szabad területi csapadék között (a szakirodalmi adatokhoz hasonlóan) szoros lineáris kapcsolatot tapasztaltam (az erdeifenyves esetében:  $R^2=0,99,45$  a szürke nyáras esetében:  $R^2=0,9922$ ). A 20. ábra alapján megállapítható, hogy a vizsgált faállományokban esetében a csapadékesemények nagyságának növekedésével egyenes arányban nő a koronán áthulló csapadék mértéke, tehát intercepció és a lombkorona tározási kapacitása telítődik.

#### 4.2.1. Törzsi lefolyás

A törzsi lefolyás értéke (a fenti mérési időszakban) az erdeifenyvesben átlagosan 4% (2012-ben 1,5%, 2013-ban 4%, 2014-ben 2,5%), a szürke nyáras erdőrészletben 10% (2012-ben 8%, 2013-ban 12%, 2014-ben 10%) volt. A fenyő vastag, cserepes, nedvszívó kérgén alacsonyabb a törzsi lefolyás mértéke, míg a szürke nyár sima, jelentős részében vízelvezető kérgén nagyobb törzsi lefolyás volt mérhető. Tapasztalataim szerint a törzsen lefolyó csapadék alakulására is hatással van a faállomány szerkezete, az egyes törzsek alakja, minősége és a faegyedek elhelyezkedése az adott faállományon belül.

A törzsi lefolyás esetében is nehézkes szakirodalmi adatokkal (Járó 1980, Gács 2000, Sitkey 2004) való összevetés. Gács 2000-ben leközölt mérési eredményei alapján 0,5%-os törzsi

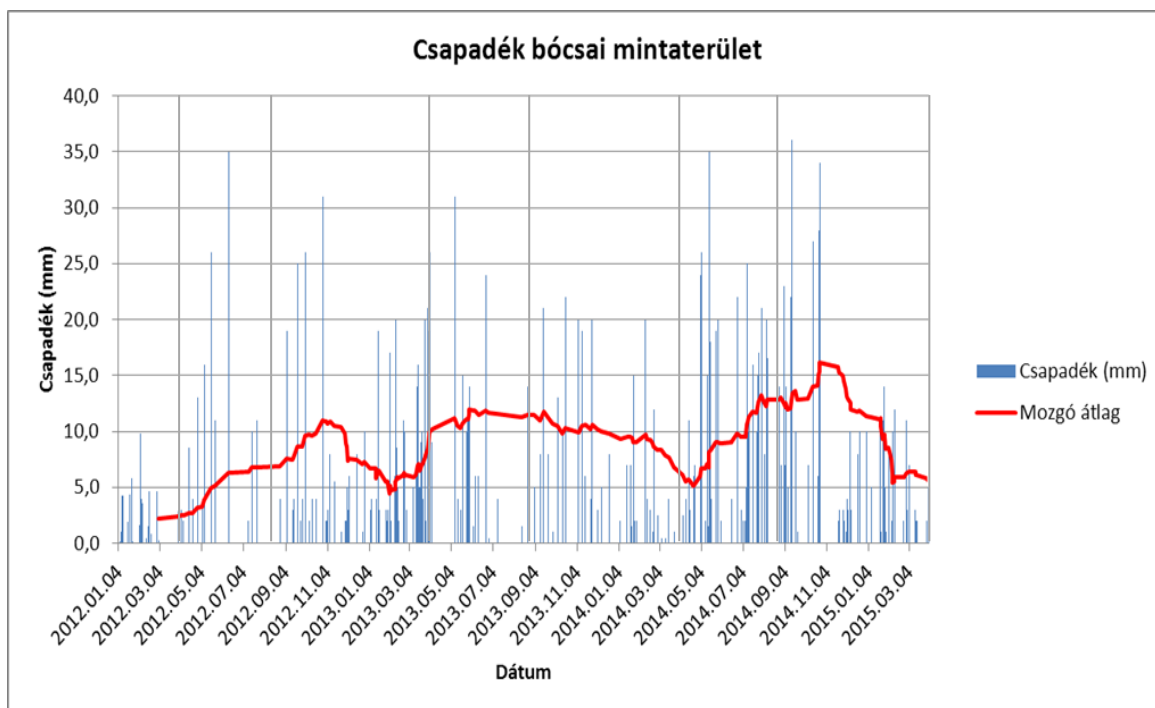
lefolyás volt kimutatható, egy hasonló termőhelyen lévő Kecskemét közeli erdeifenyves faállományban, amely elhanyagolhatóan alacsony értéknek számít. Más szerzők (Járó 1980, Sitkey 2004) pedig az állományi csapadékot nem bontották tovább áthulló csapadék- és törzsi lefolyásadatokra, vagy szintén elhanyagolható mennyiségűnek tüntették fel. A korábbi irodalmi közlések eltérő eredetű, korú, szerkezetű és fejlődésű erdőállományokra vonatkoznak, változó éves csapadékösszegek mellett.

### **4.3. Meteorológia adatok ismertetése**

A 2011. év végén Bócsa 51 T11 erdőtervi azonosítójú egyéb részletben kiépített, 2012. január 01-től 2015. március 31-ig terjedő időszakban működtetett meteorológiai adatok mérésére szolgáló BOREAS Meteo Global HI állomás mérési eredményeit ismertetem a következőkben.

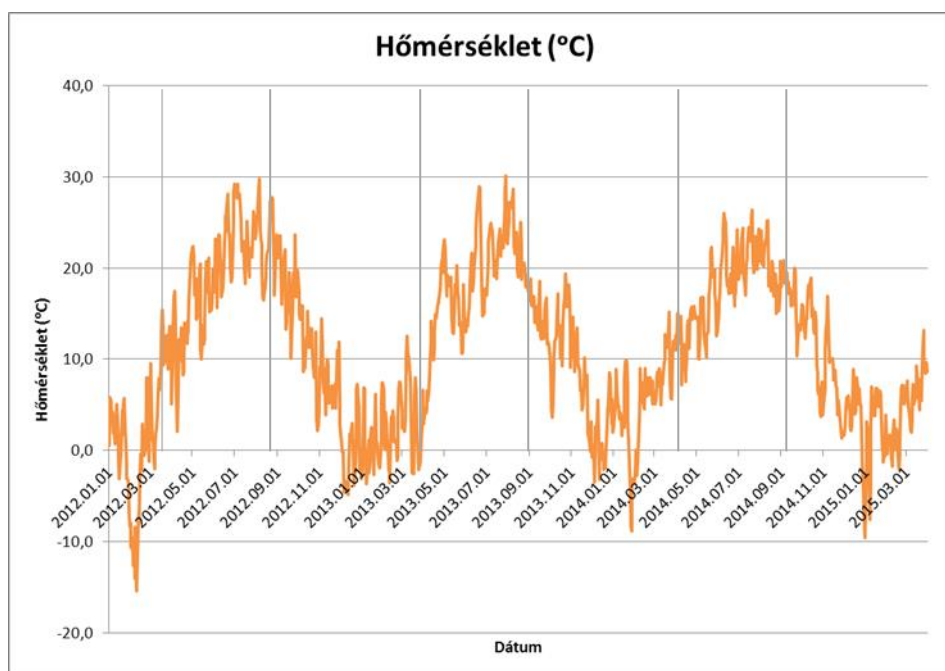
A tisztáson mért csapadék az alábbiak szerint alakult (21. ábra). A fenti megjelölt mérési időszakban az éves csapadékösszeg a 2012-ben 421 mm, 2013-ban 669 mm, 2014-ben pedig 808 mm volt. A mérőállomás segítségével gyűjtött és kézzel mért napi csapadékok éves összege közötti különbség elhanyagolható (nem éri el az 2%-ot). A 2012-es érték a sokéves átlag alattinak mondható, viszont a 2013-ban és 2014-ben mért csapadékok éves összege a sokéves átlagnál 30%-kal magasabb.

A csapadék eloszlása a kézi mérésekhez hasonlóan nem mindig mondható egyenletesnek. 2012 márciusában és augusztusában, valamint 2013 áprilisában és júliusában, illetve 2014 júniusában hosszú csapadékmentes időszakok voltak jellemzőek. A téli hónapokban mért csapadékösszegek nagy változatosságot jeleznek pl.: 2012 márciusában összesen 3,4 mm, 2015 januárjában 56 mm csapadék hullott le. A csapadékesemények közül a 2012. június 12-ei 34,6 mm és a 2014. szeptember 13-ai 35,7 mm összegek voltak a legkiemelkedőbbek.



21. ábra: A Bócsa 51 TI1 területén mért napi csapadékösszegek alakulása.

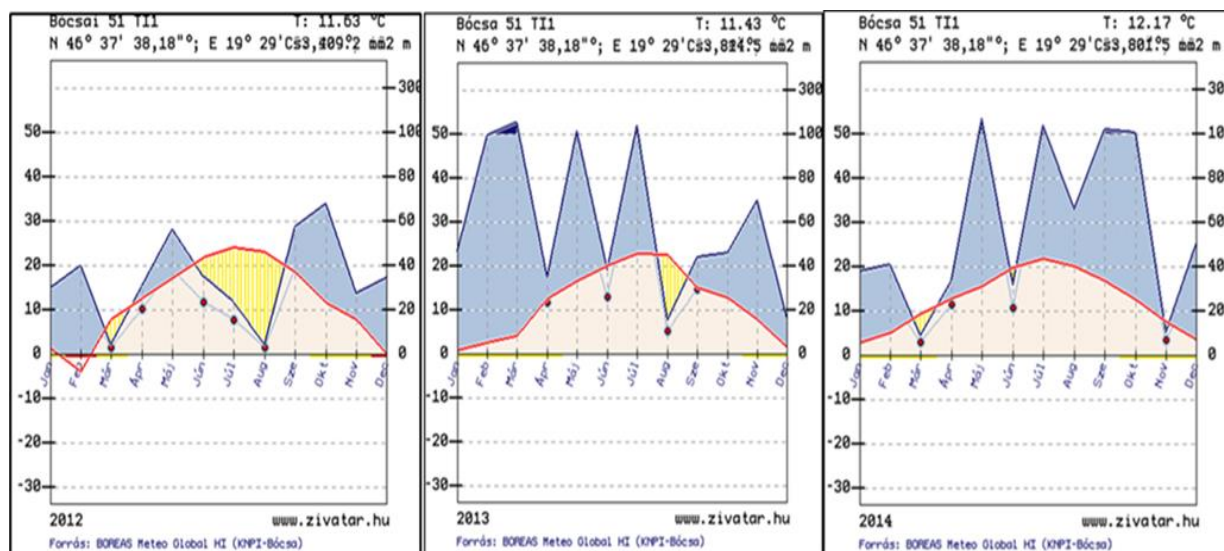
A következőkben a bócsai mintaterület hőmérsékleti adatait (22. ábra) mutatom be éves bontásban a 2012. január 1. és 2015. március 31. közötti adatgyűjtési időszakra vetítve. Az évi középhőmérséklet 2012-ben 11,7 °C, 2013-ban 11,5 °C és 2014-ben 12,2 °C volt. Ezek az értékek a sokéves 10-11 °C-os átlag felett vannak. Az átlagosnak mondható értékeket figyelembe véve folyamatos emelkedés tapasztalható az évi átlaghőmérséklet tekintetében.



22. ábra: A bócsai mintaterület napi átlaghőmérsékletének változása.

Ha az éves közepes hőingást vizsgáljuk meg ebben az esetben is találkozhatunk az átlagtól (22-23 °C) jóval eltérő értékekkel. 2012-ben 28,1 °C 2013-ban 23,4 °C és 2014-ben 19,1 °C volt az éves közepes hőingás. A napi átlaghőmérséklet tekintve az adatgyűjtés időszakában a leghidegebb nap 2012. február 10-én -15,4 °C volt. A legmelegebb nap 2013. július 29-re esett, ekkor a napi átlaghőmérséklet 30,1 °C. A leghidegebb hónap általában a január-február hónapok voltak, a legmelegebb hónapként a júliust jelölhetjük meg.

A három év alatt gyűjtött hőmérséklet- és csapadékadatok összevetését legcélszerűbb a Walter-Lieth-féle klímadiagram összefüggéseinek segítségével elvégezni (23. ábra). Mivel a diagramot három év jellemzésére készítettem el, így az nem tekinthető klasszikus Walter-Lieth-féle klímadiagramnak, hanem inkább a meteorológiai jellemzők értékelését segítő eszköznek! A diagram készítésnek módszere a havi csapadékösszegek és a havi átlaghőmérsékletek egymáshoz való viszonyán alapszik, arid, aszályveszélyes, humid és szuperhumid időszakokat elkülönítve a megadott adatsorok alapján.



23. ábra: A Bócsa 51 TII meteorológiai adatainak ábrázolása 2012-2014 között, a Walter-Lieth-féle klímadiagram összefüggései alapján.

Aszályos időszakokkal 2012-ben március, július és augusztus, 2013-ban augusztus és 2014-ben március hónapokban találkozhattunk. Több aszályveszély időszak is tapasztalható volt jellemzően a tavaszi és nyári hónapokban. A humid időszakok elrendeződése a 2012. és 2014. között igen heterogénnek mondható, ami csapadékesemények változatos eloszlásával magyarázható. Szuperhumid időszak mindössze kétszer (2013 februárjában és 2014

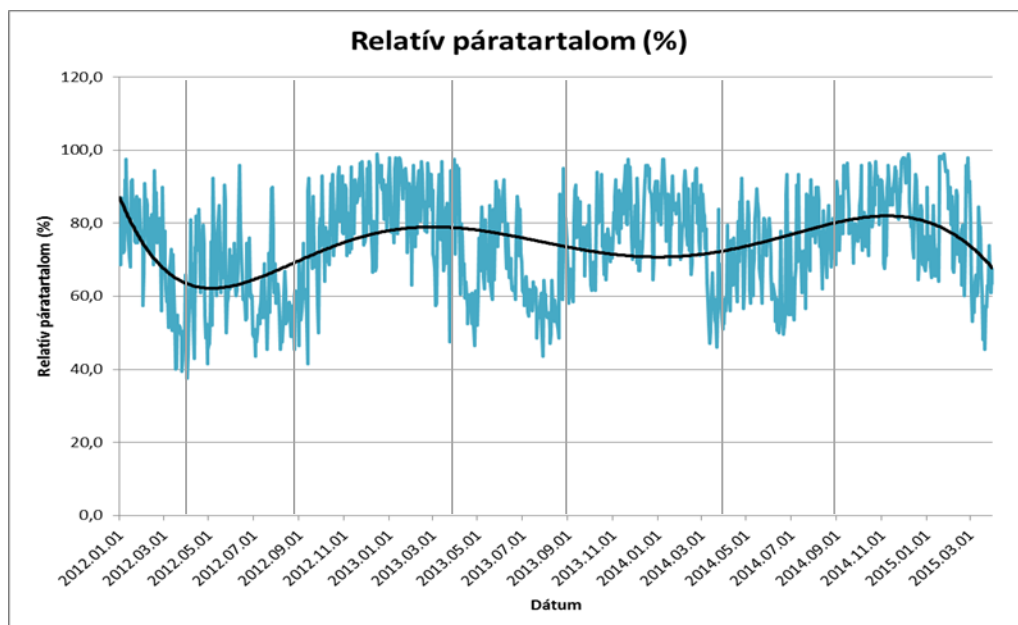
szeptemberében) jellemezte a bócsai mintaterület időjárását. Fagyos hónap a 2012-es év január, február és december havában volt tapasztalható a három év alatt. Fagyveszélyes hónapokkal viszont annál többel találkozhatunk jellemzően januárban, februárban, márciusban, áprilisban, novemberben és decemberben.

Mivel a klímadiagram a havi értékek figyelembevételével készül, így nem mutatja igazán jól 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.

A havas napok száma és az évi átlagos hóvastagságok sajnálatos módon csökkenő tendenciát mutat. 2012-ben 18 (átlagos hóvastagság 10,5 cm), 2013-ban 14 (átlagos hóvastagság 8,7 cm) és 2014-ben összesen 7 napon borította hótakaró a bócsai erdőtömböt, 5,1 cm-es átlagos hóvastagsággal.

A 2 m-es magasságban mért relatív nedvesség napi változását a 24. ábra segítségével szemléltetem a 2012. január 1. és 2015. március 31. közötti mérési időszakra vetítve.

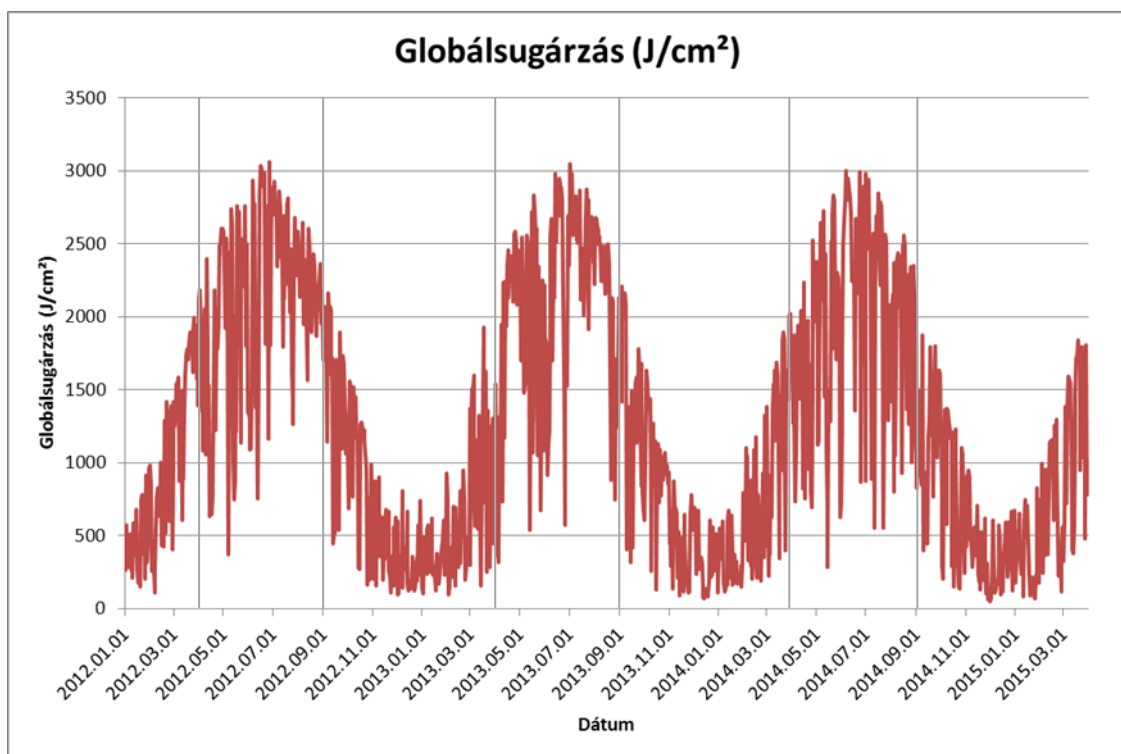
Az éves átlagos relatív páratartalom 2012-ben 70,2%, 2013-ban 74,8% és 2014-ben 76,2% volt. A szokottnál melegebb, aszályos időszakokat és az alacsony napi csapadékösszegeket jól visszaadják a relatív páratartalom értékei. Jellemzően a márciusi, áprilisi, valamint a június és a júliusi értékek elmaradnak az ilyenkor megszokott légnedvesség-tartalomaktól (75-85%). Az augusztusi hónapokban a növekedett a relatív páratartalom mértéke. A legalacsonyabb napi érték 2012. április 2-ához köthető, a legmagasabb pedig 2015. január 25-éhez volt mérhető.



24. ábra: A bócsai mintaterület napi átlagos relatív páratartalmának változása.

Pozitív anomália (100% feletti nedvességtartalom) a mérési időszakban nem mutatkozott. A legnagyobb negatív változás (a 100%-os értéktől való eltérés) napi légnedvesség tekintetében 2012 áprilisában 63% volt tapasztalható.

A bócsai mintaterületen mért globálsugárzás napi változását a 25. ábra alapján szemléltetem. A globálsugárzás évenkénti alakulása az adatgyűjtési időszakban csökkenő tendenciát mutatott: 2012-ben  $1378 \text{ J/cm}^2$ , 2013-ban  $1296 \text{ J/cm}^2$  és 2014-ben  $1240 \text{ J/cm}^2$ . A legmagasabb havi átlagérték ( $2404 \text{ J/cm}^2$ ) 2012 júliusában jelent meg, a legalacsonyabb ( $355 \text{ J/cm}^2$ ) pedig 2015 januárjában volt érzékelhető. Napi átlagértékek közül a legmagasabb 2012. június 16-án volt mérhető  $3034 \text{ J/cm}^2$ , a legalacsonyabb 2015. január 15-én  $72 \text{ J/cm}^2$ . Az adatgyűjtés időszakában (2012. január 1-től 2015. március 31-ig) mért globálsugárzás értékek szabályos periodikát mutatnak a megszokott lefutás jellemzi a napi adatokat reprezentáló adatsort.



25. ábra: A globálsugárzás napi menete 2012. január 1. és 2015. március 31. között.

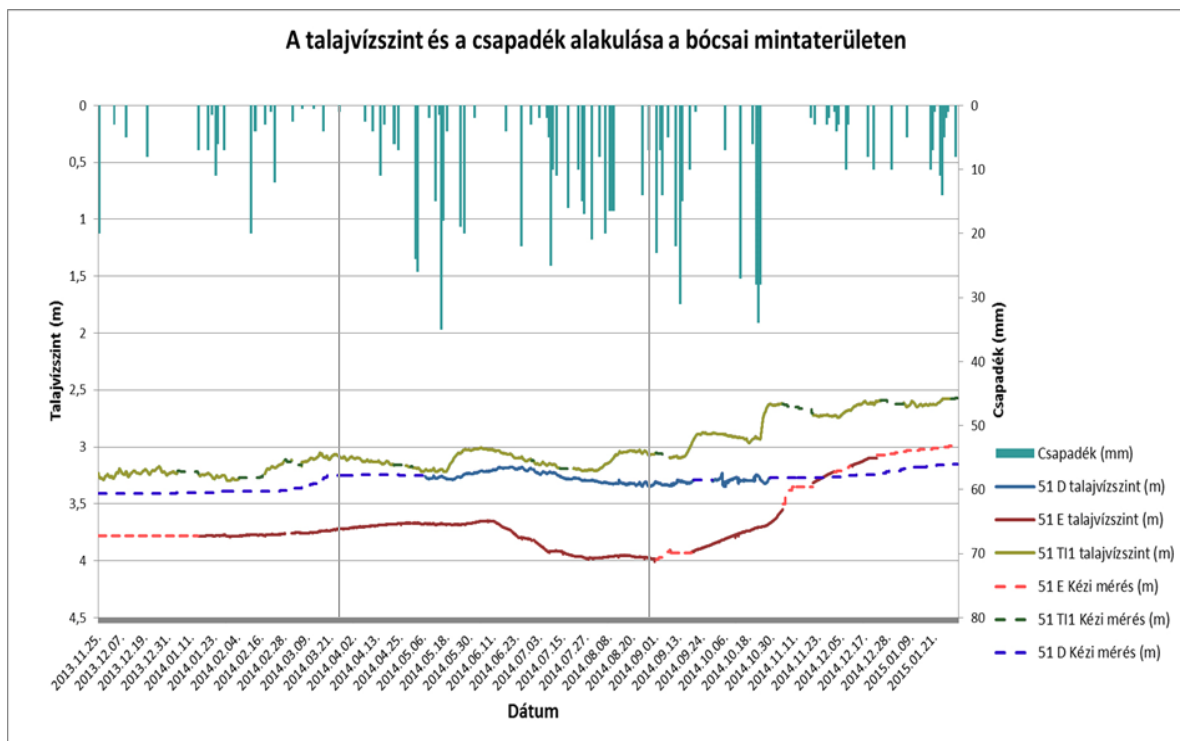
Az átlagszélsébség a 2012-es évben  $1,12 \text{ m/s}$ , 2013-ban  $1,31 \text{ m/s}$  és 2014-ben  $1,13$  volt. A legszelebb nap 2014. január 31-i volt, ekkor a napi átlagos szélsébség:  $5,31 \text{ m/s}$ . A legnagyobb szélökés 2014. március 15-én volt tapasztalható, amikor 17 és 18 óra között  $14,2 \text{ m/s}$ -os szélökéseket regisztrált a meteorológiai állomás. A legszelebb hónap 2014. január, havi átlagos szélsébség  $1,9 \text{ m/s}$ . Az uralkodó szélirány jellemzően az észak-nyugati volt, de a meleg tavaszi és nyári hónapokban több alkalommal tartósan a déli áramlás volt a jellemző

mindhárom évben (a szélsébség, a szélökések és a szélirány óránkénti változása a 4. számú mellékletben tekinthető meg).

#### 4.4. Talajvízszint alakulása

Az erdőállományok talajvízszintre gyakorolt hatása a 2.6 számú alfejezetben a szakirodalmi adatok alapján már korábban bemutatásra került. Ebben az alfejezetben bócsai és a pusztaszeri monitoringkutakban végzett kézi mérésekkel kiegészített automatizált talajvízszint észlelések eredményeit mutatom az aktuális napi csapadékösszegek feltüntetésével (26. és 27. ábra). A talajvízszint észlelését 2013. november 25. és 2015. február 02. közötti időszakban végeztem. A mérések során a talajfelszint értelmeztem nullpontként.

A bócsai mintaterületen lévő paragrútban a talajvízszint átlagosan 3,06 m-es mélységben volt érzékelhető a közel másfél éves észlelési időszakban. Ez az átlagérték országos szinten mélynek mondható, de a homokhátsági viszonyokhoz képest mégis az elfogadható értékek közé tartozik. Gácsi 2000-ben leközölt Bugacon mért adataival és az Alsó-Duna-Völgyi Vízügyi Igazgatóság észleléseivel (Orgoványon a 2014-ben 3,5 m, Bócsán 2014-ben 3,3 m volt a talajvízszint átlagos mélysége) összevetve ez az érték átlagnak jobbnak mondható.



26. ábra: A talajvízszint alakulása Bócsa 51 T11, 51 D és 51 E erdőrészekben a napi csapadékok függvényében.

A kontrollterületként használt Bócsa 51 TII egyéb részletben mért talajvízszintek alakultak a legkedvezőbben. A mérési időszakban a talajvízszint növekedése volt megfigyelhető az alacsonyán gyökerező lágyszárú növényzetnek és a 2014 nyarán és őszén hullott csapadékoknak köszönhetően.

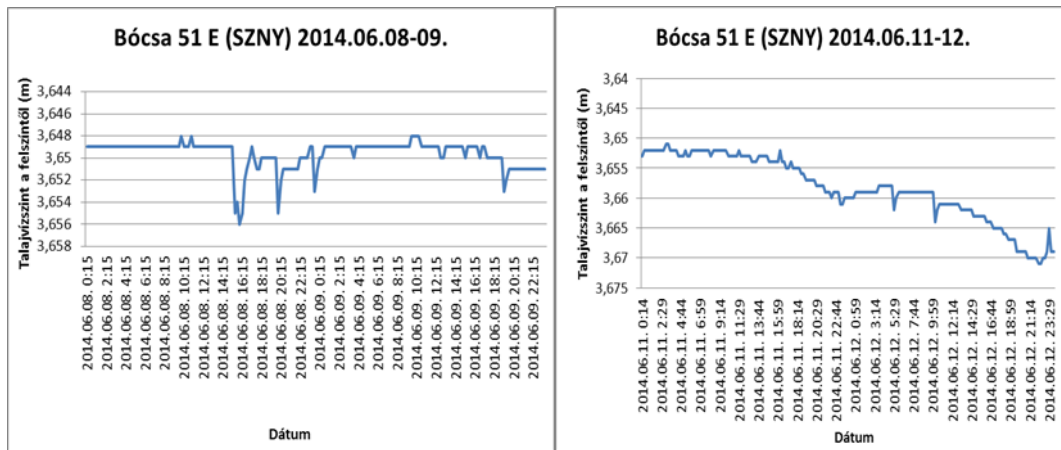
A Bócsa 51 D erdei fenyő állományban észlelt talajvízszintek a kontrollterülethez képest elmaradtak a faállomány intercepciós hatása miatt, valamint a csapadék ciklikusságát is kevésbé követi a tisztáson mért adatokhoz képest. Az adatgyűjtési időszakban az erdeifenyvesben mért talajvízszintek végig kiegyenlítettnek mondhatóak. A vegetációs időszakban észlelt a talajvíz szintje lassú csökkenést mutat (az intercepció és a magasabb átlaghőmérséklet függvényében megnövekedett párolgási értékek miatt), míg az őszi nagyobb csapadékok hatására minimális növekedés volt tapasztalható. Az erdeifenyvesben mért talajvízszint adatok minimális (20 cm-en belüli) változása alapján elmondható, hogy a faállomány talajvízszintre gyakorolt hatása nem túl nagy. Ez azzal magyarázható, hogy a vizsgált túlevelű állomány gyökérzete számára a talajvízszint el nem érhető mélységben található (az általam tervezett gyökérfeltárás kivitelezéséhez a Természetvédelmi Hatóság nem járult hozzá). Ez a megállapítást a fejlődésében megrekedt, rossz egészségügyi állapotban lévő állománykép (13,57 m-es átlag magasság) is alátámasztja. Az erdeifenyves mintaterület inkább egész évben fennálló intercepciós veszteségen keresztül van minimális hatással a talajvízszint alakulására.

A Bócsa 51 E erdőrészletben lévő szürke nyáras mintaterületen mért talajvízszintadatok a mérési időszak elején, a nyuglami időszakban minimális (átlagosan 10 cm-es) növekedést mutattak. A nagyobb csapadékesemények után is csak minimális pozitív irányú talajvízszint emelkedés volt megfigyelhető. A vegetációs időszakban a talajvízszint tendenciózus csökkenése állapítható meg. A talajvízszint időleges süllyedését a nagyobb csapadékesemények sem tudták pozitív irányba befolyásolni. 2014. augusztus és szeptember hónapokban a talajvízszint több alkalommal is meghaladta a 4 m-es mélységet. A vegetációs időszakon belül mért alacsony talajvízszint-értékek összefüggésben állnak azzal a megállapítással, hogy a szürke nyáras faállomány fejlett gyökérhálózata révén képes elérni és felvenni a vizet a mélyebben található talajvízből is. Ez a megfigyelés ellentmond Simon (1976), valamint Járó és Sitkey (1995) által közölt eredményeknek, mely szerint a nyáras faállománynak nincsen hatása a talajvízszint változására. A 2014 őszén kezdődő nyuglami időszakban a talajvízszint fokozatosan emelkedik a őszi csapadékok, a



koronaintercepció és a növényi párologtatás csökkenésének hatására. A talajvízszint maximális ingadozása a nyugalmi időszak és a vegetációs időszak között 101 cm volt.

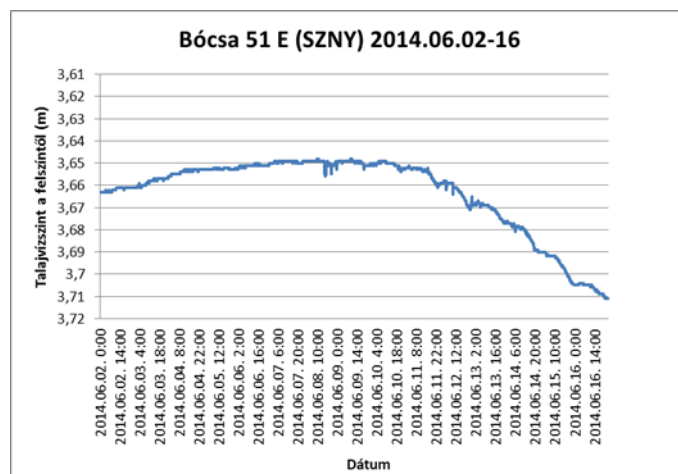
Mivel az általam tervezett gyökérfeltárásokat a Természetvédelmi Hatóság nem engedélyezte, így a szürke nyáras faállomány talajvíz fogyasztását a talajvízjárás napi fluktuációja alapján szemléltetem csapadékmentes időszakokra vonatkozóan (27. ábra). Továbbá itt fontos megemlíteni, hogy a termőhelyfeltárás során felvett rétegekben minden esetben megfigyelhetőek voltak a (vízkereső) gyökerek (pl.: a szevény oldalfalában is). Korábban az ERTI által hasonló termőhelyre elvégzett gyökérfeltárások is azt igazolják, hogy a hazai nyár gyökérzete 3 m-es mélység alá is képes lejutni (Csiha és Keserű 2006, 2014; Kárász 1986; Keresztesi 1969). Mindezek alapján - a kapilláris vízemelést is figyelembe véve - belátható, hogy a hazai nyáras fállomány képes a talajvízből vizet felvenni.



27. ábra: A talajvízszint napi változása 2014. 06. 08-09. és 2014. 06. 11-12. között.

A fenti ábrán jól megfigyelhető, hogy a talajvízszint napi változása utal a növényi vízfogyasztásra, napközben a talajvízszint csökkenése figyelhető meg, éjszaka annak visszatöltődése. A 2014. 06. 11-12. közötti időszakot megvizsgálva a talajvízszint napon belüli változásában lépcsőzetes csökkenése figyelhető meg. Itt is megfigyelhető a talajvízszint napközbeni süllyedése, éjszaka a visszatöltődés (Schilling 2007, Schilling és Kiniry 2007), mindez a növényi vízfelvétellel hozható összefüggésbe (Gribovszki és mtsai 2008, Gribovszki és mtsai 2009, Gribovszki és mtsai 2010, Móricz és mtsai 2012).

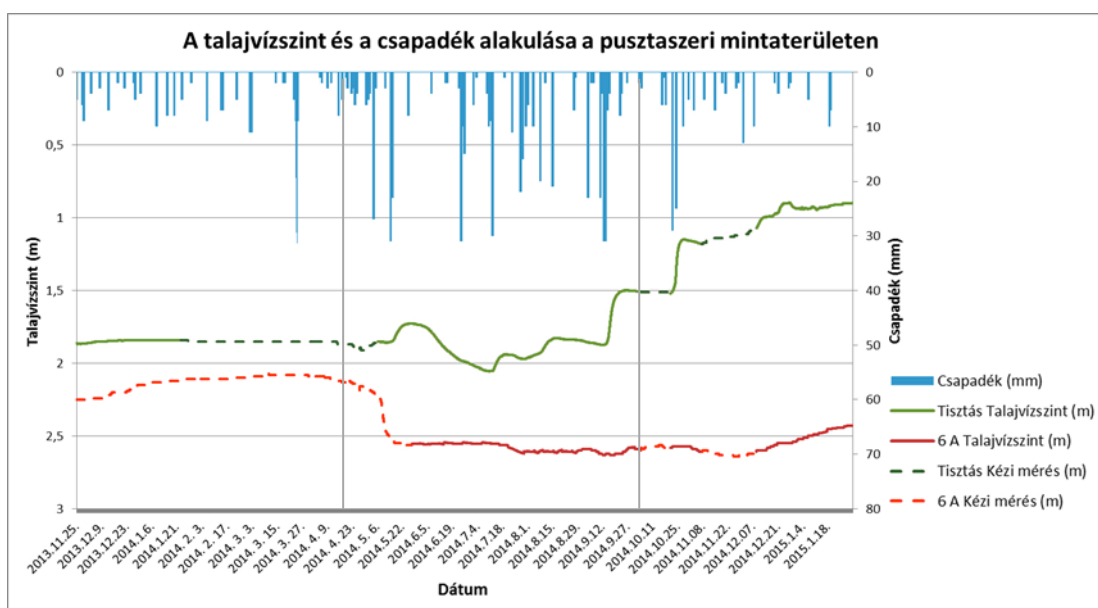
A hazai nyáras faállományban hosszabb csapadék mentes időszakot (2014. 06. 02-16.) megvizsgálva a talajvízszint szintén a lépcsőzetes csökkenés mintázatát mutatja (28. ábra). Ebben az esetben is megfigyelhető a folyamatosan süllyedő talajvízszint, amely éjszaka közel állandó, vagy a nappali órákban tapasztalható süllyedésnél lassabb (csökkenő) tendenciát mutat (Gribovszki és mtsai 2008).



28. ábra: A talajvízszint alakulása 2014. 06. 02-16. között a szürke nyarasban.

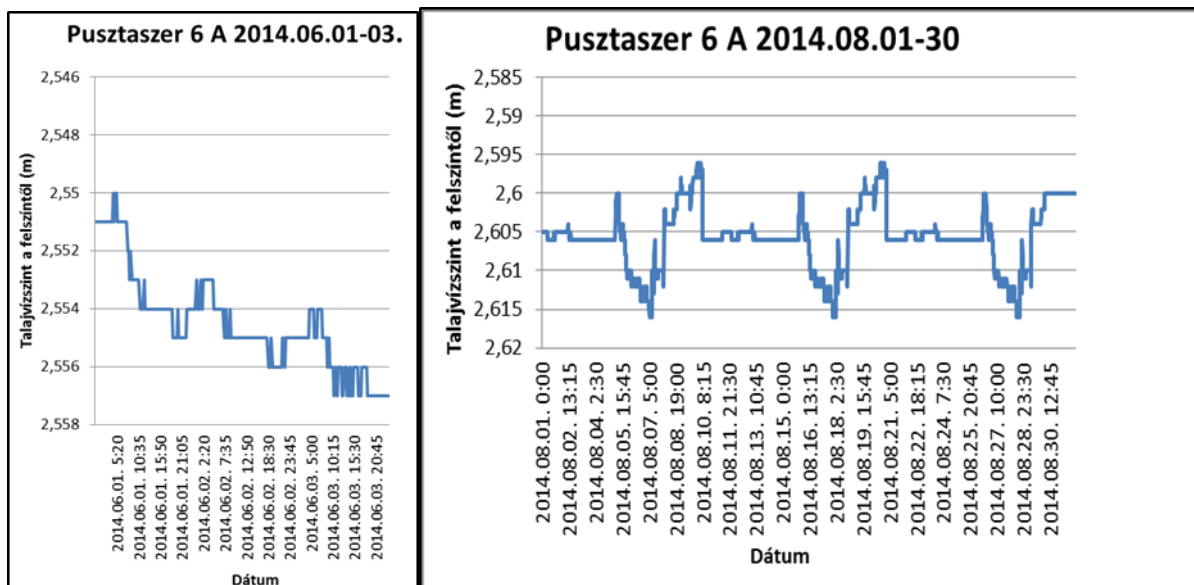
A Pusztaszeren kialakított paragrútban a talajvízszint átlagosan 1,2 m-es mélységben volt az adatgyűjtés időszakában. A 1,2 m-es érték a Homokhátságon átlag feletti az Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság 2014-es ópusztaszeri (2,8 m) és balástyai (2,9 m) méréseihez képest.

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 (29. ábra). A talajvízszint ingadozásának maximum értéke 1,1 m, ami közeli Büdös-szék vízállásának fokozatos növekedésével (2014 nyarán 395 mm csapadék hullott az aszályos időszakok ellenére) magyarázható.



29. ábra: A talajvízszint alakulása a pusztaszeri mintaterületen a napi csapadék függvényében.

A Pusztaszer 6 A akácos faállományban észlelt talajvízszintek a közeli gyepterület adataihoz képest elmaradtak. A talajvízszint alakulása csapadék ciklikusságát nem tükrözi a kontrollterületen mért értékekhez képest. Az adatgyűjtési időszak elején a faállomány talajvízszintje minimális növekedést mutatott, ezzel szemben a vegetációs időszak kezdetén a talajvízszint gyors süllyedése figyelhető meg (29. ábra). Ez azt igazolja, hogy a sarjeredetű akácos faállomány fejlett gyökérhálózata révén tudja közvetlen úton beofolyásolni a talajvízszint alakulását. A Bócsa 51 E erdőrészelethez hasonlóan (a tervezett gyökérfeltárás kivitelezéséhez a Természetvédelmi Hatóság itt sem nem járult hozzá) a termőhelyfeltárás során felvett rétegekben végig a gyökerek megtalálhatóak voltak. Az ERTI által, hasonló termőhelyen elvégzett gyökérfeltárások szerint az akác gyökérzete 3 m-es mélységbe is képes lejutni (Kárász 1986; Keresztesi 1969; Magyar Lajos szóbeli közlése alapján). A vegetációs időszakot követően a talajvízszint lassú emelkedése tapasztalható az őszi csapadékok és az intercepciós veszteség csökkenésével párhuzamosan. A két talajvízkút nyugalmi időszakban tapasztalható 1,5 m-es eltérése, ami a két terület közötti 1,15 m-es szintkülönbséggel és a Büdös-széki tó kontrollterülethez való közelségével magyarázható.



30. ábra: A talajvízszint változása 2014. 06. 1-3. és 2014. 08. 1-30. között.

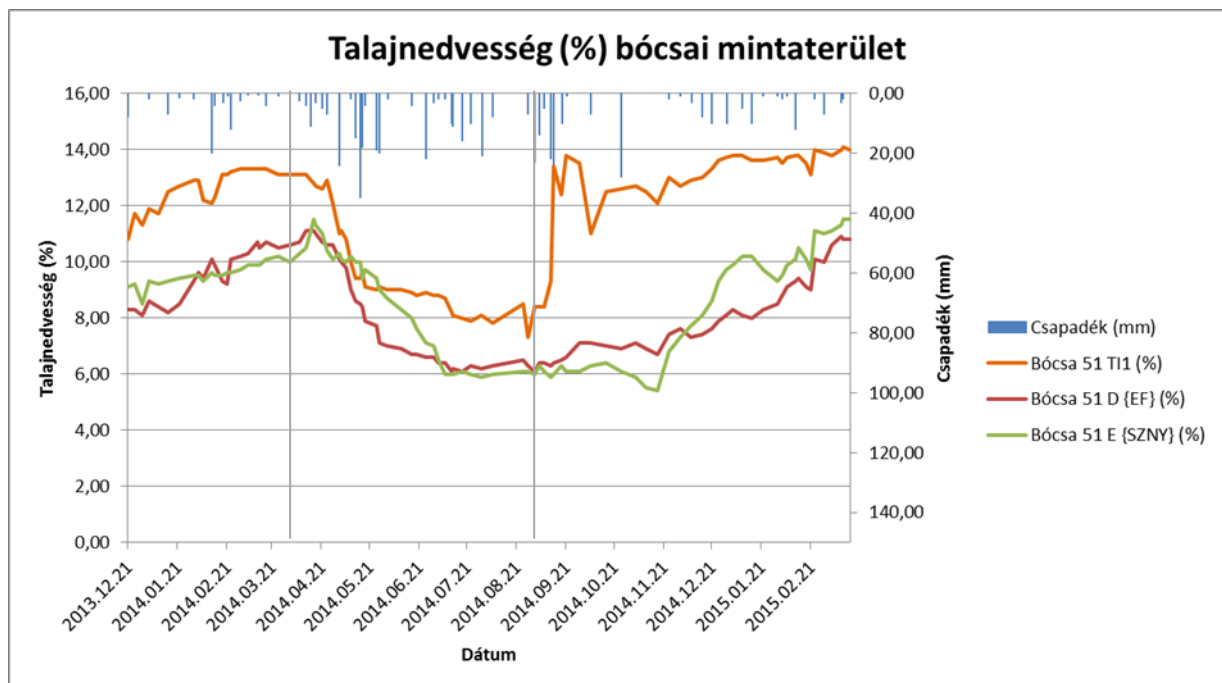
A pusztaszeri akácos faállományban is tapasztalható a napi talajvízszint lépcsőzetes csökkenése. A bócsai sűrű nyáras faállományhoz hasonlóan az akácokban is megfigyelhetjük a talajvízszint napközbeni süllyedését és az éjszakai órákban mutatkozó visszatöltődést (Schilling 2007, Schilling és Kiniry 2007).

A Pusztaszer 6 A erdőrezselben 2014. augusztusában a talajvízszint periodikus hullámzása figyelhető meg (30. ábra), amely a növény vízfelvétel hatását támasztja alá, melyet korábban Szilágyi és mtsai (2008) numerikus szimuláció segítségével igazoltak (Gribovszki és mtsai 2008). Mindezek alapján elmondható, hogy az akácos faállomány (a kapilláris vízemelést is figyelembe véve) a talajvízből is képes vizet felvenni.

#### 4.5. Talajnedvesség alakulása

Az erdei vízháztartás vizsgálatához az egyik legfontosabb paraméter a talajnedvesség értéke és annak ciklikus változása. A talaj felső 80 cm-es rétegének nedvességtartalmát 2013. december 31-től 2015. március 17-ig vizsgáltam heti rendszerességgel a bócsai és a pusztaszeri mintaterületeken.

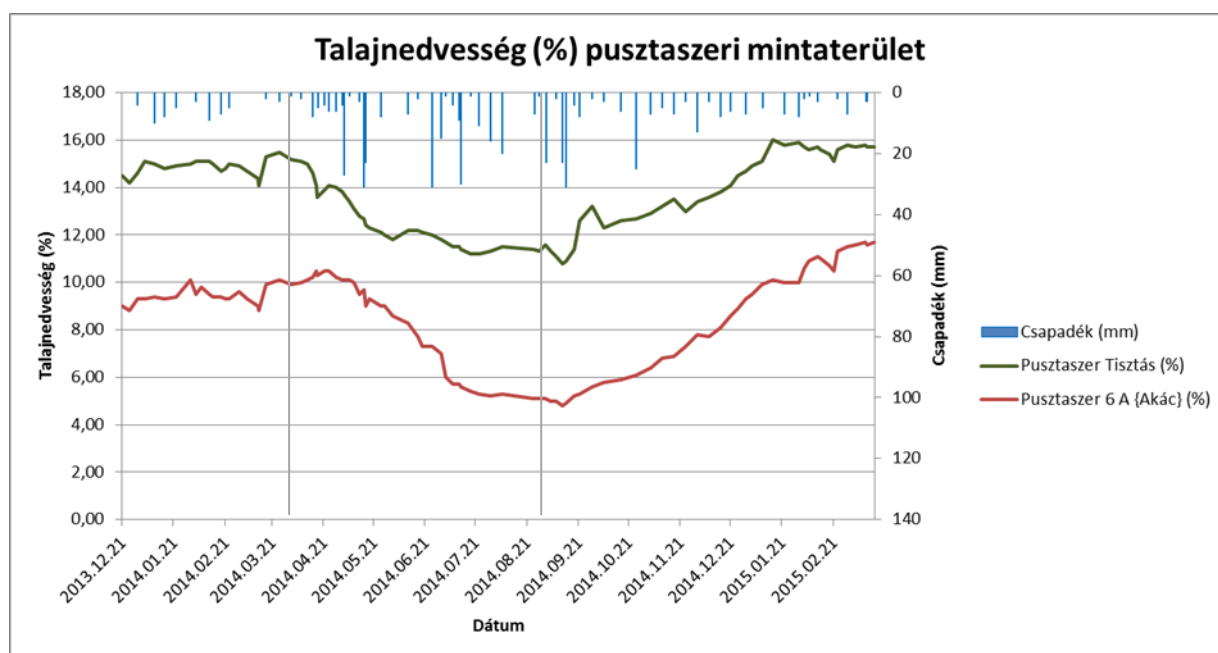
A bócsai mintaterületen a legmagasabb nedvességtartalmakat a Bócsa 51 TI1 részletben lehetett észlelni. A sekély gyökérzetű lágyszárú vegetáció a talajnedvesség alakulását a nyári hónapokban befolyásolta jobban. A gyeptekintetében a megnövekedett párolgási értékek lehettek nagy hatással a talaj felső rétegének nedvességtartalom-változására. Az észlelési időszakban tisztáson mért talajnedvesség-értékek erősen ingadozóknak mondhatóak, kiegyenlítődést a őszi-téli hónapokban lehet megfigyelni (31. ábra).



31. ábra: A talaj felső 80 cm-es rétegének nedvességtartalom-változása a bócsai mintaterületen a napi csapadék függvényében.

A fenyves és nyáras faállományokban mért talajnedvesség értékek változása egyértelműen a vegetációs időszakban tapasztalható fokozott növényi vízfogyasztáshoz köthetőek. A téli időszakban a fenyőállományban a talajnedvesség értéke alacsonyabb a nyugalmi állapotban lévő szürke nyáras faállomány talajnedvesség értékeivel összevetve, viszont ez az 1,1%-os átlag eltérés nem mondható kiugró értéknek. A legalacsonyabb értékek a szürke nyárasban voltak észlelhetőek július közepétől november elejéig. A talaj nedvességtartalma a két faállományban október és november hónapokban kezd el trendszerűen növekedni a nyugalmi időszakban.

A pusztaszeri mintaterületeken is jól kirajzolódott a gyep (tisztás) és az erdő közötti különbség a talajnedvesség változását illetően. A tisztáson mért nedvességtartalmak az egyes csapadékok hatását jól visszaadják, míg az akácok faállomány nem vagy csak lassan követi a napi csapadékösszegeket (32. ábra).

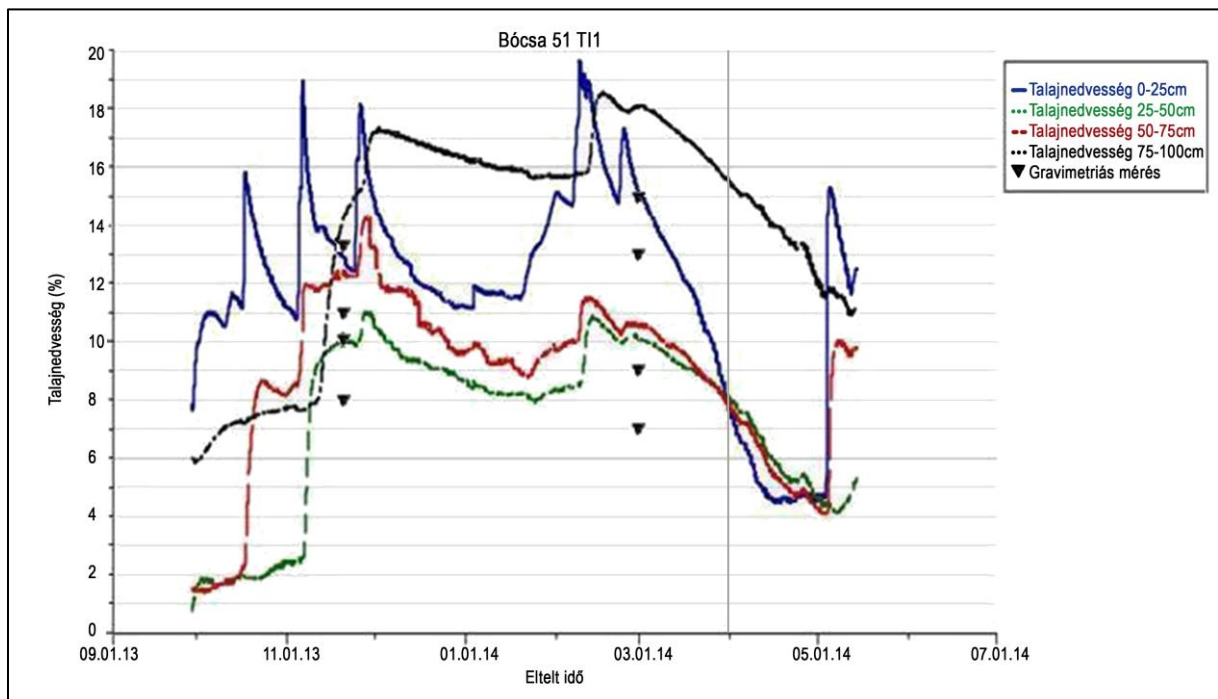


32. ábra: A talaj felső 80 cm-es rétegének nedvességtartalom-változása a pusztaszeri mintaterületen a napi csapadék függvényében.

A nyári időszakban mért alacsony nedvességtartalmak a vegetációs időszakban lezajló fokozott növényi vízfelvétellel vannak összefüggésben. A vizsgált sarj eredetű akácok faállomány (a bócsai szürke nyárasokhoz hasonlóan) fejlett gyökérrendszere segítségével a felső talajréteget

rövid idő (~10 nap) alatt képes leszárítani, így mindenképpen nagy hatást gyakorol a beszivárgó vizek mennyiségére a vegetációs időszakban.

A három bócsai mintaterületen végzett automatizált talajnedvesség-méréseket 2013.09.01. és 2014.05.01. közötti időszakban végeztem négy rétegben (0-25 cm, 25-50 cm, 50-75 cm, 75-100 cm) óránkénti mérések segítségével. A mérőállomásokhoz csatlakoztatott szenzorok pontosságát gravimetriás mérések segítségével ellenőriztem. Kivétel nélkül minden esetben a szárítószerényes eljárás adatai alacsonyabbak voltak az automaták órás méréseihez képest. Ez az eltérés a talajminták vizsgálati előtti száradásából, valamint a gyökerek mintából való kiválogatásából adódik.

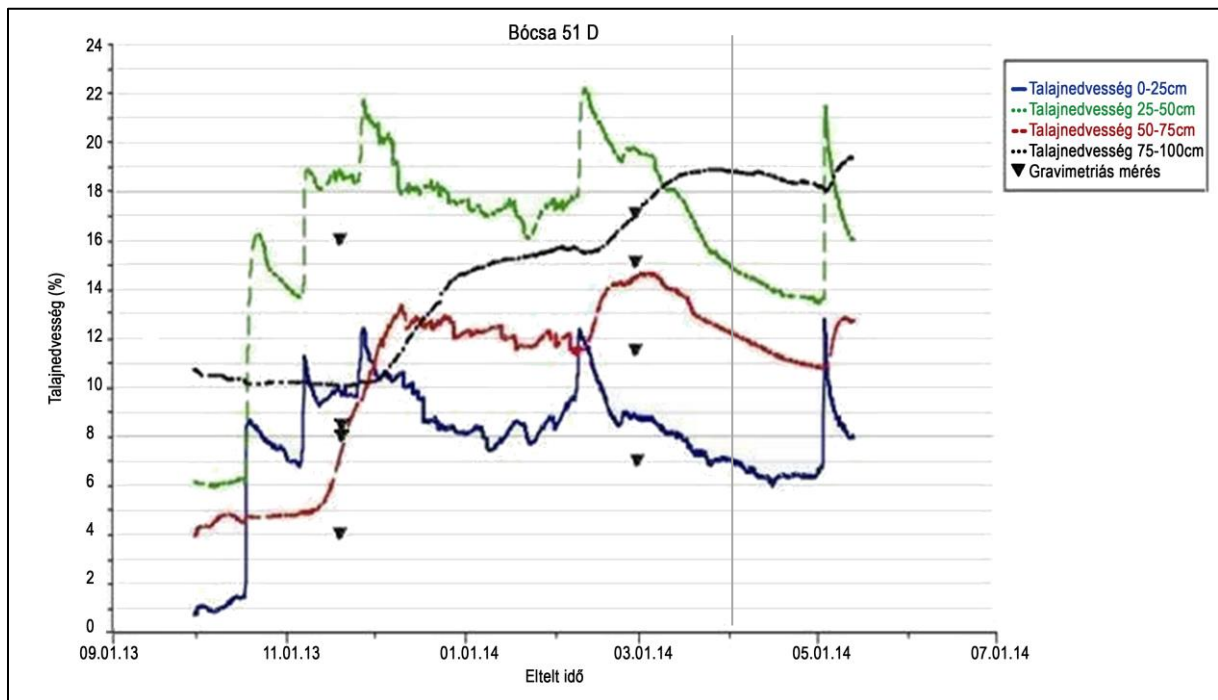


33. ábra: A talajnedvesség alakulása a Bócsai 51 T11 mintaterületen.

A kontrollterületként használt tisztáson a talajnedvesség alakulása a felső rétegben (0-25 cm) mondható a legváltozatosabbnak, míg a legmélyebb rétegben mért nedvességtartalmak jóval kiegyenlítettebbek. A legalacsonyabb talajnedvesség-értékek tartósan a második rétegben (25-50 cm) mutatkoztak érdekes módon a téli időszakban. Ez az alacsony érték a talajréteg gyökerettségével és az átlagosnál alacsonyabb, téli hónapokban mért csapadékösszegekkel magyarázható. Mind a négy talajrétegben megfigyelhető nedvességtartalom növekedése az őszi végi téli eleji időszakban, ezek után átmeneti csökkenés figyelhető meg, majd a téli végi csa-

padékok és a több lépcsős hóolvadás hatására átmenetileg növekszik a talajnedvesség értéke és végül a vegetációs időszak kezdetével ismét trendszerű csökkenés mutatkozik a gyepterület talajnedvesség-forgalma tekintetében (33. ábra).

Az erdőfenyvesben (Bócsa 51 D) mért talajnedvesség-tartalom dinamikája a két felső (0-25 cm, 25-50 cm) talajrétegben teljesen hasonlóan mondható. A harmadik legmélyebb réteg (50-75 cm) lefutása is részben követi a két felső réteg periodikus változásait. A 75-100 cm közötti réteg az észlelések során szinte végig növekedő tendenciát mutat (34. ábra).

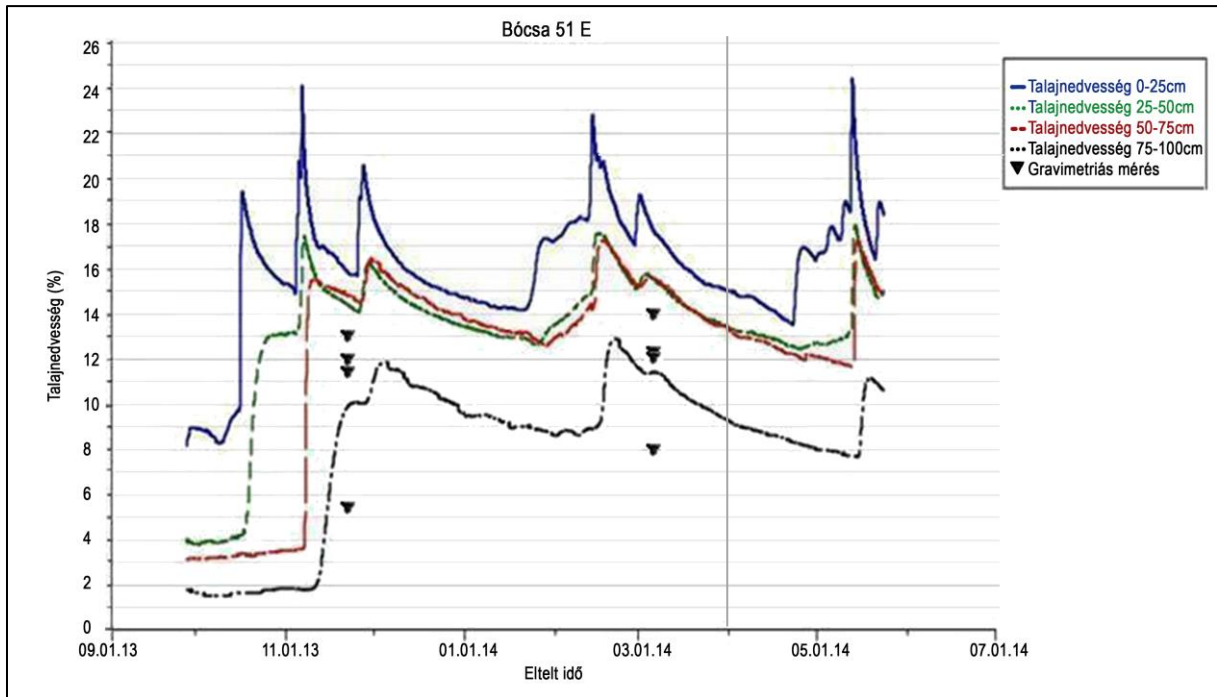


34. ábra: A talajnedvesség alakulása a Bócsai 51 D mintaterületen.

A tisztás talajnedvesség-tartalmához hasonlóan a fenyvesben is ősz végén növekszik, majd téleleji csökkenés után hirtelen növekszik a nedvességtartalom értéke. A tavaszi hónapok a talajnedvesség lefutása csökkenő tendenciát mutat. A fenyvesben mért alacsonyabb nedvességtartalmak a faállomány mélyebb gyökérrendszerének nedvszívó hatásával és az intercepciós veszteséggel magyarázhatóak.

A szürke nyáras faállományban (Bócsa 51 E) a négy talajréteg nedvességtartalmának lefutása hasonló dinamikát mutat. Általánosságban nagyobb talajnedvesség-tartalom ingadozás jellemzi a hazai nyáras faállományt. A felső réteg (0-25 cm) talajnedvesség tartalma több esetben is meghaladta a 20%-os határt. Az előző két mérőszelvényhez hasonlóan alakul a talaj-

nedvesség változása. Ugyan úgy őszi végén növekszik a talajnedvesség értéke, a téli eleji csökkenés után hirtelen növekszik a nedvességtartalom, tavaszi és nyári eleji hónapokban a lefutása általában csökkentő irányt jelez (35. ábra). A talajnedvesség tavaszi trendszerű csökkenése a mély, fejlett gyökérszerű hazai nyár állomány gyökérszívásával, talaj leszárító hatásával hozható összefüggésbe.



35. ábra: A talajnedvesség-tartalom alakulása a Bócsai 51 E mintaterületen.

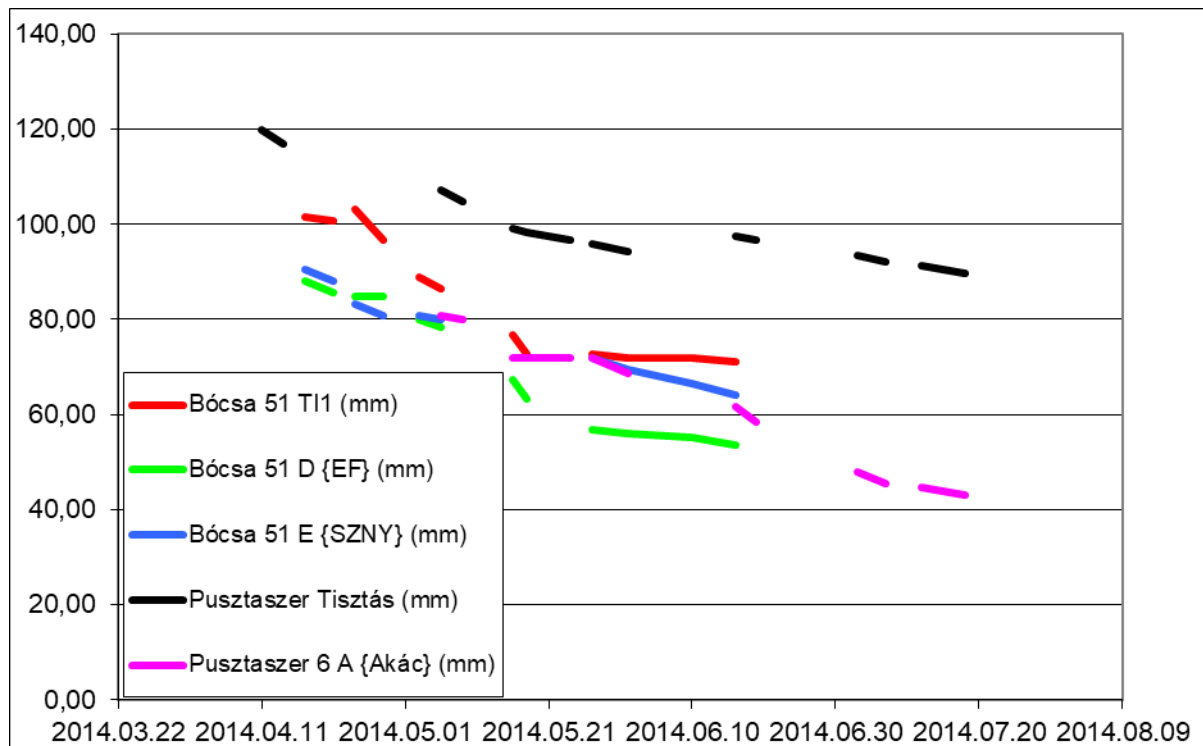
A talajnedvesség-tartalom dinamikáját illetően, tavasszal a 0-25 cm-es réteg volt a legszárazabb a tisztáson és az erdeifenyves mintaterületeken. A többi talajrétegben elég változatos lefutású volt a talajnedvesség-tartalma mindhárom mintaterületet figyelembe véve. A fenyvesben mért alacsonyabb talajnedvesség tartalmak alakulását magyarázza, hogy a gyep gyökérszete általában a felső 15 cm-es talajrétegben található (1. számú melléklet), míg az erdeifenyvesben a fák gyökérszete ennél sokkal mélyebben található.

#### 4.6. Az vízforgalom alakulása a kísérleti területeken.

A korábban ismertetett vízháztartási egyenletet (Szász és Tókei 1997) csapadékmentes időszakokra írtam fel, az intercepció és a mélybeszivárgás értéke kiesett, ezzel a talaj nedvességkészletének változása az evapotranszpiráció értékét adta (Moltschanow 1957,



Gácsi 2000). Csapadék mentes időszakban a talaj nedvességekészletét az általam mért talajnedvesség adatok alapján számítottam a felső 80 cm-es talajrétegre vonatkozóan.



36. ábra: A bócsai és a pusztaszeri mintaterületek talajának nedvességekészlet-változása a csapadékmentes időszakokban (2014. 03. 31-től 2014. 09. 01-ig).

A fenti ábra a csapadékmentes időszakok nedvességekészletének változását, egyenesen csökkenését mutatja. Az ábra a mintaterületek talajának nedvességekészlet-változását dolgozza fel a 2014. évi vegetációs időszakra vonatkozóan. A TDR-rendszerű szondával végzett méréseket jelölő pontokat egy csapadékmentes időszakra vonatkozóan összekötve ábrázoltam. Júliusban kismértékű emelkedés tapasztalható, augusztus végén a vegetációs időszak végső szakaszában jelentős csökkenés áll be. A mintaterületek talajának vízkészlet-változása a csapadékmentes időszakokban a tényleges evapotranszpiráció értékét adják a korábban említett vízháztartási egyenletet (Szász és Tőkei 1997) összefüggései alapján. Így a júliusban kimutatott csökkenés a fokozott növényi vízfogyasztásra, a vegetációs időszak végén megfigyelhető növekedés pedig a növényi vízfelvétel csökkenésére utal (36. ábra). Pontokra illesztett egyenesek meredeksége változó a vegetációs időszakon belül, ha júliusra számított értékeket összekötjük, az egyenes meredeksége látványosan megnövekszik, ez az evapotranszpiráció intenzitásának növekedését jelzi (Gácsi 2000).

A vegetációs időszakban az evapotranszpiráció értékét Gácsi (2000) által is alkalmazott módszer (az adatok mediánja:  $X_m$  és a napok számával súlyozott átlaga:  $x_s$ ) alapján számított-

tam, az eltérő párolgási intenzitású időszakokat és (a lombos faállományok esetében) a kapiláris vízemelést is figyelembe véve. Ezek alapján a tenyészidőszakban az evapotranszspiráció napi értékét és vegetációs időszakra vonatkoztatott teljes értékét erdőrészletenként tudtam megadni (14. táblázat). Fontos hozzá tenni, hogy a módszer segítségével számított adatok becsült értékeknek tekinthetők, mivel az alkalmazott módszer a lent közölt eredményeknél pontosabb meghatározás lehetőségét nem biztosítja.

14. táblázat: Az evapotranszspiráció napi és teljes értéke 2014. 03. 31 - 2014. 09. 01. között.

Erdőrészlet	ET(mm/nap) medián	ET (mm/nap) átlag	ET vegetációs időszak (mm)
Bócsa 51 TI1	0,8	0,46	70-122
Bócsa 51 D (EF)	0,53	0,34	52-81
Bócsa 51 E (SZNY)	0,4	0,44	61-67
Pusztaszer TI	0,3	0,46	46-70
Pusztaszer 6 A (A)	0,26	0,31	40-47

A fentiek alapján a tenyészidőszakban a szürke nyáras (Bócsa 51 E) faállomány evapotranszspirációja volt a legmagasabb a lombos faállományok közül, a legmagasabb evapotranszspirációs érték a Bócsa 51 TI1 erdőrészletben volt jellemző. Az erdei fenyves (Bócsa 51 D) faállományra számított értékek a hasonlóak a korábban közölt kutatási eredményekhez (Gácsai 2000). Az akác (Pusztaszer 6 A) és a hazai nyáras (Bócsa 51 E) faállományokra a szakirodalmi adatokhoz (Járó 1981) képest már jelentős eltérés tapasztalható. A szürke nyáras evapotranszspirációja Járó (1981) adataihoz képest töredéke, amelyet a gyenge termőhelyi adottságokból fakadó heterogén állománykép is alátámaszt. Az akác faállományban a tenyészidőszakra számított evapotranszspiráció értéke Járó 1981-ben megadott adataihoz képest jóval alacsonyabbnak mondható.

A mélybeszivárgást a vízháztartási egyenletből maradéktanként állapítottam meg az intercepció és az evapotranszspiráció ismeretében. A gyepterületek intercepcióját Hagyó (2009) bugaci méréseit felhasználva adtam meg. Az akác faállomány intercepcióját Járó (1980) eredményei alapján határoztam meg. Mivel az evapotranszspiráció értéke becsült mennyiségként kezelendő, így az annak segítségével számított mélybeszivárgás is becsült értéknek tekinthető. A további hibalehetőségek kiküszöbölése érdekében (pl.: az előző évről maradt víztöbblet általam nem ismert értéke) a mélybeszivárgást az általam korábban megha-

tározott: 2014. 03. 31 - 2014. 09. 01. közötti (vegetációs) időszakra vonatkozóan becsültem meg (15. táblázat).

15. táblázat: A mélybeszivárgás számítása 2014. 03. 31 - 2014. 09. 01. közötti időszakra.

Erdőrészlet	Csapadék (mm)	Talaj vízkészlet változása (mm)	Intercepció (mm)	ET (mm)	Mélybeszivárgás 80 cm alá (mm)
Bócsa 51 TI1	428	-38	30	70-122	314-366
Bócsa 51 D (EF)	428	-36	98	50-80	286-316
Bócsa 51 E (SZNY)	428	-32	81	60-70	309-319
Pusztaszer TI	407	-29	28	46-70	338-368
Pusztaszer 6 A (A)	407	-38	102	40-47	298-303

A Járó Zoltán (1981, 1995) által leközölt kutatási eredményeit és az általam meghatározott evapotranszpirációs értékeket alapul véve megbecsülhető a mintaterületek talajfelszínének párolgási értéke. Ez az érték az általam vizsgált erdőállományok esetében 90-100 mm közé esik. A fátlan mintaterületek esetében a Hagyó (2009) által leközölt adatokhoz arányítva a párolgás értéke 100-150 mm között adódik (16. táblázat). Mivel csak a talaj felső 80 cm-es régét tudtam vizsgálni, a fenti párolgási adatok alapján a kapott evapotranszpirációs értékeket nem bontottam tovább.

A lombos faállományok (Bócsa 51 E és Pusztaszer 6 A) talajvízfogyasztását a White-féle módszer segítségével állapítottam meg a 2014-es vegetációs időszakra vonatkoztatva (White 1932, Loheide és mtsai 2005). A szürke nyáras (Bócsa 51 E) átlagos napi talajvízfelvétele 1,5 mm/nap, az akác esetében 0,9 mm/nap volt.

16. táblázat: A mintaterületek vízforgalmának főbb komponensei.

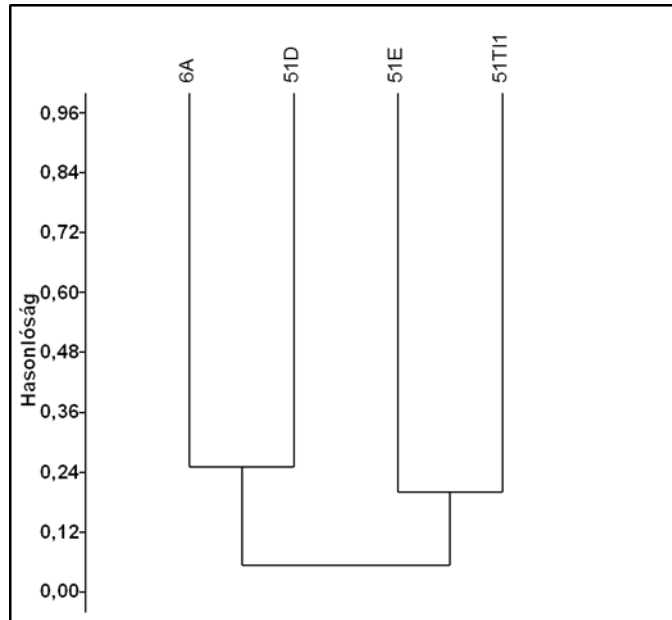
Időszak →	2014.03.31.-2014.09.01.				
	Bócsa 51 D (EF)	Bócsa 51 E (SZNY)	Bócsa TI1 (Gyep)	Pusztaszer TI (Gyep)	Pusztaszer 6 A (Akác)
Intercepció (mm)	98	81	30	28	102
Evapotranszpiráció (mm)	50-80	60-70	70-122	46-70	40-47
Mélybeszivárgás (0,8 m →) (mm)	286-316	309-319	314-366	338-368	298-303
Talaj vízkészlet-változása (mm)	-36	-32	-38	-29	-38
Csapadék összesen (mm)	428	428	428	407	407
Vízfelvétel a kapilláris zónából (mm)	-	230	-	-	136

A mintaterületek vízforgalmának vizsgálata során különbségek mutatkoznak a tisztások (Bócsa 51 TII, Pusztaszer TI), az erdei fenyő (Bócsa 51 D) és a szürke nyáras faállomány (Bócsa 51 D) evapotranszpirációs értékei között. A különbséget a fával nem borított területek és a három vizsgált erdőállomány között, a fásszárú vegetáció evapotranszpirációs értékei, valamint az intecepciós veszteség jelentette. A fenyőállomány esetében ez az érték 51-82 mm (érték a talaj felső 80 cm-es rétegére vonatkoztatva), mivel sekélyebb gyökérszerve nem éri el a talajvízszintet. A tűlevelű faállomány kizárólag a lehulló csapadékból származó, beszivárgó vízmennyiségből tudja a vizet felvenni.

A szürke nyáras (Bócsa 51 E) és az akácos (Pusztaszer 6 A) faállomány esetében az evapotranszpirációs érték a talaj felső 80 cm-es rétegére vonatkoztatva 61-67 mm és 40-47 mm, a 2014-es vegetációs időszakban (2014.03.31-től 2014.09.01-ig). Ám a lombos faállományok fejlett gyökérrendszerük révén a talajvízből, valamint harmatgyökereik segítségével a felső rétegekből is könnyen vízhez tudnak jutni.

## 5. Természetvédelmi kezelésre vonatkozó javaslatok

A Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság közel egy millió hektáros működési területén megtalálható erdei élőhelyek közül természetvédelmi szempontból kiemelten fontosak a kiemelt közösségi jelentőséggel bíró erdei élőhely-típusok. A veszélyeztetett élőhelyek közé az Euroszibériai erdősztyepp tölgyesek (91I0) és a keményfás ligeterdők (91F0) tartoznak. A kutatási tevékenységem elsősorban fokozottan védett, védett és Natura 2000 területen lévő mintaterületeken végeztem, ahol jelölő élőhelyek és telepített, tájidegen, vagy intenzíven terjedő faállományokat vizsgáltam. A Bócsai 51 TII kiemelt közösségi jelentőségű élőhelynek Pannon homoki gyepnek (6260), a Bócsa 51 E erdőrészlet pedig Pannon borókás-nyáras (91N0) élőhely-típusnak minősül. Az általam gyűjtött terepi, biotikai adatok (fokozottan védett, védett állat- és növényfajok előforduló egyedei) alapján a Béta diverzitás azt mutatja, hogy a Jaccard index alapján, (hierarchikus klaszter diagramon ábrázolva) jól elkülönül egymástól a Bócsa 51 E és a Bócsa 51 TII, a két természetvédelmi szempontból értékesebb területre a Pusztaszer 6 A Bócsa 51 D erdőrészletektől (37. ábra). Mivel ezekben az állományokban volt magasabb a védett fajok száma.



37. ábra: Jaccard-féle fajazonossági index alakulása a kutatási területen.

A mintaterületeken előforduló védett fajok a jelenlét-hiányát megvizsgálva két csoportban különíthetjük el a vizsgált területeket. Az erdeifenyves (Bócsa 51 D) és az akácos (Pusztaszer

6 A) esetében a fajazonosság magasabb (25%), ott az élőhelyek természetessége is alacsonyabbnak mondható. A hazai nyáras (Bócsa 51 E) és a tisztás (Bócsa 51 TII) természet-közeli élőhelyeknek tekinthetőek, itt a kalkulált fajazonossági index 20%-os értéket mutat. Az alacsonyabb a fajazonosság ezeken a természetközeli élőhelyeken azt mutatja meg, hogy változatosabb az élővilág összetétele. Ezért kevesebb a közös fajok száma. Alapvetően a hazai nyáras (Bócsa 51 E) és a tisztás (Bócsa 51 TII) részletek védett lágyszárú növényfajai találhatóak meg mindkét élőhelyen.

Mivel Pannon homoki gyepek (6260) és a Pannon borókás-nyáras (91N0) élőhely-típusok a más veszélyeztetett élőhelyek (Euro-szibériai erdősztyepp tölgyes) kialakulásával szoros összefüggésben állnak ezért feltétlenül vizsgálandó kérdés természetvédelmi szempontból ezen élőhelyek vízforgalmának alakulása, annak megismerése. A tájidegen (Bócsa 51 D) és intenzíven terjedő (Pusztaszer 6 A) faállományok pedig nagy kiterjedésben határozzák meg Nemzeti Park Igazgatóság területén jellemző a Nemzeti Park által kezelt saját, illetve a más gazdálkodó vagyonkezelésében lévő erdőállományok arculatát, így ezek természetvédelmi szempontú vizsgálata is meghatározó feladat a természetvédelmi kezelési módszerek mindennapi alkalmazása során.

A Bócsa 51 TII egyéb részlet területén található Pannon homoki gyepek természetvédelmi kezelése viszonylag egyszerű feladat, ami jellemzően a passzív védelmi intézkedéseket (beszántás tiltása, faanyag készletezés ne a gyepeken történjen, illetve a munkagépek közlekedésének korlátozása) jelenti elsősorban. A korábban szántóként hasznosított gyepterület jelenleg jó természetvédelmi helyzetben van, köszönhetően a korábbi természetes visszagyepesedési folyamatoknak. Viszont a szomszédos területeken megjelenő közönséges selyemkóró (*Asclepias syriaca*) aggodalomra adhat okot. A jövőben a gyepek állapotának folyamatos minimum évi négyszeri monitorozása szükséges az inváziós fenyegetettség miatt. A évi többszöri terepi bejárások, biotikai adatgyűjtések során lehet kontrollálni a közönséges selyemkóró (*Asclepias syriaca*) továbbterjedésének mértékét, illetve így lehetőség nyílik az ellene való védekezési módszerek (mechanikus irtás, pontpermetezés gyomirtó szer alkalmazásával) megtervezésére és precíz kivitelezésére, az arra alkalmas időszakban.

Az erdeifenyves állomány (Bócsa 51 D) természetvédelmi kezelése egybe esik a klasszikus erdőgazdálkodói érdekekkel, amelyre az erdőterv is lehetőséget kínál. A jelenleg erősen pusztuló faállományban mielőbbi véghasználat és szerkezet-átalakítás szükséges 3 ha-os részterületen, a tuskólehordás és teljes talajelőkészítés alkalmazásával. Az erdőfelújítás során alkalmazott célállomány az egyéb lomb elegyes hazai nyáras kell, hogy legyen. Az erdőszítésben

ajánlott elegyfajok a tatárjuhar (*Acer tataricum*), vadkörte (*Pyrus pyraster*), mezei szil (*Ulmus minor*) lehetnek. Az beültetett elegy hosszú távú megőrzése érdekében vadvédelmi kerítés alkalmazása szükséges.

A szürke nyáras erdőrészlet (Bócsa 51 E) természetvédelmi kezelése az előzőektől jelentősen eltér, mivel ebben az esetben nem megoldás a passzív védelem és a klasszikus erdőgazdálkodói módszerek alkalmazása a jelölő élőhelynek tekinthető, ám folyamatosan pusztuló faállomány további megőrzése érdekében. Jelenleg az erdőterv nem kínál megfelelő fakitermelési lehetőségeket. Mivel szinte az összes nevelő vágás elmaradt ezért az állomány egy része felnyurgult, így széltörések nagymértékben károsíthatják az állományt. Az erdőrészletben 3 ha-on nagy erélyű (40%) gyérítést szükséges végrehajtani, a cserjeszintben lévő közönséges boróka (*Juniperus communis*) megőrzését szem előtt tartva. A fahasználatot vegetációs időszakon kívül javasolt elvégezni, kíméletes közelítési módszer (közelítő kerékpár) alkalmazásával. A faállomány gyepszintje értékes növényfajoknak (vörösbarna nőszőfű, piros madársisak, homoki nőszirm) ad otthont, így a vonszolósos közelítés elvetése szükséges. A gyérítés a faállomány további fennmaradását szolgálja természetvédelmi szempontból. Az erdőrészletben jelentős a holtfa mennyisége, de a fahasználat során elegendő a holtfaanyag 40%-át meghagyni a védett rovar- és madárfajok (skarlátbogár, diófacincér, nagy fakopáncs, feketeharkály) számára. A felnyurgult állományrészek két jól elkülöníthető foltban vannak jelen, itt részterületes véghasználat javasolt kétszer 1 ha-on. A természetvédelmi szempontból előnyös erdőfelújítási módszert a hazai nyár természetes sarjztatása jelenti. Az erdőrészletet véderdőként, vagy felnyíló erdőként célszerű tovább kezelni.

A pusztaszeri mintaterületek természetvédelmi szempontból meghatározó élőhely-típusnak számítanak a Pusztaszeri Tájvédelmi Körzetben, ám a bócsai élőhelyekhez képest természetvédelmi jelentőségük kisebb. A gyepterület természetvédelmi kezelése jelen állapotban az évenkénti kaszálásban ölt formát. Fontos a kaszálás időpontjának kedvező megválasztása a földön fészkelő madárfajok, így a fokozottan védett haris (*Crex crex*) költésének védelme érdekében. A legkedvezőbb időpont a július 15-e utáni kaszálási időpont, mivel ilyenkor a földön fészkelő madárfajok nagy része kikeltette fiókáit. Viszont érdemes figyelembe venni, hogy a kései kaszálás miatt a széna minősége romlik, az kevésbé hasznosítható a haszonállatok számára. Természetvédelmi és vadvédelmi szempontból az éves kaszálások során a vadriasztó használata mindenképpen kívánatos.

Természetvédelmi kezelési szempontból az erdőrészletben régészeti feltárás szükséges, mivel a közelben több „ex lege” védett kunhalom is megtalálható (pl: Nagycsászárné halma), így

feltételezhető, hogy további, eddig nem regisztrált kunhalmok is jelen vannak a tájban. Az „ex lege” védettség fennállásával a faanyagtermelést nem szolgáló üzemmód jöhet szóba, mint a passzív védelem eszköze. Egy másik kezelési módszer lehet a fafajcsere, kíméletes részleges talajelőkészítés és tuskómarás, valamint a csemetésben az akácsarjak elleni védekezés együttes alkalmazásával.



## **6. Mérési módszerek és eredmények felhasználása, beillesztése a természetvédelmi kezelésbe**

A kutatásban alkalmazott mérési módszerek és a kapott kutatási eredmények az intercepció mérésén kívül (mivel ez a módszer meglehetősen időigényes) a természetvédelmi kezelés alapjait meghatározó kulcsparaméterek lehetnek minden egyes természetvédelmi kezelői nyilatkozat, állásfoglalás, természetvédelmi kezelési terv, vagy Natura 2000 fenntartási terv megírásához szükséges háttér munka során. Jelenleg a természetvédelmi kezelői gyakorlat nem igazán veszi figyelembe a gyepterületek vízforgalmának alakulását. Tapasztalataim szerint több esetben inkább egy-két szakirodalmi adatra hivatkozva érintik az egyes élőhelyek vízháztartásra gyakorolt (általában negatívnak megítélt) hatását. Ez a megközelítés sokszor hibás lehet, mivel kevés tényadatot vesz figyelembe. Az egyes élőhelyek kezelése komplex megközelítést igényel és minden esetben szükséges figyelembe venni a rendelkezésünkre álló összes adatsort (nem csak biotikai adatokat). A legcélszerűbb a Nemzeti Park Igazgatóságnak saját monitoring hálózatot működtetnie a saját vagyonkezelésében lévő erdő- és gyepterületein (minden kiemelt jelentőségű élőhely-típus esetében legalább egy mintaterület kialakításával). Minden esetben fontos a megfelelő, reprezentatív mintaterületek kialakítása. A kialakított mintaterületeken a talajnedvesség, talajvízszint, meteorológiai adatok automatizált mérése szükséges. Így a kapott eredmények elemzésével a vegetációs időszakban, a növényzet számára rendelkezésre álló vízmennyiség megadható és nagy vonalakban megállapítható az adott faállomány vízháztartásra gyakorolt hatása, a korábban ismertetett vízháztartási egyenlet megfelelő alkalmazásának segítségével. Ezzel a Nemzeti Park Igazgatóság saját mérési adatait felhasználva tudományos alapokra helyezhetné természetvédelmi kezelői tevékenységét, szemben a sokszor érzelmi alapú megközelítésekkel. A mérőhálózat kialakításához, fenntartáshoz és további fejlesztéséhez megfelelő pénzügyi keretet biztosítanak a KEHOP (Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program – az Európai Unió Európai strukturális és fejlesztési alap), LIFE (L'Instrument Financier pour l'Environnement) és LIFE+ pályázatok. A Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Programban a következő célprogramokon belül nyílt lehetőség a monitoring hálózat felszereléséhez, működtetéséhez: „KEHOP-4.1.0 - Élőhelyek és fajok természetvédelmi helyzetének javítása, a természetvédelmi kezelés és bemutatás infrastruktúrájának fejlesztése”, „KEHOP-4.2.0 A Természetvédelmi Őrszolgálat és monitorozó rendszer fejlesztése”, „KEHOP-4.3.0 A közösségi jelentőségű természeti értékek

hosszú távú megőrzését és fejlesztését, valamint az EU Biológiai Sokféleség Stratégia 2020 célkitűzéseinek hazai szintű megvalósítását megalapozó stratégiai vizsgálatok”. A LIFE programok Környezetvédelem alprogramon belül a „Természet és biodiverzitás” témában pályázhat a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság legnagyobb eséllyel, a 2014-2020. közötti uniós pénzügyi időszakban.

A klasszikus erdészeti kezelések során még a természetvédelmi kezelők sem veszik figyelembe a szerkezet-átalakítások elvégzésekor azt a tényt, hogy az őshonos fafajú erdősítés egy bizonyos kort elérve több vizet használhat fel, mint az előtte véghasználatra besorolt tájidegen faállomány, amely alapesetben természetvédelmi szempontból jellegtelen élőhelynek mondható. Viszont a természetvédelmi kezelés nyomán létrejött őshonos faállományok növelik a terület diverzitását és megfelelő élőhelyet nyújtanak olyan védett fajok egyedeinek, melyek a korábbi tájidegen, vagy intenzíven terjedő faállományokban elő sem fordultak, vagy csak vegetáltak. A Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság eddigi erdőgazdálkodói tapasztalatai alapján elmondható, hogy az őshonos fafajú ültetett faállományokban egyszerre jelenhetnek meg olyan védett, fokozottan védett értékek, amelyek a gyepi és az erdei élőhelyekben is egyaránt a karakterfajok közé sorolhatóak. Erre kiváló példa a Bócsa 51 E erdőrészlet, ami mesterséges eredete ellenére magas természetvédelmi értéket képvisel és egyben kiemelt közösségi jelentőséggel is bír.

Az erdőállományok vízháztartásának vizsgálata természetvédelmi szempontból nagyon fontos, hogy a természetvédelmi szakma további ismereteket szerezzen az őshonos, diverz élőhelyek létrehozásának későbbi környezetre gyakorolt hatásairól.

## 7. A kutatási eredmények értékelése

A kutatás három éve alatt megközelítőleg 354800 rekord gyűlt össze, ebből kézi méréssel 6137 rekord, automaták segítségével pedig 348663 rekord.

A szabadterületi csapadék alakulása mintaterületenként változatosnak mondható, több esetben az átlagosnál több csapadék hullott éves szinten, de azok eloszlása nem mondható egyenletesnek. A mérési időszakban több alkalommal hosszú aszályos periódusok voltak megfigyelhetőek (pl.: 2014 júniusában). Az öt helyszínen gyűjtött, szabad területen mért csapadékesemények közül a legnagyobb 2013. március 31-én 60 mm Kunadacson került kimérésre.

Az koronaintercepció átlagos értéke a bócsai mintaterületen lévő erdeifenyvesben 23% (2012-ben 22%, 2013-ban 24%, 2014-ben 23%), a szürke nyáras állományban 19,2% volt 2012.03.30-tól 2015.03.31-ig terjedő mérési időszakon belül (2012-ben 18,5%, 2013-ban 20%, 2014-ben 19%). Az egymástól eltérő szakirodalmi adatok tükrében (Járó 1980: 16%, Gácsi 2000: 19,5%, Sitkey 2004: 25%) az erdei fenyőben általam kimutatott intercepciós veszteség értéke átlagosnál magasabbnak mondható. A szürke nyáras faállományban mért intercepciós értékek az átlagosnál alacsonyabbak, ami elsősorban a faállomány alacsonyabb záródásával, a törzsek gyenge minőségével, a laza ágszerkezettel és az elmaradt nevelő vágások miatt alászorult, majd kiszáradt faegyedek okozta lécek megjelenésével magyarázható. A szakirodalmi adatokkal (Járó 1980: 24%, Sitkey 2004: 23%) való összehasonlítás itt is kérdéses, mivel a korábbi közlések eltérő (sarj) eredetű, korú, valamint jobb fejlődésű faállományokra vonatkoznak.

A törzsi lefolyás értéke (2012.03.30- és 2015.03.31. között) az erdeifenyvesben átlagosan 4% (2012-ben 1,5%, 2013-ban 4%, 2014-ben 2,5%), a szürke nyáras erdőrészletben 10% (2012-ben 8%, 2013-ban 12%, 2014-ben 10%) volt. A fenyő vastag, cserepes, nedvszívó kérgén alacsonyabb a törzsi lefolyás mértéke, míg a szürke nyár sima, jelentős részében vízelvezető kérgén nagyobb törzsi lefolyás volt mérhető. A törzsi lefolyás esetében is nehézkes a szakirodalmi adatokkal (Járó 1980, Gácsi 2000, Sitkey 2004) való összevetés, mivel a korábbi eredmények közzétevése során az állományi csapadékot nem bontották tovább áthulló csapadék- és törzsi lefolyásadatokra, vagy elhanyagolható mennyiségűnek tüntették fel.

A Bócsán, 2012.01.01. és 2015.03.31. közötti időszakban mért meteorológiai adatok tekintetében általánosságban elmondhatjuk, hogy a sokéves átlagnak megfelelően alakulnak, de

a mérési időszakban többször is a szélsőségek domináltak (2013 áprilisában és júliusában, illetve 2014 júniusában hosszú csapadékmentes időszakok voltak jellemzőek).

Az éves csapadékösszeg 2012-ben (420,6 mm) a sokéves átlag alattinak mondható, viszont a 2013-ban (599 mm) és 2014-ben (807,9 mm) mért csapadékok éves összege a megszokottnál jóval nagyobb volt. Aszályos időszakok 2012-ben március, július és augusztus, 2013-ban augusztus és 2014-ben március hónapokban voltak jellemzőek.

Több aszályveszélyes időszak is tapasztalható volt, jellemzően a tavaszi és nyári hónapokban. A humid időszakok elrendeződése a 2012. és 2014. között igen heterogénnek mondható, ami csapadékesemények változatos eloszlásával magyarázható.

A bócsai mintaterületeken a talajvízszint átlagosan 3,4 m-es mélységben volt érzékelhető a közel másfél éves észlelési időszakban (2013.11.25. és 2015.02.02 között). Ez az átlagérték országos szinten igen mélynek mondható, de a homokhátsági viszonyokhoz képest mégis az általánosan elfogadott értékek közé tartozik. Gácsi 2000-ben leközölt Bugacon mért adataival és az Alsó-Duna-Völgyi Vízügyi Igazgatóság észleléseivel (Orgoványon a 2014-ben 3,5 m, Bócsán 2014-ben 3,3 m volt a talajvízszint átlagos mélysége) összevetve ez az érték az átlagnak megfelelő.

A Pusztaszeren kialakított mintaterületen a két talajvízkút átlagos vízszintje 2,1 m volt az adatgyűjtés időszakában. A 2,1 m-es 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 talajvízszint-adatok elemzése során minden esetben kimutathatóak voltak a gyepek és az erdő közötti különbségek. Ezt alátámasztja, hogy az adatgyűjtési időszakban az erdőállományok alatt folyamatosan alacsonyabb talajvízszint volt jellemző. A bócsai mintaterületen lévő hazai nyáras és a pusztaszeri akácok faállományok a fejlett gyökérhálózatuk révén képesek elérni és felvenni vizet a mélyebben található talajrétegekből is. A vizsgált túlevelű faállomány gyökérzete számára a talajvízszint nem elérhető mélységben található, így inkább az egész évben fennálló intercepciós veszteségen keresztül van minimális hatással a talajvízszint alakulására.

A bócsai és a pusztaszeri mintaterületeken jól kirajzolódott a gyepek (tisztás) és az erdő közötti különbség a talajnedvesség változását illetően. A tisztásokon mért nedvességtartalmak az egyes csapadékok hatását jól visszaadják, míg a faállománnyal borított mintaterületek esetében nem, vagy csak lassan követik a napi csapadékösszegek alakulását.

A vízháztartási egyenlet segítségével elvégezett számítások szerint, a vizsgált gyepterületek evapotranszpirációs értékei magasabbak, a mellettük található erdőállományokéhoz képest, ha a talaj felső 80 cm-es rétegét vizsgáljuk. A különbséget a fával nem borított területek és a három vizsgált erdőállomány között, a fásszárú vegetáció evapotranszpirációs értékei, valamint az intecepciós veszteség jelentette. A fenyőállomány esetében ez az érték 51-82 mm (érték a talaj felső 80 cm-es rétegére vonatkoztatva), mivel sekélyebb gyökérzete nem éri el a talajvízszintet. A tűlevelű faállomány kizárólag a lehulló csapadékból származó, beszivárgó vízmennyiségből tudja a vizet felvenni. A szürke nyáras (Bócsa 51 E) és az akácos (Pusztaszer 6 A) faállomány esetében az evapotranszpirációs érték a talaj felső 80 cm-es rétegére vonatkoztatva 61-67 mm és 40-47 mm, a 2014-es vegetációs időszakban (2014.03.31-től 2014.09.01-ig). Am a lombos faállományok fejlett gyökérrendszerük révén a talajvízből, valamint harmatgyökereik segítségével a felső rétegekből is könnyen vízhez tudnak jutni.

Természetvédelmi szempontból a vizsgált mintaterületek közül a bócsai szürke nyáras erdőrészlet bizonyult a legértékesebbnek, melyet a diverzitás vizsgálat eredménye is alátámasztott. A hazai nyáras faállomány több vizet használ fel a másik két élőhellyel szemben, de ha komplexen megvizsgáljuk az adott élőhelyeket, nem csak ökológiai, hanem a hosszú távú fenntarthatóság szempontjából is a szürke nyáras faállomány a rendelkezik előnyösebb tulajdonságokkal.

A természetvédelmi kezelői tevékenységek gyakorlása során az érzelmi alapú megközelítések helyett nagyobb teret kell adni, a kutatásokkal alátámasztott szakmai eredmények felhasználásának, melyek a természetvédelmi kezelői érdekek is jól alátámaszthatják. A helyi tudományos kutatási eredmények figyelembevétele, azok természetvédelmi kezelői nyilatkozatokba való beépítése fontos a tudományos alapú szakmai munka műveléséhez.

## 8. Összefoglalás és tézisek

Dolgozatomban több mintaterületen erdő- és gyepterületek vízforgalmát vizsgáltam, kézi és automatizált terepi módszerek segítségével. Csapadékmérő hálózatot állítottam fel öt helyszínen a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság működési területén. A Bócsa és Pusztaszer községhatárában kijelölt mintaterületeken vizsgáltam a talajvízszint, a talajnedvesség és a csapadék alakulását. A bócsai mintaterületen mértem a koronaintercepció mértékét egy tűlevelű és egy lombos faállományban. A Bócsán kialakított kutatási helyszínen észleltem a léghőmérsékletet, a relatív páratartalmat, a globálsugárzást, a szélirányt, a szélesebességet és automatizált mérőállomások segítségével a talajnedvességet négy rétegben. A vizsgálataimat 2012.03.30-tól 2015.03.31-ig terjedő időszakban folytattam.

Az evapotranszpiráció értékét a vízháztartási egyenlet segítségével, az általam kiválasztott csapadékmentes időszakokra határoztam meg.

A mintaterületek természetességét  $\beta$  diverzitás, vagy fajazonossági vizsgálat alapján hasonlítottam össze. A fajazonossági vizsgálatokhoz használt index (Jaccard) alapján megállapítottam, hogy a legmagasabb diverzitási értékkel a bócsai szürke nyáras faállomány (Bócsa 51 E) rendelkezik. Ez a védett fajok magas számával magyarázható elsősorban. A faállományhoz több védett állat- és növényfaj is kapcsolódik, melyek erdei és gyepek élőhely-típusokban egyaránt megtalálhatóak. Így a korábban telepített, mesterséges úton létrehozott faállomány, a természetes úton visszatelepülő borókás cserjeszinttel kiegészülve magas ökológiai értéket képvisel, megfelel a 91N0 Pannon borókás-nyáras kiemelt közösségi jelentőségű élőhely-típusnak. A kiemelt természetvédelmi jelentőséggel rendelkező élőhely természetesen nagyobb vízmennyiséget igényel (a szomszédos tájidegen faállományhoz képest), de ez teljes mértékben egyenlő arányban áll az erdőrészlet ökológiai jelentőségével.

A kutatásom egyik fő kérdése az elért eredmények természetvédelmi kezelésben, valamint a Nemzeti Park Igazgatóság erdőgazdálkodásában való felhasználása, hosszú távú beépítése volt. Ezt jelenleg az állami természetvédelem paradigmaváltásával lehet csak elérni, amely tudományos alapokra helyezi a fokozottan védett, védett és Natura 2000 területen lévő erdők természetvédelmi kezelését.

A kutatás eredményei alapján az értékezés tézisei az alábbiak:

*1. A Szerző által kialakított és működtetett mérőhálózat alkalmas a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság működési területén történő hosszú távú hidrológiai vizsgálatok elvégzéséhez.*

A szabadterületi csapadék monitorozására öt mintaterületen létesült Hellman-rendszerű mérőpont: Balástyán, Bócsán, Bugacon, Kunadacson és Pusztaszeren. Bócsán és Pusztaszeren összesen öt helyszínen automata talajvízszintmérő-rendszer került kialakításra. A bócsai kutatási területen belül: egy mintaterületen meteorológiai állomás, három mintaterületen automatizált talajnedvességészlelő-rendszer kiépítése valósult meg. A jövőben a mérőhálózat fejlesztésével, illetve más hálózatokkal (ERTI, TAKI, ÖBKI, ATIVIZIG, ADUVIZIG) való összekapcsolásával mindenképpen alkalmas hosszú távú hiányt pótló vizsgálatok elvégzésére.

*2. A faállományokban mért talajnedvesség értékek változásai egyértelműen köthetők a vegetációs időszakban tapasztalható fokozott növényi vízfogyasztáshoz.*

A talaj nedvességtartalmának periodikus változásai a bócsai és a pusztaszeri mintaterületeken jól kirajzolódtak, a gyep (tisztás) és az erdő közötti különbséget illetően. A kutatás során gyűjtött adatsorok alátámasztják, hogy vizsgált faállományok gyökérrendszerük segítségével több vizet képesek felvenni a talaj mélyebben elhelyezkedő (a lágyszárúak által már el nem érhető) rétegeiből, ezzel befolyásolva a beszivárgó vizek mennyiségét. A lágyszárú vegetáció sekély gyökérzete révén a talaj felső 50 cm-es rétegének nedvességtartalmát befolyásolja, szemben a lombos fafajú erdőállományokkal, ahol a talajnedvesség értéke 75-100 cm-en is változhat negatív irányba a vegetációs időszakban.

A faállományokban és a gyepen kialakított mintaterületeken hasonló volt a talajnedvességtartalom dinamikája, amely megállapítás megegyezik Hagyó 2009-ben közölt eredményeivel. Az erdeifenyves talajnedvesség-tartalom dinamikája a felső két rétegben (0-25 cm, 25-50 cm) hasonlóan alakul Gácsai 1999-ben mért adatsorához. A mintaterületek mélyebb talajrétegeiben (50-75 cm, 75-100 cm) mért nedvességtartalmak kiegyenlítettebbek, inkább trendszerű változásokat mutatnak.

*3. A talajvízszint-adatok elemzése során minden esetben kimutathatóak voltak a gyep és az erdő közötti különbségek.*

Az adatgyűjtési időszakban a vizsgált erdőállományok alatt folyamatosan alacsonyabb talajvízszint volt jellemző. A bócsai mintaterületen lévő hazai nyáras és a pusztaszeri akácos faállományok fejlett gyökérhálózatuk segítségével képesek elérni és felvenni vizet a mélyebben elhelyezkedő talajrétegekből.

A lombos faállományokkal ellentétben a vizsgált erdei fenyő állomány a mérések alapján kevésbé befolyásolja a talajvízszint alakulását, mely összevág Gácsi (2000) megállapításaival, viszont ellentmond Major és Neppel hipotéziseinek (Major és Neppel 1988, Major 1994, 2002).

*4. A szürke nyárasban és az erdeifenyvesben az intercepció és az állományi csapadék változatos alakulását az adott faállomány szerkezeti jellemzői és a lehulló csapadék fizikai tulajdonságai együttesen befolyásolják.*

Az intercepciós adatok elemzése során bebizonyosodott, hogy annak mértékét döntően befolyásolja a leérkező csapadék mennyisége, intenzitása, eloszlása, az adott csapadék alaki tulajdonságai, a faállomány szerkezeti jellemzőivel (záródás, ág- és koronaszerkezet, törzsalak, az egyes faegyedek elhelyezkedése, sűrűsége, esetleges alászorultsága) és egészségi állapotával (a gombakárosítással érintett faegyedek koronája kiritkul, faegyedek pusztulása folytán csökken az erdő záródása) együtt.

Az erdei fenyőben kimutatott intercepciós értékek az átlagosnál magasabbnak mondhatóak. A szürke nyáras faállományban mért intercepciós értékek az átlagosnál alacsonyabbak, ami elsősorban a faállomány alacsonyabb záródásával, a törzsek gyenge minőségével, a laza ágszerkezettel és az elmaradt nevelő vágások miatt alászorult, majd kiszáradt faegyedek okozta lékek megjelenésével magyarázható. A törzsi lefolyás mérése során kapott adatok igazolják, hogy fenyő vastag, cserepes, nedvszívó kérgén alacsonyabb a törzsi lefolyás mértéke, míg a szürke nyár sima, jelentős részben vízelvezető kérgén nagyobb törzsi lefolyás volt mérhető.



*5. A hagyományos feldolgozási módszerek segítségével kimutatásra került a vizsgált gyepterületek és a három faállomány közötti különbség a növényi vízfogyasztás és a párolgás tekintetében.*

A számítások során megállapítást nyert, hogy a vizsgált gyepterületek növényi vízfogyasztása a talaj felső 80 cm-es rétegére vonatkoztatva magasabb, illetve közel egyenlő, mint a mellettük elhelyezkedő erdőállományoknak.

A fenyőállomány esetében az evapotranszpiráció értéke 52-81 mm a talaj felső 80 cm-es rétegére vonatkoztatva. Sekélyebb gyökérszerve nem éri el a talajvízszintet. A tűlevelű faállomány kizárólag a csapadékból származó, beszivárgó vízmennyiségből tudja a vizet felvenni. A lombos faállományoknál a vízfelvétel mértékét vizsgáljuk a kapilláris zónából, úgy a szürkennyáras esetében 230 mm-es, az akácos tekintetében pedig 136 mm-es értékeket kapunk. Így megállapítható a két lombos faállomány vízfelhasználásának magasabb értéke, mivel fejlett gyökérrendszerük révén a talajvízből, valamint harmatgyökereik segítségével a felsőbb és a mélyebb talajrétegekből is könnyen vízhez tudnak jutni.

*6. A kutatás során alkalmazott módszerek és kutatási eredmények felhasználhatók a természetvédelmi kezelések és tervezések során.*

A kutatás során alkalmazott mérési módszerek és a kutatási eredmények alkalmasak a további természetvédelmi kezelések (Natura 2000 fenntartási tervek, kezelési tervek, természetvédelmi kezelői nyilatkozatok) szakmai megalapozásához. Az élőhelyek vízháztartásra gyakorolt hatását is figyelembe kell venni, más a gyakorlatban már rutinszerűen alkalmazkodott szakmai szempontokkal együtt (pl.: védett vagy közösségi jelentőségű fajok jelenléte, vagy az adott faállomány gyepszintre gyakorolt hatása).

## 9. Ajánlások

Az erdőállományok vízháztartásának vizsgálata révén szerzett tapasztalatok, ismeretek napjainkban igen aktuális kérdésekre adhatnak választ a változó klimatikus viszonyok ismeretében. Jelenleg Magyarországon több hosszú távú méréssorozat is fut, amelyek eredményei kiértékelhetőek hagyományos és modern eszközök segítségével. Az erdőgazdálkodók, természetvédelmi és vízügyi kezelők, valamint több kutató műhely szempontjából is lényeges lehet a mért adatsorok további felhasználása az egyes élőhelyek vízháztartásának vizsgálata során. Úgy gondolom, hogy ez mindenképpen több ágazat szakmai továbbfejlesztésének záloga lehet. A vízháztartás vizsgálata során az egyik legfontosabb alapadat a talajnedvesség értéke. A kutatásom során használt Decagon 10HS mérőszondák és a HOBO MicroStation adatgyűjtők sajnos nem felelnek meg a talaj nedvességtartalmának hosszú távú meghatározására. A magyarországi viszonylatban drága adatgyűjtők többször meghibásodtak, így csak rövid ideig tudtam a méréseket folytatni.

Az egyes természetvédelmi szempontból jelentős élőhelyek vízforgalmának megismerése, minden természetvédelmi kezelőnek hasznos lehet a természetvédelmi kezelési koncepciók kidolgozásánál. Ezért a természetvédelmi kutatásokban a biotikai adatok gyűjtése és a populációdinamikai vizsgálatok mellett, az adott élőhely talajtani és vízforgalmi állapotáról is szükséges ismereteket gyűjteni, hiszen ezek döntően befolyásolhatják egy adott élőhely természetvédelmi helyzetének megítélését. Ehhez jó pénzügyi keretet biztosít a KEHOP (Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program) több célprogramja is. Meggyőződésem szerint ez mindenképpen hasznára válna a hazai természetvédelem számára.

## **Köszönetnyilvánítás**

A legelőször szeretném megköszönni drága feleségemnek: Erzsébetnek; nagyszüleimnek, szüleimnek, hogy nehéz pillanatokban biztattak és segítették munkámat.

Köszönettel tartozom Dr. Kalicz Péter témavezetőmnek és Prof. Dr. Gribovszki Zoltánnak, a kutatás és a dolgozat megírásához nyújtott tanácsaiért.

A terepi kutatómunkám során különösen nagy segítséget nyújtott feleségem és Gaszner Márton kollégám, amiért szintén hálás vagyok.

A kutatás tervezésében, kivitelezésében, az adatok kiértékelésében, illetve a témához kapcsolódó eszmecserekből Dr. Gácsi Zsolt, Dr. Horváth Bálint, Prof. Dr. Tóth Tibor, Dr. Balogh Kitti Dr. Kucsara Mihály, Szabó András, Magyar Lajosnak és Manninger Miklós tanácsai rendkívül hasznosak voltak, akiknek szintén köszönettel tartozom.

A csapadékmérésben nyújtott észlelési tevékenységért szeretnék köszönetet mondani nagybátyámnak, Zónai Jánosnak és Vadász Józsefnek.

A talajminták laboratóriumi vizsgálatokban Maleczné Barányi Anita talajlaboránsra számíthattam, akinek a vizsgálatok során nyújtott szakmai irányításait, segítőkészségét különösen köszönöm.

Köszönet illeti a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóságát, hogy biztosította számomra a terepi adatgyűjtéshez szükséges kutatási területeket.

A kutatást az OTKA (NN 79835) és az Agrárklíma.2 (VKSZ\_12-1-2013-0034) EU-nemzeti kutatási és fejlesztési projekt támogatta.

Végül köszönöm az Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézetnek, hogy lehetővé tette számomra a terepi kutatás és az értekezés elkészítését.

## Felhasznált irodalom

- Bartha D. 1993: Az Alföld jelenkori vegetációjának kialakulása. Hidrológiai Közlöny 73(1):17–19.
- Bíró M. 2008: A Duna-Tisza köze fásszárú vegetációjának átalakulása a 18. század óta, különös tekintettel a száraz homokterületekre – In: Kröel-Dulay György, Kalapos Tibor, Mojzes Andrea (szerk.): Talaj-vegetáció-klíma kölcsönhatások. Köszöntjük a 70 éves Láng Editet. MTA ÖBKI, Vácrátót, 23–38.
- Blaney, H. F. 1956: Evaporation and evapotranspiration studies. IBID publ. N°. (40):18–20.
- Buzás I. (szerk.) 1988: Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. Fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani talajvizsgálati módszerek. INDA Kiadó, Budapest, 37–41.
- Calder, I. R. 1998: Water use by forests, limits and controls, Tree Physiol. (18):625–631.
- Csiha I. & Keserű Zs. 2006: Gyökérfeltárások tapasztalatai száraz, homoki termőhelyeken. In: Andrési Pál (szerk.): Az ásothalmi Tanulmányi Erdő. Bedő Albert Középiskola, Erdészeti Szakiskola és Kollégium. Ásothalom. 277-282.
- Csiha I. & Keserű Zs. 2014: Szárazodó homoki termőhelyen álló idős fák gyökérzetének vizsgálata. Erdészettudományi Közlemények 4(2):33-42.
- Danszky I. (szerk.) 1963: Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési irányelvei és eljárásai. VI. Nagyalföld erdőgazdasági tájcsoport, Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest
- Delfs, I. 1955: Die Niederschlagszurückhaltung im Walde /Interzeption/. Mitteilungen des Arbeitskreises "Wald und Wasser". Nr.2. Koblenz: 54p
- Fellner-Feldegg, H 1969: The measurement of dielectrics in the time domain. J. Phys. Chem., 73:616–623.
- Führer E. 1992: Intercepció meghatározása bükk, kocsánytalan tölgy és lucfenyő erdőben. Vízügyi közlemények 74(3):281–294.
- Führer E. 1994: Csapadékmérések bükkös, kocsánytalan tölgyes és lucfenyves ökoszisztémában. Erdészeti Kutatások, 84(1):11–35.
- Führer E. & Járó Z. (2000): Az aszály és a belvíz érvényesülése a Nagyalföld erdőművelésében I. Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai; 12. Budapest, 144 p.
- Gácsi Zs. 1998: Adatok az alföldi erdők és a talajvíz kapcsolatához III. Erdészeti lapok 133(5):158–159.

Gácsi Zs. 2000: A talajvízszint észlelés, mint hagyományos, s a vízforgalmi modellezés, mint új módszer Alföldi erdeink vízháztartásának vizsgálatában. Doktori (Ph.D) értekezés, NyME, 69–93.

Göbölös A. 2002: A „vízhiányos” erdőgazdálkodás kérdései a Duna-Tisza közti homokháton. Hidrológia Közlöny 82(6):324–326.

Gribovszki Z., Kalicz P., Szilágyi J. & Kucsara M. 2008: Vízfolyás-menti területek evapotranszpirációjának becslése a talajvízszintek napi periódusú változása alapján. Hidrológiai közlöny, 88(4)5-17.

Gribovszki Z., Kalicz P. & Szilágyi J. 2009: Napi periódusú ingadozás a hidrológiai jellemzőkben. Hidrológiai közlöny, 89(2)23-37.

Gribovszki, Z., Szilágyi, J. & Kalicz, P. 2010: Diurnal fluctuations in shallow groundwater levels and streamflow rates and their interpretation - A review, Journal of hydrology, 385(1-4):371-383.

Hagyó A. 2009: Vízforgalom gyepek és erdőterületen. Doktori (Ph.D) értekezés, SZIE, 17-93.

Hilhorst, M.A. 1998: Dielectric characterisation of soil. Doctoral Thesis. Wageningen Agric. Univ. 69–71.

Huff, D. D. & Swank W. T. 1985: Modelling changes in forest evapotranspiration. In Anderson, M. G., T. P. Burt eds, Hydrological Forecasting, Wiley, Chichester, (England) 125–151.

Ijjász E. 1936: Az erdészeti altalajvízmegfigyelések eredményeinek rövid ismertetése. Erdészeti lapok 71(9-10):820–829.

Ijjász E. 1938: Az erdő szerepe a természet vízháztartásában. Hidrológiai Közlöny 18(1):416–445.

Ijjász E. 1939: A fatenyészet és az altalajvíz, különös tekintettel a nagyalföldi viszonyokra. Erdészeti Kísérletek 42(1):107.

Iványosi-Szabó A. (szerk.) 2015: A Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság negyven éve. A Homokhátság (A természeti földrajzi környezet) Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság, Kecskemét, 195.

Járó Z. 1980: Intercepció a gödöllői kultúr erdei ökoszisztémában, Erdészeti kutatások, 73 (1):7–17.

Járó Z. 1981: A hazai erdők vízfogyasztása. Agrártudományi közlemények, 40(2-4):353–356.

Járó Z. 1989: Az erdő vízforgalma. Az Erdő, 124(8):352–355.

Járó Z. 1992: A talaj szerepe az Alföldfásítás múltjában és jövőjében. In: Rakonczyai J. (szerk.): Az Alföld fásítása, A Nagyalföld alapítvány kötetei 2, Nagyalföld alapítvány, Békéscsaba, 41–46

- Járó Z. & Sitkey J. 1995: Az erdő és a talajvíz kapcsolata, Erdészeti kutatások, 85(1):35–49.
- Kárász I. 1986: Gyökérvizsgálatok Magyarországon. Botanikai közlemények, 73(1):19–23.
- Kelliher, F. M.; Leuning, R. & Schulze, E. D., 1993: Evaporation and canopy characteristics of coniferous forests and grasslands, *Oecologia*, (95):153–163.
- Keresztesi B. 1969: Beszámoló a Nemzetközi Biológiai Program (IBP) „A gyökérzet és a rizoszférában élő szervezetek produktivitásának módszerei” című szimpóziumáról (Moszkva-Leningrád-Dusanbe, 1968. augusztus 28. - szeptember 12.). Erdészeti Kutatások 65(1):329–363.
- Kompár L. 2011: A beszivárgás mértékének meghatározása Duna-Tisza-Közén hidrodinamikai és transzportmodellezéssel. A Miskolci Egyetem Közleményei. „A” sorozat: Bányászat 81. kötet, 411.
- Kovács J., Szabó P. & Szalai J. 2004: A talajvízállás idősorok vizsgálata a Duna-Tisza közén. *Vízügyi Közlemények* 86(3-4): 607–624.
- Kucsara M. 1998: Az erdő csapadékviszonyainak vizsgálata. *Vízügyi Közlemények*, 80(3):456-475.
- Kucsara M., Gribovszki Z. & Kalicz P. 2013: *Víztan*. Egyetemi tananyag. TÁMOP 4.1.2.A/1-11/1-2011-0067 „Műszaki metaadatbázis alapú fenntartható e-learning és tudástár létrehozása”, Sopron
- Lee, R. 1980: *Forest Hydrology*, Columbia University Press, New York, 332–334.
- 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(1):1-14.
- Madas A. 1980: Az erdőgazdálkodás hatása és jelentősége az árvizek kialakulására. Erdő és víz. Munkaértekezlet Sopron-Veszprém, 1980, 12–22.
- Magyar L. 1989: A kerekegyházi és ménteleki intercepció mérésekről. Összefoglaló jelentés. (Kézirat). ERTI, Kecskemét, 1968-1989, 2–6.
- Magyar L. 1993: „A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái” című konferencia előadása. *Erdészeti lapok* 128(7-8):211–312.
- Major G., Major P. & Varagay Z. (1991): A Duna-Tisza közti Hátság lefolyási viszonyainak hatása a talajvízszint változására. *Vízügyi Közlemények* 73(2):142–152.
- Major P. 1974: Síkvidéki erdők hatásának vizsgálata a talajvízpárolgás és tényleges beszivárgás folyamataira. *Hidrológia Közlöny* 54(6):281–288.
- Major P. & Neppel F. 1988: A Duna-Tisza közti talajvízszint-süllyedések. *Vízügyi Közlemények* 70(4):605–626.

- Major P. & Neppel F. 1990: VITA: Válasz Szodfridt István hozzászólására (Megjelent a Vízügyi Közlemények 1990. évi 3. füzetében a 287-291. oldalon.) Vízügyi Közlemények 70(4):402–406.
- Major P. 1993: A Nagy-Alföld talajvízháztartása, Hidrológia Közlöny 73(1):40–43.
- Major P. 1994: Talajvízszint-süllyedések a Duna-Tisza közén – In: Pálfi Imre (szerk.): A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái, A Nagyalföld alapítvány kötetei 3, Nagyalföld Alapítvány, Békéscsaba, 17–24.
- Major P. 2002: Síkvidéki erdők hatása a vízháztartásra, Hidrológiai Közlöny 82(6):319–323.
- Moltschanow, A. A. 1957: Die hydrologische Rolle des Kiefernwaldes auf Sandboden, Deutscher Bauernverlag Berlin, 157-158.
- Martin, J.; Leonard L. & Stamp D. 1976: Principles of Field Crop Production (Third Edition), Macmillan Publishing Co., New York, 133–268.
- Móricz N., Berki I. & Rasztovits E. 2011: A Nagyalföld erdeinek állapota és hatásuk a talajvízszintre – In: Rakonczay János (szerk.): Környezeti változások és az Alföld, Nagyalföld Alapítvány kötetei 7, Nagyalföld alapítvány, Békéscsaba, 119–126.
- Móricz N., Mátyás Cs., Berki I., Rasztovits E., Vekerdy Z. & Gribovszki Z. 2012: Egy erdő- és parlagterület vízforgalmának összehasonlítása Hidrológiai közlöny, 92(1):67-74.
- Nováky B. & Szesztay K. 2002: Éghajlat és víz a Kárpát-medence tájökológiájában, Hidrológiai Közlöny 82(6):308–314.
- Pálfi I. 1990: Összefoglaló ismertetés, in: A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodása (MTESZ Csongrád megyei munkacsoportja), Szeged, 1990, 2–4.
- Pálfi I. 1993: Talajvízszint-süllyedés a Duna-Tisza közén, Vízügyi közlemények 75(4):431–434.
- Pálfi I. 1995: A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái és megoldásuk lehetséges útjai. Vízügyi Közlemények 77(2):144–161.
- Pálfi I. 2010: A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási sajátosságai. Hidrológia Közlöny 90(1):40–44.
- Pankotai G. & Rác J. 1975: Erdészeti vízgazdálkodás, Egyetemi jegyzet, Sopron
- Rajkai K. 2004: A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban. MTA TAKI, Budapest.
- Raup, D. & Crick, R. E. 1979: Measurement of faunal similarity in paleontology. Journal of Paleontology 53:1213–1227.
- Ruelle P. & Laurent J.P. (2008): Field Estimation of Soil Water Content. IAEA, Vienna, 2008.

Monteith, J. L. 1965. "Evaporation and Environment." In: The state and movement of water in living organism 19th Symp. Soc. Exptl. Biol. 205–234.

Schilling, K. E. 2007: Water table fluctuations under three riparian land covers, iowa (usa). *Hydrological Processes*, 23(17):2415-2424.

Schilling, K. E. & Kiniry J. R. 2007: Estimation of evapotranspiration by reed canarygrass using field observations and model simulations, *Journal of hydrology*, 337(10):356-363.

Sapanov, M. K. 2000: Water uptake by trees on different soils in the northern Caspian region, *Eurasian Soil Sci.*, 33(11):1157–1165.

Simon M. 1976: A talajvíz-magasság ingadozás hatása az „I 214” nyárfák növekedésére. *Erdészeti Kutatások* 68(2):5–10.

Sitkey J. 2004: Csapadékvíz vizsgálatok ökológiai bázisterületeken – In: Barna Tamás (szerk.): *Tudományos eredmények a gyakorlatban (Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap)*, Alföldi Erdőkért Egyesület, Kecskemét, 32–37.

Sitkey J. 2008: Vízforgalmi vizsgálatok erdőssztyepp klímában – In: Szulesán Gábor (szerk.): *Tudományos eredmények a gyakorlatban (Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap)*, Alföldi Erdőkért Egyesület, Kecskemét, 48–49.

Swift, L.W.; Swank, W.T., Manikin, J. B; Luxmore, R. J. & Goldstein R. A. 1975: Simulation of evapotranspiration and drainage from mature and clearcut deciduous forests and young pine plantation. *Water Resources Research*, 11(4):667–673.

Szabó A., Kiss K., Gribovszki Z. & Tóth T. 2012: Erdők hatása a talaj és altalaj sóforgalmára, valamint a talajvíz szintjére, *Agrokémia és talajtan* 61(1):195–209.

Szalai I. 1994: *A növények élete. I.*, JATE Press, Szeged, 141.

Szász G. & Tőkei L. 1997: *Meteorológia mezőgazdáknek, kertészeknek, erdészeknek.* Mezőgazda Kiadó, Budapest, 772.

Szesztay K. 1993: Az Alföld vízháztartása, *Vízügyi közlemények* 75(4):394–401.

Szilágyi, J., Gribovszki, Z., Kalicz, P. & Kucsara, M. 2008: On diurnal riparian zone groundwater-level and streamflow fluctuations. *Journal of hydrology*, 349(1-2):1-5.

Szilágyi, J. & Kovács Á. 2011: A calibration-free evapotranspiration mapping (CREMAP) technique - In: Labeledzki, Lajos (szerk.): *Evapotranspiration*, Vienna, 257–274.

Szilágyi, J.; Kovács Á. & Józsa J. 2012: Remote-sensing based groundwater recharge estimates in the Danube-Tisza sand plateau region of Hungary, *Journal of hydromechanic* 60(1): 64–72.

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. (Megjelent a Vízügyi Közlemények 1988. évi 4. füzetének 605-626. oldalán.) Vízügyi Közlemények 72(3):287–291.
- Szodfridt I. 1993: Az erdő és a talajvizek kapcsolata Duna-Tisza közti hátságon. Hidrológia Közlöny 73(1): 44–45.
- Szodfridt I. 1994: Az erdők és a talajvíz kapcsolata a Duna-Tisza közti homokhátságon. – In: Pálfai Imre (szerk.): A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái, A Nagyalföld alapítvány kötetei 3, Nagyalföld Alapítvány, Békéscsaba, 59–66.
- Topp G. C., Davis J.L. & Annan A.P. (1980): Electromagnetic determination of soil water content: measurement in coaxial transmission lines. Water Resour. Res., 16: 574–582.
- Topp G.C. & Davis J.L. (1985): Measurement of soil water content using time-domain reflectometry (TDR): a field evaluation. Soil Sci. Soc. Am. J., 49: 19–24.
- Vámos T. & Keveiné Bárány I. 2009: Az élőhelyek és a talajvíz összefüggése a Pusztaszeri Tájvédelmi Körzetben. Tájökológiai lapok, 7(1):103–115.
- 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. Geol. Surv. Water Supply Pap., 659-A.
- Zagyvainé Kiss K. A. 2013: Az erdei avar tömege és víztartó képessége közötti összefüggés. Erdészettudományi közlemények 3(1):79–89.

## **Egyéb források**

Meteorológiai állomás: <http://boreas.hu>, az oldal felkeresésének időpontja: 2011.01.30.

Kézi talajvízszint-mérő: <http://dataqua.hu>, az oldal felkeresésének időpontja: 2012.02.10.

Talajvízszint-mérő szondák: <http://dataqua.hu>, az oldal felkeresésének időpontja: 2012.02.10.

PT-1 talajnedvesség-mérő: <http://kapacitiv.hu>, az oldal felkeresésének időpontja: 2012.03.06.

Automata talajnedvesség-mérő egységek: <http://onsetcomp.com>, az oldal felkeresésének időpontja: 2011.10.12.

## Ábrajegyzék

1. ábra: A homokhátság évi csapadékösszegei 1940-2005 között (helyi mérések: Bócsa, Bugac, Fülöpháza, Kecskemét, Kiskunmajsa, Kiskunhalas, Orgovány, Tázlár). .....	16
2. ábra: A talajvízszint alakulása legelő, mezőgazdasági kultúra és erdőállomány esetében (Pankotai és Rácz 1975, Kucsara és mtsai 2013 alapján) .....	20
3. ábra: A bócsai mintaterületek elhelyezkedése. ....	24
4. ábra: A talajtani mintavételezések elhelyezkedése Bócsán.....	27
5. ábra: A famagasság eloszlása a bócsai mintaterületeken. ....	34
6. ábra: A pusztaszeri mintaterületek elhelyezkedése. ....	37
7. ábra: A talajtani mintavételek és a mérőműszerek elhelyezkedése Pusztaszeren. ....	40
8. ábra: A famagasság eloszlása a pusztaszeri mintaterületen. ....	46
9. ábra: A balástyai mérőpont elhelyezkedése. ....	48
10. ábra: A bugaci mérőhely elhelyezkedése. ....	50
11. ábra: A kunadacsi mérőpont elhelyezkedése.....	51
12. ábra: A mérőrendszer elhelyezkedése a bócsai mintaterületen. ....	53
13. ábra: A szabad területi csapadék alakulása Bócsa 51 TII mintaterületen.....	73
14. ábra: A szabad területi csapadék alakulása a pusztaszeri mintaterületen.....	74
15. ábra: A szabad területi csapadék alakulása a balástyai mintaterületen. ....	75
16. ábra: A szabad területi csapadék alakulása a bugaci mintaterületen.....	76
17. ábra: A szabad területi csapadék alakulása a kunadacsi mintaterületen. ....	77
18. ábra: A mintaterületek csapadékösszegeinek változása 2012.03.30-tól 2015.03.31-ig. .....	78
19. ábra: A koronaintercepció alakulása a bócsai mintaterületen. ....	80
20. ábra: A lombkoronán áthulló csapadék a szabad területi csapadék függvényében.....	81
21. ábra: A Bócsa 51 TII területén mért napi csapadékösszegek alakulása. ....	83
22. ábra: A bócsai mintaterület napi átlaghőmérsékletének változása. ....	83
23. ábra: A Bócsa 51 TII meteorológiai adatainak ábrázolása 2012-2014 között, a Walter-Lieth-féle klímadiagram összefüggései alapján. ....	84

24.	ábra: A bócsai mintaterület napi átlagos relatív páratartalmának változása. ....	85
25.	ábra: A globálsugárzás napi menete 2012. január 1. és 2015. március 31. között. ....	86
26.	ábra: A talajvízszint alakulása Bócsa 51 TII, 51 D és 51 E erdőrészekben a napi csapadékok függvényében. ....	87
27.	ábra: A talajvízszint napi változása 2014. 06. 08-09. és 2014. 06. 11-12. között. ....	89
28.	ábra: A talajvízszint alakulása 2014. 06. 02-16. között a szürke nyárasban. ....	90
29.	ábra: A talajvízszint alakulása a pusztaszeri mintaterületen a napi csapadék függvényében. ....	90
30.	ábra: A talajvízszint változása 2014. 06. 1-3. és 2014. 08. 1-30. között. ....	91
31.	ábra: A talaj felső 80 cm-es rétegének nedvességtartalom-változása a bócsai mintaterületen a napi csapadék függvényében. ....	92
32.	ábra: A talaj felső 80 cm-es rétegének nedvességtartalom-változása a pusztaszeri mintaterületen a napi csapadék függvényében. ....	93
33.	ábra: A talajnedvesség alakulása a Bócsai 51 TII mintaterületen. ....	94
34.	ábra: A talajnedvesség alakulása a Bócsai 51 D mintaterületen. ....	95
35.	ábra: A talajnedvesség-tartalom alakulása a Bócsai 51 E mintaterületen. ....	96
36.	ábra: A bócsai és a pusztaszeri mintaterületek talajának nedvességkészlet-változása a csapadékmentes időszakokban (2014. 03. 31-től 2014. 09. 01-ig). ....	97
37.	ábra: Jaccard-féle fajazonossági index alakulása a kutatási területen. ....	101

## Képek jegyzéke

1. kép: Bócsa 51 TII egyéb részletben kialakított talajszelvény gödör. ....	27
2. kép: Bócsa 51 D erdőrésszelletben kialakított talajszelvény gödör.....	29
3. kép: Bócsa 51 E erdőrésszelletben kialakított talajszelvény gödör. ....	31
4. kép: Gyökérrontó tapló ( <i>Heterobasidion annosum</i> ) károsítása az erdeifenyvesben.....	35
5. kép: Piros madársisak ( <i>Cephalanthera rubra</i> ) a hazai nyárasban. ....	36
6. kép: A pusztaszeri kontroll gyepterületen kialakított talajszelvény gödör. ....	40
7. kép: Pusztaszer 6 A erdőrésszelletben kialakított talajszelvény gödör.....	42
8. kép: Rágás és dörzsölés kár Pusztaszer 6 A erdőrésszelletben.....	47
9. kép: Hellmann-rendszerű csapadékmérő elhelyezkedése a balástyai mérőhelyen. ....	55
10. kép: A koronaintercepció mérése az erdeifenyves és a szürke nyáras faállományokban. 56	
11. kép: A törzsi lefolyás mérése az erdeifenyves és a szürke nyáras faállományokban... 57	
12. kép: Meteorológiai állomás a Bócsa 51 TII erdőrésszelletben. ....	58
13. kép: A meteorológiai állomás EcoLogger Boreas adatgyűjtője. ....	60
14. kép: Talajvízszint mérése DA-OP kézi vízszintmérővel (Pusztaszer 6 A erdőrésszelletben). ....	61
15. kép: Nyomásérzékelő egység bekötése a HYGR datalogger adatgyűjtőbe. ....	62
16. kép: A mérőállomás szoftveres kalibrációja a pusztaszeri kontrollterületen. ....	63
17. kép: A kézi talajnedvesség mérésekhez használt PT-1 digitális mérőegység.....	65
18. kép: A Decagon 10 HS szonda telepítése Bócsa 51 TII részletben. ....	66
19. kép: A HOBO MicroStation adatgyűjtő.....	67

## Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: Idős és középkorú faállományokban meghatározott intercepciós veszteség százalékos megoszlása (a Kerekegyházán, Ménteleken, Püspökladányban és Gödöllőn végzett mérésorozatok alapján).....	17
2. táblázat: A homokhátságon alkalmazott célállománytípusok éves vízfelhasználása (mm/év). .....	18
3. táblázat: A talajvízszint csökkenésért felelős tényezők százalékos megoszlása Pálfai (2010). szerint.....	22
4. táblázat: A bócsai mérőhelyek klimatikus jellemzői (2012. 01. 01-től 2015. 03. 31-ig). ....	25
5. táblázat: Bócsa 51 TII talajának laboratóriumi vizsgálati eredményei.....	28
6. táblázat: Bócsa 51 D talajának laboratóriumi vizsgálati eredményei. ....	30
7. táblázat: Bócsa 51 E talajának laboratóriumi vizsgálati eredményei. ....	32
8. táblázat: A bócsai mintaterületek faállományának adatai. ....	33
9. táblázat: A pusztaszeri mérőhelyek klimatikus jellemzői (2012. 03. 30-tól 2015. 03. 31-ig). .....	38
10. táblázat: A pusztaszeri kontroll gyepterület talajának laboratóriumi vizsgálati eredményei. .....	41
11. táblázat: Pusztaszer 6 A erdőrészlet talajának laboratóriumi vizsgálati eredményei. ....	43
12. táblázat: A pusztaszeri mintaterület faállományának adatai. ....	45
13. táblázat: Az alkalmazott módszerek adatgyűjtési időszakai. ....	54
14. táblázat: Az evapotranszpiráció napi és teljes értéke 2014. 03. 31 - 2014. 09. 01. között. .....	98
15. táblázat: A mélybeszivárgás számítása 2014. 03. 31 - 2014. 09. 01. közötti időszakra. ...	99
16. táblázat: A mintaterületek vízforgalmának főbb komponensei.....	99

## **Melléklet**

- 1. számú melléklet:** Termőhely-vizsgálati jegyzőkönyvek
- 2. számú melléklet:** Erdőrészlet-lapok
- 3. számú melléklet:** Talajfúrási jegyzőkönyvek
- 4. számú melléklet:** Meteorológiai adatok óránkénti alakulása
- 5. számú melléklet:** A Bócsai 51 TI1 klímadiagramja