

Soproni Egyetem
Erdőmérnöki Kar
Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

Egy alföldi sziki tölgyes talajvízforgalmának vizsgálata

Tudományos diákköri dolgozat

Készítette: Kele Zsombor István okleveles erdőmérnök hallgató

Témavezetők:
Dr. Kalicz Péter
Prof. Dr. Gribovszki Zoltán

Sopron, 2023.

Tartalomjegyzék

3.o: Bevezetés

4.o: Területi és történeti áttekintés

Az Ohati-erdő elhelyezkedése, története

A vegetáció, állatvilág múltja, jelene

9.o: Szakirodalmi áttekintés-A talajvíz és az erdő kapcsolata az Alföldön

15.o: Anyag és módszer

Mérőrendszer felállítása

A visszatöltődés számítási módszere

Szemeloszlás vizsgálat

Elemzés az R!-el

Meteorológiai vizsgálatok

21.o: Eredmények, értékelés

A talajvízszignál alakulása

Visszatöltődés a különböző időszakokban

A 24r, a napi átlagos talajvízmélység, illetve az amplitúdó kapcsolata

27.o: Összegzés

27.o: Köszönetnyilvánítás

29.o: Irodalomjegyzék

31.o: Mellékletek

Bevezetés

Az egyre sokasodó meteorológiai elemzések, klimatológiai előrejelzések többsége azt mutatja, hogy Magyarországon az elkövetkező évszázadban jelentős mértékű szárazodás, felmelegedés fog történni. Mivel hazánk, és azon belül is az Alföld területének jelentős része az erdőtsztyepp klímában van, várható az elmozdulás a sztyeppi klíma felé, ami már igen nehezen elviselhető a nagy kiterjedésű zárt faállományok számára.

Az utóbbi évszázadok során rengeteg változás történt a klímaváltozáson felül, kezdve az emberi térhódítástól kezdve a lecsapolásokon és erdőirtásokon át sok minden másig. Az erdőknek egyre több szerepük és feladatuk van, fontosságuk felértékelődik. Fenntartásuk és művelésük szorosan kötődik az emberekhez, így sok mindent tudunk tenni értük, de akarva- akaratlanul ellenük is. Létfontosságú ezért, hogy megértsük, mennyire, és hogyan lehet fenntartani az erdőket a várható viszonyok között. Igen lényeges, hogy minél mélyebben megértsük az az alföldi erdők vízforgalmával kapcsolatos dolgokat.

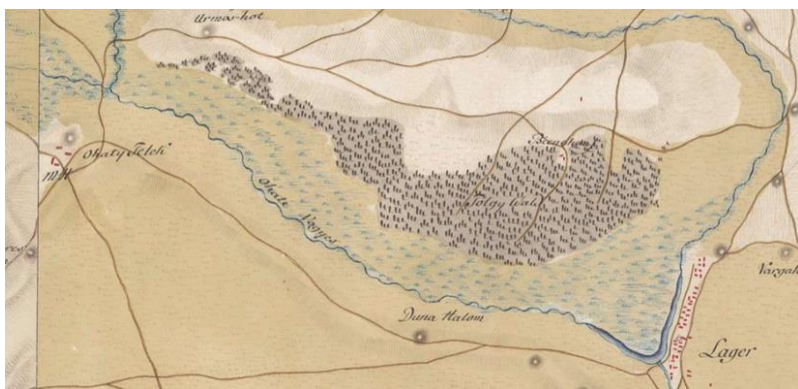
Kutatások kimutatták, hogy a síkvidéki erdők talajvízfelhasználása jelentős, a létük enélkül jóval nehezebben elképzelhető, akár meghatározó vízforrásként is szolgálhat (Ijjász 1939). Ezek mellett évről évre egyre mélyebbre süllyed a talajvízszint több oknak köszönhetően. Fontos megértenünk, hogy ebben a folyamatban milyen szerepe van az erdőnek, mennyire is használja el tulajdonképpen a környezete vizét. Az erdők helyzete a klímaváltozás miatt amúgy is romlik, és a talajvízszint süllyedése miatt sok helyen a puszta létük is veszélybe kerülhet. Elengedhetetlen tehát tisztában lennünk az erdők talajvízre, így az egész ökoszisztémára gyakorolt hatásával.

Ebben a dolgozatomban ennek a témakörnek egy kis szeletét, az utánpótlódást fogom vizsgálni. A fő célom az, hogy megbecsüljem a talajvízvizszatöltődést az erdő alatt, amiből következtetni tudunk arra, hogy mennyit von el az állomány a környezetéből. Az erdészeti gyakorlat csak 220 cm-es áprilisi közepes talajvízszintig számol a talajvíznek a fák életére gyakorolt pozitív hatásairól. Célom az is, hogy az ennél mélyebben lévő talajvíztükör esetén megjelenő kapcsolatot is még jobban feltárjam.

Területi és történeti áttekintés

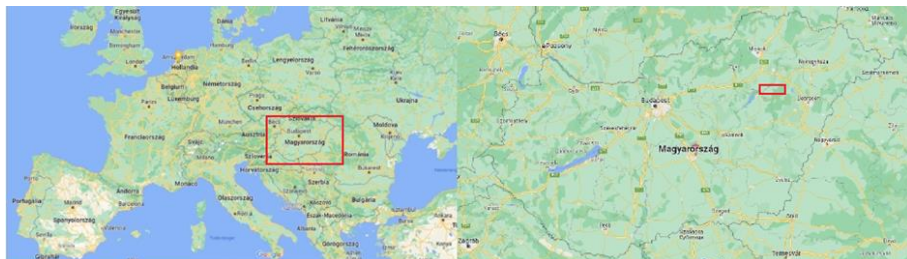
Az ohati erdő elhelyezkedése, története

Az általam vizsgált terület az ohati erdő, egy reliktum sziki tölgyes (Bartha 2012) a Tisza mentén, amely a régen nagy kiterjedésű ártéri keményfás ligeterdők egy apró maradéka. Története évszázadokkal ezelőttre nyúlik vissza (1. ábra), még a nagy lecsapolások előtti időszakra. Azt tudjuk leírásokból, hogy a terület már 1679-ben is Debrecenhez tartozott, ez sokáig így is maradt (Mathé 1933, Zoltai 1911). Az erdőt már abban a korban is minden erővel védték, tekintve, hogy közel és távol ez volt az egyetlen valamirevaló faforrás, például a Hortobágyi Kilenclyukú híd tégláit is az innen vitt faanyaggal égették ki.



1. ábra: Az Ohati erdő az Első Katonai Felmérés térképén (forrás: mapire.hu)

Szervezett és tervezett erdőgazdálkodásról ekkoriban természetesen szó sem volt, sarjztatás, rövid vágásforduló, erdei legeltetés, rőzsegyűjtés, makkoltatás volt a jellemző (Gencsi 2008). Az erdők ekkor is már igencsak kezdtek eltűnni erről a vidékről, ezt jelzi, hogy a sokszor egyes fának, facsoportoknak is külön nevet adott a nép, azokat tájékozási pontul használták. Végül 1973-ban, a Hortobágyi Nemzeti Park megalapításakor lett védett terület, az ezredfordulón emellé még egy 85 hektáros rész erdőrezervátummá, 22 ha pedig ennek a magterületévé lett nyilvánítva. Sokszor még ma is a kék vércsék erdejeként emlegetik, Homoki Nagy István természetfilme után, bár sajnos a vércsék mára eltűntek a területről.



2. ábra: Az Ohati erdő és a kutak elhelyezkedése

A tölgyes jelenlegi területe 196,9 ha, a Közép-Tiszai körzet, Egyek 14-21 erdőtagjában található. Körülötte néhány akácos, nyaras is található, ezek egyfajta véderdőként is funkcionálnak. Ha jobban megvizsgáljuk a műholdképet, láthatjuk, hogy maga az erdő, és a környezete is a Tisza egy korábbi, azóta levégődött és feltöltődött kanyarulatát mintázza (2. ábra). Mára már a folyó 6-7 km távolságban folyik. Királyi biztosok 1829-es beszámolója alapján még gyakran állt itt a víz, a rendszeres áradásokkal még gyakran került ide víz, amit általában a Völgyes-ér hozott.



3. ábra: Az erdőből kifolyó víz

Mára már az eret korábban övező nádas-mocsaras vizenyős részt is szántóként hasznosítják, a korábbi vízfolyás is általában csak egy árok csupán. Érdekes, és egyben szomorú is, hogy tavasszal, amikor ott jártunk, az erdőből egy árkon keresztül kiömlő víznek köszönhetően megint csordogált egy

kicsit. Ez rávilágít napjaink vízgazdálkodásának arra a nagy problémájára, hogy sok helyen néhány jászol-gáttal, kisebb beavatkozásokkal lokálisan egész sok vizet be lehetne tárolni, hogy utána maradjon belőle a szárazabb időszakokra is. Ilyen megoldásokra példa a Kaszói vízviszatartásos projekt (Eötvös et al. 2018), a Körös völgyi erdészeti célú vízpótlás (Puskás, 2006), vagy akár a Dongér-Kelőr Vize Egyesület munkájának eredményei is.

A Hortobágy és környékének kálváriája, kiszáradása a folyószabályozásokkal kezdődött. Korábban a javarészt a Dobi-foknál kilépő vizek rendszeresen átöblítették a vidéket. Ez feltöltötte, felfrissítette a mocsarakat, nádasokat, morotvákat. A változatos élőhely rengeteg halnak, nagy biodiverzitásnak adott otthont, ami ellátta élelemmel, menedékkal, építőanyaggal az itt élő népeket évszázadokon át. Ezek megszűnésével felgyorsult a már korábban is jelen lévő szikesedés, kialakult a Hortobágy mai képe, elterjedtek sziki növényfajok. Ezek minden bizonnyal már előtte is a területen voltak, különben nem tudtak volna ilyen fajgazdagsággal ennyi idő alatt idekerülni. (Gencsi 2008) Néprajzi leírásokból is tudjuk, hogy a nép gyakran járt ki szikes területekre szikszót gyűjteni, stb.

A vidék ezután leginkább legelőként volt hasznosítva, néhol szántóföldi művelés is megjelent. Trianon után, mivel az ország területe az egyharmadára csökkent, felmerült ezeknek a szinte értéktelen területeknek a valamilyen irányú hasznosítása. Amellett, hogy halastavakat, öntözőcsatornákat ástak, 1924 megalapították a Püspökladányi Szikkísérleti Állomást, ahol magas szintű erdészeti tudományos munka kezdődött el. Ez még ma is működik, az állomás az ERTI hálózatának a részét képezi. Hortobágy- szerte sok helyen megpróbáltak erdőt telepíteni, különböző fajokkal kísérleteztek, de az erős szikhatás miatt a gyakorlatban ez sehol nem működött igazán, ezt sok árnyalóerdő senyvedése bizonyítja. A Tisza felé közeledve viszont egyre homokosabb, levegősebb a talaj, egyre jobbak a lehetőségek az erdők számára. Ezt magának az Ohati-erdőnek, és a körülötte lévő telepítéseknek a léte is bizonyítja.

A vegetáció, állatvilág múltja, jelene

Királyi biztosok 1829-es beszámolójukban említették, hogy az erdő aljában még gyakran állt a víz a Tisza kiöntéseinek köszönhetően. Azóta jóval mélyebbre, körülbelül 4-5 m mélységbe süllyedt a talajvíz. Az állandó szárazodás következtében az erdő felnyílt, elvesztette a folyómenti keményfás ligeterdő jellegét, sokkal inkább hasonlít már egy pusztai tölgyeshez (1. táblázat).

1. táblázat: az Ohati erdő területi megoszlása az erdőtérkép alapján (2022)

Erdő	Tisztás	Terméketlen terület	Út, nyiladék
82%	11%	4%	3%
161,4 ha	22,8 ha	7,5 ha	5,2 ha

A sziki tölgyes állományalkotó faja alapvetően a kocsányos tölgy, de a természetes elegyességnek, telepítéseknek, invazív fajoknak köszönhetően sok minden más is megtalálható benne. Látni néhol kocsánytalan tölgyet, csert, mezei és vénic szilt, magas és magyar kőris. Az erdő sok részen eléggé nyílt, szépen felveszi az erdőszyepp jellegét, főleg a fokozottan védett magterületen. Ez nem volt mindig így, leginkább a huszadik század során alakult ki a folyamatos szárazodás miatt. Néhol azért még, főleg a jobb termőhelyi viszonyok közt, még felfedezhetők a kétszinteség nyomai is (Bartha 2012). A cserjeszintben található csíkos kecskerágó, fekete bodza, veresgyűrű som, tatárjuhar, egy- és kétbibés galagonya, vesszős fagyal, kökény. (Gencsi 2008) Az erdőtelepítési kísérletezések idején voltak próbálkozások kis parcellákba ültetett idegenhonos fajokkal, ezekből sokat ma is láthatunk. Van a mindenhol jelen lévő akác, bálványfa, amerikai kőris, de csörgőfa, ezüstfa, lepényfa, japán akác, nemesnyár, tamariska, vasfa, stb. is. (Gencsi 2008) Ezekből sokat mi is megtaláltunk a területbejárás során, találkoztunk például korai és hegyi juharral is, ami egyértelműen csak a korábbi emberi tevékenységnek köszönhetően kerülhetett ide. Néha még mostanság is felbukkan a korábban gyakoribb törpemandula (Gencsi 2008, Mathé 1933). Sok, a korábbi ligeterdei jellegét mutató lágyszárú faj is megtalálható itt, mint például a lila csillagvirág, odvas keltike, sárga tyúktarély. A xeromezofil fajok is sok helyen felbukkanak, mint például erdei szálkaperje, széleslevelű salamonpecsét, erdei gyöngyköles. (Bartha 2012) Szerte az erdőtömbben felbukkannak a nitrogén- és bolygatáskedvelő fajok, mint például a nagy csalán, tyúkhúr, zamatos turbolya. Az erdőszyeppi jellegnek köszönhetően sok tisztás, felnyíló folt található az erdő ölelésében. (1. táblázat) Ezek a foltok több helyen védett, igen értékes fajok fedezhetők fel, úgymint a sziki kocsord, hamvas sziki üröm, bárányüröm, réti őszirózsa. (Gencsi 2008)

A területen gyakoriak a természetvédelmi kezelések, erre példa a 2-es kút közelében lévő kis mező legeltetése. A tisztásokat 1973-ig rendszeresen kaszálták, de utána sok helyen eluralkodott a nádas. Az egyik ilyen tisztást kezdte el a nemzeti park szürkemaráhával legeltetni, mert a marha a legelésével, taposásával nem engedi felújulni a nádat, és így néhány év alatt helyreállítható a jóval magasabb természetvédelmi értékkel bíró gye.



4. ábra: a náddal benőtt tisztás 3 éve



5. ábra: a tisztás 1 évvel ezelőtt

Szakirodalmi áttekintés

A vegetáció és a talajvíz kapcsolatával nagyon sokan foglalkoztak, világszerte hatalmas irodalma van. Ezekből most inkább a hazai irodalmat emelném ki, mert ebből is igen sok következtetést le lehet vonni, illetve a máshol született eredmények sokszor nem relevánsak a másféle viszonyok, eltérő növénytakaró miatt.

Az erdők vízforgalmát Magyarországon már a 19. században elkezdték behatóbban vizsgálni, erre példa, hogy az 1862-es Erdészeti lapok (1864-től Erdészeti lapok) egyik cikkének egy jelentős részét a vízháztartással kapcsolatos megfigyelések teszik ki (Mérei 1862). A vízforgalommal kapcsolatos témák azóta is benne vannak a szakmai köztudatban.

A magyarországi talajvízkutatások kezdete a 20. század elejére tehető, amikor is Roth Gyula 1908-ban beindította az első méréseket. A trianoni sokk után 1920-tól állt fel egy új, az egész Alföldet behálózó rendszer Kaán Károly kezdeményezésére. Az első 15 év eredményeit Ijjász Ervin elemezte (Ijjász 1936), ahol két fő megállapítást tett. Az egyik, hogy a talajvíz sok helyen az erdőállományok számára elérhető mélységben található. A másik, hogy ha ténylegesen értékelni akarjuk a talajvíz-viszonyoknak az erdőkre gyakorolt hatását, akkor szükséges a talajvízszintek gyakoriságának és tartósságának a meghatározása.

A számunkra fontos szikfásítással kapcsolatban Magyar Pál végzett gyökérfeltárási kísérleteket a Püspökladányi Szikkísérleti Telepen. Arra az eredményre jutott, hogy már a 3 éves csemeték is képesek lehetnek elérni a 3,5 méter mélyen lévő talajvizet, de említette például a kétéves mezei szikeket, amik 5,15 méter mélyre eresztették le gyökereiket (Magyar 1929). Ez leginkább gyengén szikes talajokon működik, erős szikesedés esetén a gyökérzet már nem tud áttörni a mélyebb régiók felé. Magyar kidolgozott ajánlásokat is, hogy a szikfásítás során milyen fafajokat lehet ültetni, amik esetleg egy erősebb szikhatást is kibírnak. Köztük volt az őshonos kocsányos tölgy is, mint ajánlott, és jól használható faj.

Szodfridt István is sokat vizsgálódott a talajvíz és az erdő kölcsönhatásaival kapcsolatban. Egyik cikkében (Szodfridt 1990) ajánlásokat tesz, hogy milyen mély talajvíz esetén melyik fafaj ültethető, például a kocsányos tölgyet csak 80-150 cm talajvízmélységig tartja relevánsnak a fatermesztésben. Egy korábbi publikációjában (Szodfridt-Faragó 1968) azt állapítja meg, hogy az általa vizsgált erdők alatt 0,5-0,6 m-el volt mélyebben a talajvíz a kontroll gyepterületekhez képest, illetve azt állítja, hogy 2,5 m-nél mélyebb áprilisi talajvízszint esetén csak gyeptársulás maradhat fenn hosszú távon. Hasonló eredményre jutott Gribovszki Zoltán is (Gribovszki et al 2017), aki szintén 0,4-0,6 m-el mélyebb talajvíztükröt mért az Alföldön erdők alatt.

Egy nagyobbbrészt fenyőkből álló erdő és a talajvíz közti kapcsolatot vizsgálta Major Pál (2002) a Kiskunságon. Amellett, hogy 0,8-1,1 m süllyedést tapasztalt a környező fátlan területekhez képest, összesen 712 mm éves párolgást számított, ami 130 mm-el múlta felül az éves csapadékösszeget. Fontos a témakör kapcsán megemlíteni Járó Zoltán 1981-es cikkét, melyben a különböző fajok párologtatása és szervesanyag-produkciója közti kapcsolatot taglalja. Összességében arra jutott, hogy az alföldi erdők egységnyi szervesanyagra jutó párologtatása jelentősebb, mint a hegyvidékieké. Ezek mind azt mutatják, hogy az alföldi faállományok számára elengedhetetlen az elérhető talajvíz.

2. táblázat: A különböző fajok evapotranspirációja Járó és Csáki nyomán

Faj	ET (Járó 1981)	FATI	ET tartomány (Csáki 2020)
	mm/év		mm/év
B	440	B	421-661
KST	459	T	352-634
KT	633		
CS	524	CS	340-626
A	504	A	343-621
NNY	884	NNY/NFÜ	322-664
EF	463	EF	372-612
FF	452	FF	245-535

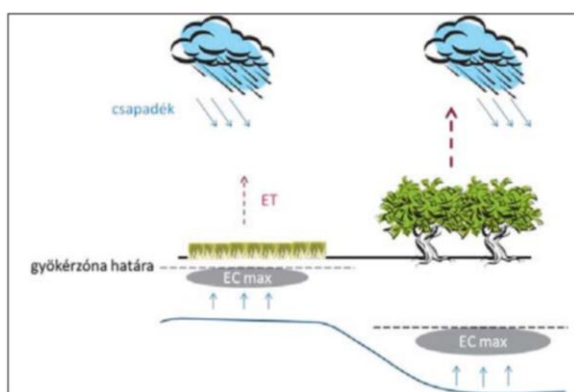
Faj: B: bükk, KT: kocsánytalan tölgy, KST: kocsányos tölgy, CS: csertölgy, A: fehér akác, NNY: nemes nyár, EF: erdeifenyő, FF: feketefenyő, LF: lucfenyő. Faállomány típusok (FATI): B: bükkös, T: tölgyes, CS: cseres, A: akácos, NNY/NFÜ: nemes nyáras vagy nemes fűzes, EF: erdeifenyves, FF: feketefenyves (forrás Csáki 2020), Járó (1981) adatai eredetileg transpirációra vonatkoztak ezt Csáki (2020) egészítette ki az intercepciót is figyelembe véve ET-re.

Az Alföld csapadékvizszoynait vizsgálva és összevetve a fajok átlagfogyasztásával, könnyen ki tudjuk következtetni, hogy ahol nem elérhető a talajvíz, ott nem igazán lehet hatékony erdőgazdálkodást folytatni. Feketefenyveseknek, akácosoknak, fehér nyarasoknak vannak lehetőségeik, viszont ezek se fognak igazán eredményes termelést lehetővé tenni.

Móricz et al (2012, 2016) több tanulmányt is készítettek az erdők talajvízfogyasztásával, és a talajvíztűkör napi ingadozásával kapcsolatban. Egy kocsányos tölgyes és a mellette fekvő parlagterület

tanulmányozása során a kocsányos tölgyesre háromszoros vízfogyasztást számítottak (Móricz et al 2012). Egy későbbi vizsgálat során egy feláramlási és egy utánpótlódási zóna növényzetének vízfelvételét hasonlították össze. Azt figyelte meg, hogy míg a feláramlási zónában lévő nyaras alatt a klasszikus szinuszhullámszerű alakot öltötte a szignál, míg az utánpótlódási zónában lévő akácok alatt lépcsőszerűen lefelé menő alakot öltött. Mindkét helyen a légyszárú növényzet által fedett területeken nem volt megfigyelhető napi hullámzás.

Fontos megemlíteni, hogy az erdészeti termőhelyértékelés csak 2 m mélységig veszi figyelembe a talajvizet, mint többletvizet. Bár az tény, hogy ennél mélyebben, főleg 4-5 m környékén már csak egyre korlátozottabban képes a faállomány elérni azt, még mindig nagyon sokat tud jelenteni számára, ha megfelelő talaj esetén el tudja érni, mint azt többen bizonyították, illetve én is ezzel foglalkoztam a tavalyi tdk dolgozatomban. Ellenben, ha nincs már 4-5 m mélységben sem, akkor már egy még nehezebb helyzetben van az erdő. Összességében az erdészeti termőhelyértékelésnek jól jönne ez a kis korrekció a pontosabb értékelés érdekében.



6. ábra. Talajvízszint és sótartalom egy síkvidéki erdő és szomszédos mezőgazdasági terület alatt. ET: evapotranszpiráció, EC max: a talaj elektromos vezetőképességének (sótartalmának) maximuma (Szabó et al. 2012)

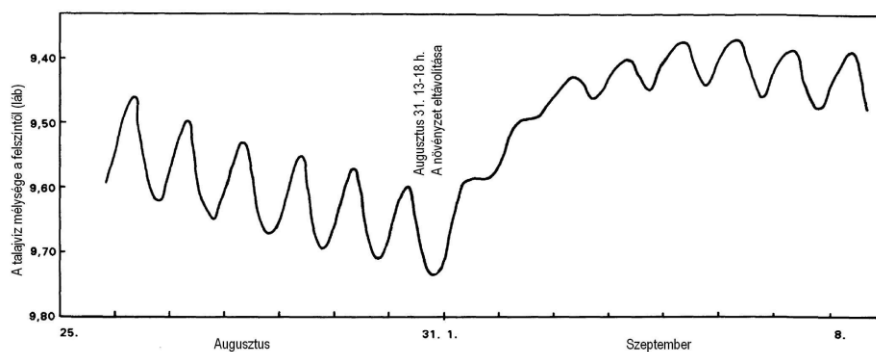
Az alföldi talajvízcsökkenés kapcsán több vita is volt arról, hogy tulajdonképpen mi is az okozója ennek a süllyedésnek. Több kutatás is volt az elmúlt évtizedekben ezzel kapcsolatban. Pálfai István (2010) komplex módon vizsgálta a problémát, és arra jutott, hogy az erdők csak kb. 10%-ban felelősek a vízhiányért, leginkább a klímaváltozás, a rétegvíz-kitermelés és a tájhasználat változása okozza ezt.

A tavalyi évben folytattam egy, a mostanihoz hasonló kutatást ugyanezen a területen, ugyanez a két kút adatsorai alapján. Akkor a két kút környezetében megjelenő talajvíz-evapotranspirációt elemeztem, és hasonlítottam össze az egyeki aszálymonitoring állomásból szedett meteorológiai paraméterekkel. A tavalyi év azért volt mondhatni különleges, mert körülbelül feleannyi csapadék volt, mint előző években, és így egyfajta kiválóan lehetett vizsgálni, hogy hogyan viselkedik az állomány igen száraz viszonyok esetén. A fő következtetés az volt, hogy a tölgyes még 5,4 m mélységből is képes vizet felvenni, de már csak töredék mértékben, mint egy fél méterrel magasabb vízállás esetén. Az idei dolgozatomban is hasonló dolgokkal fogok foglalkozni, kiegészítve hosszabb meteorológiai és talajvízállás-adatsorokkal.

Most vessünk egy pillantást a jelenlegi témám központi elemét képező visszatöltődés szakirodalmára.

Régebben kérdés volt, hogy egyáltalán a napi ingadozást a fák okozzák-e. Hollandiában Thal-Larsen (1934) két szomszédos egy erdős, és egy gyepek terület napi talajvízdinamikáját vizsgálta, ahol azt találta, hogy az erdő alatt 5-11 cm-es ingadozás volt, míg a másik helyen gyakorlatilag semmi. Azóta ezt természetesen sokan bizonyították újra.

Az 1930-as években kezdődtek el Amerikában a talajvíz-evapotranspirációval kapcsolatos mérések, vizsgálódások. Blaney et al. (1930, 1933) vizsgálatai során felfedezte az összefüggést a napi vízállás, a napi hőmérséklet ingadozás és kádpárolgás közt. Azt találta, hogy este 20h és reggel 8h közt a napi párologtatásnak csak a 6% jelenik meg. Ezután White (1932) fedezte fel, hogy ezt a vízálláskülönbséget a növények párologtatás okozza. Ezt jól szemlélteti az alábbi ábra, melyen egy lucernás vízfogyasztása látható (7. ábra). Jól kivehető, hogy a kaszálás előtt és után jelentős mértékben különbözött a terület talajvíz-evapotranspirációja. Kidolgozott egy módszert is, amit később róla neveztek el, és amellyel a talajvíz-evapotranspirációt ki lehet számolni, ezt azóta sokan tovább finomították.



7. Ábra. A talajvízszint napi amplitúdójának csökkenése és a talajvízszint növekedése a növényzet (lucerna) eltávolítása után Escalante-völgy, Utah (White 1932 nyomán)

Alapvetően a White-módszer azon alapul, hogy az éjszakai órákban 0-nak vesszük a vízfelvételt. Ezzel ellentétben sok kutatás foglalkozik azzal, hogy az éjszakai nedváramlás 0-nak vétele jelentős alulbecslést okozhat a GW_ET számításában. Az éjszakai nedváramlás a nappalinak a 30 %-át is elérheti (Novick et. al. 2009). Én a számításaim során ezt nem fogom figyelembe venni, mert bár ezt pontosan bebizonyítani nem tudom, úgy vettem észre, hogy a mérsékelt égövben, a mienkhez hasonló klímában végzett mérések 0-nak találták ezt a párologtatást (Daley és Philips 2006, Herczeg 2011).

Zhu et al (2011) és Johnson et al (2013) a vízfolyás és a vízfolyásmenti zóna utánpótlódás közti kapcsolatot vizsgálták, és azt találták, hogy néhány száz méteres távolságban a napi hullámlás amplitúdójára, a szignál meredekségére a vízfolyás nincs hatással, a végeredményt nem befolyásolja. Ez az érték függ természetesen a talaj minőségétől, stb. Ezek alapján mivel a kutakhoz a legközelebbi vízfolyás is 2 km-re van, az is eléggé időszakos, úgy gondoltam, ezt a tényezőt nyugodtan ki lehet venni a számításból.

Az utánpótlódás és az evapotranspiráció White-módszerrel való számításakor az egyik legkritikusabb pont az S_y értékének a meghatározása. Ezzel kapcsolatban Loheide et. al. (2005) elkészítettek egy nomogramot, amiből a homok, iszap, és agyag %-ok arányából ki lehet olvasni az S_y értékét. Meyboom (1965) a vizsgálatai során arra jutott, hogy ha a teljes gravitációs pórusterrel számolunk az evapotranspiráció számítások során, akkor jelentősen túlbecsüljük azt, ezért az S_y értékének a felét javasolja a számítások során. Én is ezzel a Meyboom-féle korrekcióval fogok dolgozni.

Az mindig fontos kérdés, hogy pontosan honnan is jön a talajvíz, ami még csapadékmentes időszakban is tölti felfele a rendszert. Erre több válasz is lehetséges, valószínűleg valamennyire mindegyik belejátszik. Az alapvető dolog, hogy a víz mindig lefelé folyik, és ugyanez jelentkezik a talajvíz esetén is. Viszont itt, mivel a talajban kell áramolni a víznek, sokkal lassabban tud vándorolni.

Több kutatásban is rámutattak (Major 2002, Gribovszki 2017), hogy néhány 100 m-es távolságon belül is több deciméteres különbségek lehetnek a talajvízszintben mélységében, ez függ a domborzattól és a növényzettől is. Ennek következtében vannak úgynevezett feláramlási és utánpótlódási zónák. Az utánpótlódási zónákban általában inkább csak lefele szívárog a víz, itt egyfajta negatív vízmérleg alakul ki. Ezek általában egy kicsit magasabban fekvő területek, vagy egy parlagterület és a mellette lévő erdő esetén a parlag is lehet utánpótlódási, az erdő pedig feláramlási zóna. A feláramlási zónákban pedig értelemszerűen összegyűlik a víz, itt pozitív vízmérleg alakul ki. Léteznek az úgynevezett Tóth-féle áramlási rendszerek is (Tóth 1963), amik a Kárpát-medencét írják le medencehidraulikai szempontból. Ezek szerint gyakorlatilag az egész Alföld egy feláramlási zóna, szóval sok helyen számolhatnánk plusz vízzel ennek köszönhetően, ha ismernénk a mértékét. Ezek mellett a vízfolyásoknak, tavaknak is lehet utánpótló hatása. Ennek mértékét csak igen komoly modellezéssel lehetne meghatározni, mert amúgy lenne rá lehetőség a Tisza (6 km távolság), illetve az egyik kisebb csatorna felől (2 km távolság).

Azon is érdemes elgondolkozni, hogy az erdőknek a tulajdonképpeni feláramlási zónaként való működése hogyan hathat az altalaj sziksótartalmára. A kérdéskört vizsgálta Szabó András (Szabó et al 2020). Két, egymás mellett lévő terület, egy erdő és egy parlag talajviszonyait vizsgálták, és azt találták, hogy a lágyszárú vegetáció alatt a sekély gyökérszint miatt magasabban halmozódott fel a sziksó, míg az erdőnél mélyebben. Emellett viszont érthető módon az erdő alatt összességében nagyobb volt a felhalmozódás, bár még mindig messze volt a káros mennyiségtől.

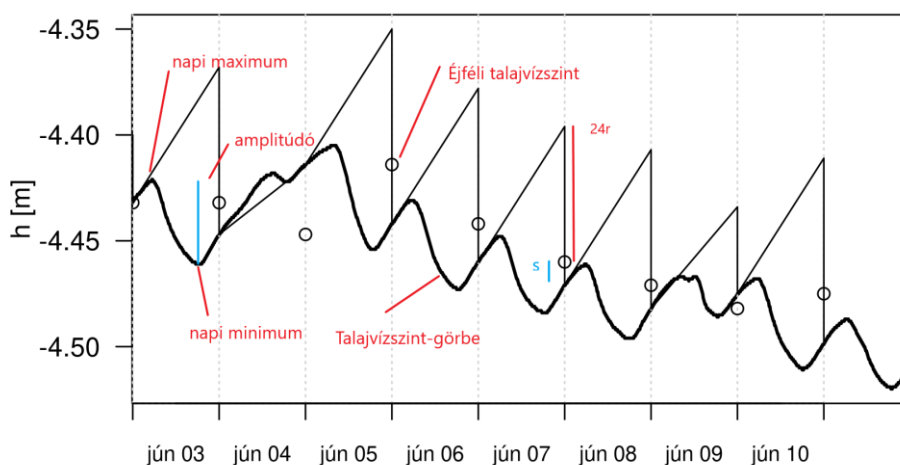
Anyag és módszer

Mérőrendszer felállítása

A kutak létesítése toldható kézi talajfúróval történt, ami lehetővé tette a talajminták kivételét, ezáltal a későbbi S_y számítást is. A kút bélése 5 cm átmérőjű PVC cső, a legalsó részén (2m) szűrőzve. A kutak koordinátái a következők: 1. sz. talajvízkút: EOY X = 258191, EOY Y = 793361; 2. sz. talajvízkút: EOY X = 257006, EOY Y = 794577. A két kút azonos jellemzőkkel bíró helyre lett telepítve, az állomány kora, szerkezete is hasonló, nincs nagy magasságkülönbség sem köztük, a talaj is közel megegyező, valamint fontos még, hogy az erdő széle is hasonló közelségben van hozzájuk, így a visszatöltődés is hasonlóan tud megjelenni.

A talajvízszint mérése DA-S-LTRB 122-es típusú adatrögzítővel történt, melyek 10 percenként dokumentálták a pillanatnyi vízállást. Ezek az eszközök a víz nyomásának a légköri nyomással történő fizikai kompenzációjával számítják ki a felettük lévő vízszlop magasságát. A talajvízszint idősor jellegzetes vegetációs időszakbeli napi ingadozását mutatja az alábbi ábra.

A visszatöltődés számítási módszere



8. Ábra Napi ingadozás és annak karakterisztikus jellemzői

Az ábrán a görbe jelöli a talajvízállást, a napi hullámvázban a felfelé tartó ívek az éjszakai visszatöltődést jelentik, míg a lefelé tartók a napközben megjelenő evapotranspirációt. (8. ábra) Látható még a 0 és 4 óra közti szakaszhoz húzott érintő is, én ezeknek a segítségével fogom számolni a visszatöltődést. Több helyen is látszanak „rendellenességek” a szignálon, ezek a különféle

csapadékeseményeknek, néha mérési hibáknak köszönhetőek. Ezeket az adatelemzés során ki kell venni a számításból, mert túl- illetve alulbecslést okozhatnak, ehelyett valamilyen statisztikai simítást kell alkalmazni. Azt is fontos eldönteni, hogy biztosan 0 és 4 óra közé esik-e az az időszak, amivel jól meg tudjuk becsülni a visszapótlódást, mert előfordulhat a szignál késése is. Erre példa a Szabó et al (2023-megjelenés alatt) által végzett kutatás, ahol a késés miatt módosítani kellett referenciaidőszak figyelembevételének idejét.

A számításom alapja a White-módszer, amely talajvízből származó párolgás számítására készült. A becslés során nem az eredeti formájában használtam, mert nekem nem a talajvíz-evapotranspirációra volt szükségem, hanem a visszatöltődésre. Az eljárás nagyon praktikus, mert viszonylag alacsony az eszközigénye, és nem szükséges hozzá túlzottan komoly statisztikai elemzés. Alapvetően a White-módszer azon a feltételezésen alapul, hogy éjjel 0 és 4 óra közt gyakorlatilag nullának vehető a növényzet párologtatása, így az ekkor megjelenő visszatöltődési ütemből kiszámítható az egész napos visszatöltődés ($24r$). Tehát ha 0 és 4 óra közt egy óra alatt r magasságot töltődik, akkor 24 óra alatt $24 r$ magasságba emelkedene a talajvíz. Ha ebből a visszatöltődést korrigáljuk a napok közti éjféli talajvízszintváltozással, megkapjuk, hogy a növényzet mennyi vizet vett fel a talajvíztérből. Természetesen a módszer rengeteg változtatáson esett át az utóbbi időszakban kezdve az S_y mérésétől kezdve az éjszakai nedváraamlás számbavételén keresztül a különféle egyéb bonyolultabb számítási módszerig. A White-módszer képlete lent látható: az S_y jelenti a könnyen leüríthető gravitációs pórusteret, a $24r$ a napi visszatöltődési rátát, az s pedig az adott és az előző napi éjféli talajvízszint közti különbséget. Mi ezt az s értéket kivesszük majd a képletből, mert nem az evapotranspirációra, hanem a visszatöltődésre vagyunk kíváncsiak.

$$1. \text{ képlet: } ET_{GW} = S_y(24r \pm s)$$

A módszer emellett igényel egy manuális ellenőrzést is, melynek során a görbére ráillesztett $24r$ -eket megnézzük, hogy a rendszer nem számított-e irreális értéket valami mérési hiba, vagy csapadékeseményből származó zavarás folytán.

Szemeloszlás vizsgálat

Az eljárásban, mint korábban említettem, egy nagyon kardinális pont az S_y -nak a meghatározása. Ahhoz, hogy ezt az értéket meg tudjuk határozni Loheide et al. (2005) által meghatározott háromszögdiagrammot használtuk fel. A diagramm alkalmazásához meg kellett határozni a szemeloszlást. Ezt a feladatot a kutatás beindítója, Kiss Csaba László (Kiss et al 2021) végezte el. A fúrás során kivett talajminta összetételét szitálással, és 0,63 mm alatt hidrometrálással határozta meg. Összesen 4 (2-2 minta a két talajvízkútból) a talajvíz ingadozási zónájában talajható talajrétegből származó talajminta szemeloszlása lett ezzel a módszerrel meghatározva.

3. táblázat S_y értékek a jellemző talajvízszint ingadozás tartományában

Talajminta	Rétegmélység(m)	S_y	$S_y/2$	Fizikai talajféleség
1/8.	2,7-3,9	0,210	0,105	vályogos homok
1/9.	3,9-6,3	0,134	0,134	homokos vályog
2/8.	2,9-3,7	0,260	0,260	vályogos homok
2/9.	3,7-5,3	0,170	0,170	homokos vályog

A dolgozatban a hőmérséklet és csapadék elemzéséhez az egyeki aszálymonitoring-állomás adatait használok, ami körülbelül 5 km-re van az erdőtől, szóval az adatai elég jól alkalmazhatóak a területre. Felmerült viszont az a probléma, hogy az egyeki állomás egy automata állomás, és nincs rendszeres ellenőrzés, karbantartás alatt, szóval nem lehetett tudni, hogy mennyire megbízhatóak az adatok. Ehhez felhasználtuk a Debreceni meteorológiai mérőállomás adatait, mely 1901-től kezdve folyamatosan szolgáltat nyilvánosan elérhető, bizonyítottan helyes adatsorokat. Excelben egymás mellé kiírtuk a napi adatokat, így könnyen összehasonlíthatóvá vált a két időszak. Összességében az mondható, hogy elég jó egyezések voltak, csak néhol volt nagyobb hiba a csapadékban, de azok könnyen betudhatóak köztük lévő 55km-es távolságnak.

Ezután az egyeki meteorológiai adatsorból kivettük azokat az időszakokat, amikor nem esett legalább 5. napja jelentősebb, 5mm-nél nagyobb eső. Ez azért volt fontos, mert ahhoz, hogy mi a környező területekről nyáron érkező visszatöltődést számítani tudjuk, ki kell küszöbölni a csapadékot, mert jelentős mértékben megváltoztatja a görbe futását, és szinte lehetetlenné teszi a reális 24r számítását.

Elemzés az R!-el

Az R!-el történő statisztikai elemzést a konzulensem, Kalicz Péterrel valósítottuk meg. A koncepciót, leprogramozandó dolgokat én fogalmaztam meg, ezután a parancssorokat közös munka keretében megírtuk.

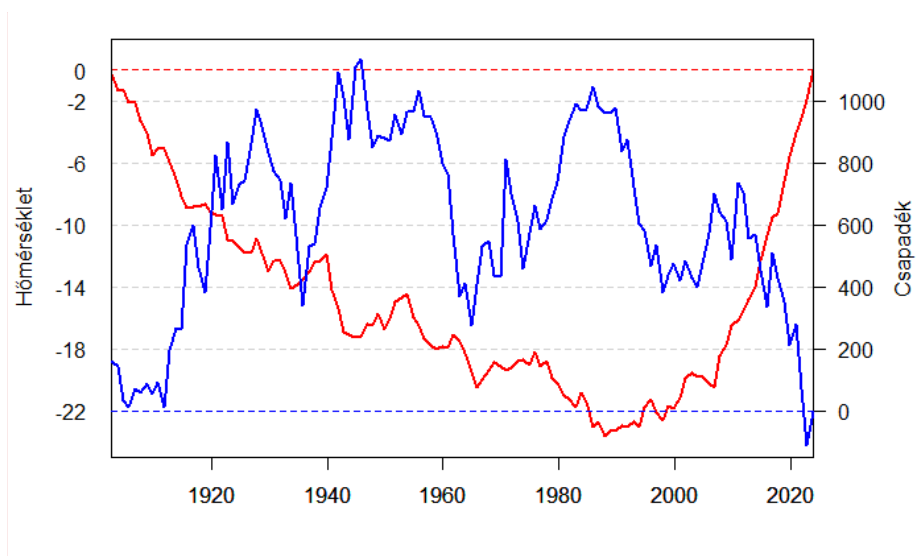
A visszatöltődést májustól-augusztusig a 24r egyenes segítségével számítottuk ki, míg november és február közt csak kivontuk egymásból a nap eleji és végi értékeket, így számítottuk a napi visszatöltődést. Itt nincs semmi növényzet általi párologtatás, napi hullámozás, szóval nem lehetett volna a nyáron használt módszerrel kalkulálni. A kora tavaszi és őszi időszakban sok minden lehet, ami

megzavarta volna a számítást, ezért most ezeket az időszakokat inkább kivettük a számításból. Így nyári időszakban csak májustól augusztusig, a téli időszakban novembertől februárig számoltunk. Ebből nem lehet pontosabb becslést végezni az egész évre, de mindenképp egy jó kiindulási alap.

A talajvízvizsgálat és elemzés a száraz napok kiszűrése után az adott napok visszapótlódás számítása után egy simítással történt, mely során egy lowess (R Core 2022) görbét illesztettünk rá az adatsorra, és ezzel pótoltuk ki a hiányzó napokat, és számítottuk ki az adott időszakra a visszatöltődést. A 24r meghatározását a 0 és a 4 óra közti értékek átlagolásával végeztük el, úgy találtuk, hogy ez adja a legpontosabb illeszkedést.

Meteorológiai vizsgálat

Ezek mellett kíváncsiak voltunk, hogy az elmúlt időszak mennyire volt száraz és meleg az elmúlt évekhez képest. Ehhez kiszámítottuk a csapadék és a hőmérséklet átlagát 1901-től, majd évenként vettük az átlagtól való eltérést, és azt minden évben, kumulálva ábrázoltuk (9. ábra). Érdekes megfigyelni az utolsó értéket a csapadékgörbén, amikor megindul felfelé. Ez értelemszerűen az ideit jelzi.

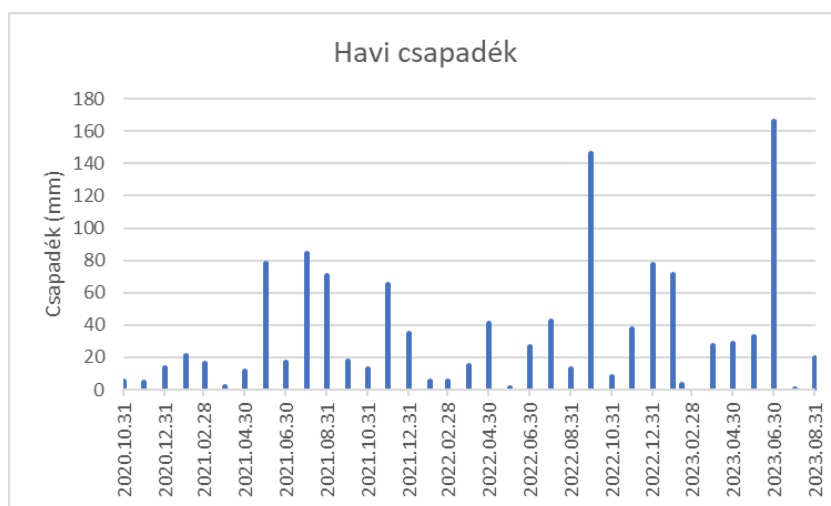


9. ábra: a hidrológiai évek csapadék és hőmérsékletadatainak átlagtól való kumulált eltérése 1901-től. A kék vonal jelzi a csapadékot, a piros a hőmérsékletet

A csapadékaábrán látható, hogy többször is volt hullámváz az éves csapadék mennyiségében. Mivel még nem ért véget a 2023-as év, azt nem tudtuk ábrázolni, így 1901-től 2022-ig vannak adataink.

A lefelé menő görbe azt mutatja, hogy az adott évek az átlagosnál szárazabbak (aszályos periódus), míg a felfelé menők az átlagosnál nedvesebb időszakokat mutatják. Az 1930-as, a 60-as és a 90-es években voltak aszályos periódusok, de a leginkább aszályos időszak a 2010-től mostanáig húzódó időtáv. Ez is magyarázza, hogy miért romlik egyre az alföldi erdőterületek egészségi állapota. Ilyen terület például a püspökladányi arborétum, ahol konzulenseim részvételével egy, az enyémhez hasonló kutatás zajlott, és már megfigyelhetők voltak a fákon a csúcsszáradások. (Szabó et al 2023-megjelenés alatt)

A kumulált hőmérsékletábrán az látható, hogy 1901-től kezdve összességében egy lehűlés volt tapasztalható egészen az 1980-as évekig. Ekkortól viszont elkezdett nőni a hőmérséklet, 2010 környékétől viszont meredeken elindult felfelé. Ez, párosulva a kevesebb csapadékkal, részben magyarázatot ad a gyors szárazodásra, mivel ha melegebb van, akkor a potenciális evapotranspiráció is nagyobb, viszont ha kevesebb a víz, az tovább súlyosbítja a helyzetet, mivel a víz a nagy párolgáshője miatt jelentős mértékben képes hűteni a környezetét.



10. ábra: a havi csapadékok alakulása 2020 októberétől

A fenti ábrának (10. ábra) a talajvízviszonyok tárgyalása során jut majd nagy szerep. Amit látni kell, hogy a 2021-22-es hidrológiai évben a vegetációs periódusban nagyon kevés csapadék esett, csak szeptemberben voltak nagyobb csapadékesemények, amik valamelyest visszatöltötték a rendszert. Ezzel szemben a 2022-23-asban tavasszal végig volt sok csapadék, ráadásul júniusban kimondottan sok esett, ami nagyon jó hatással volt a növényzet életlehetőségeire.

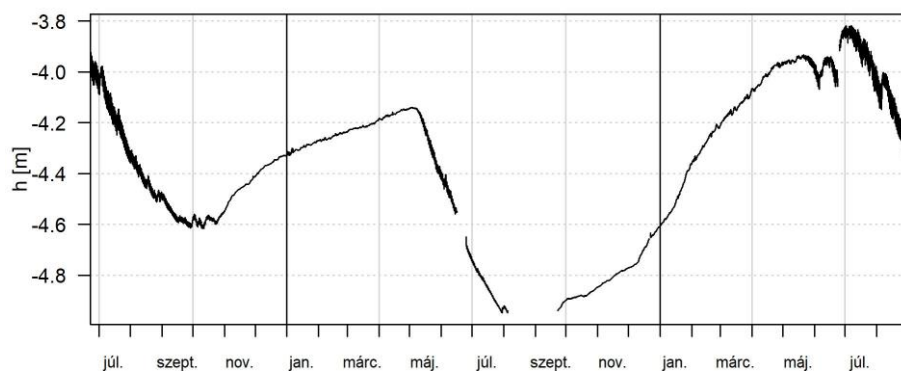
Érdemes még összehasonlítani az elmúlt hidrológiai évek csapadéértékeit is. Ami érdekes, hogy a 2022-es évet tekintjük nagyon száraznak, viszont az is látszik, hogy 2020/21-ben még kevesebb csapadék volt. Ez összességében könnyen érthető, tekintve, hogy meg kellett valaminek alapoznia a '22-es év aszályát. A víztartalékok már az előző évben kifogytak, így érvényesülni tudott a csapadékhiány hatása a rákövetkező évben.

4. táblázat: a hidrológiai évek csapadékadatai

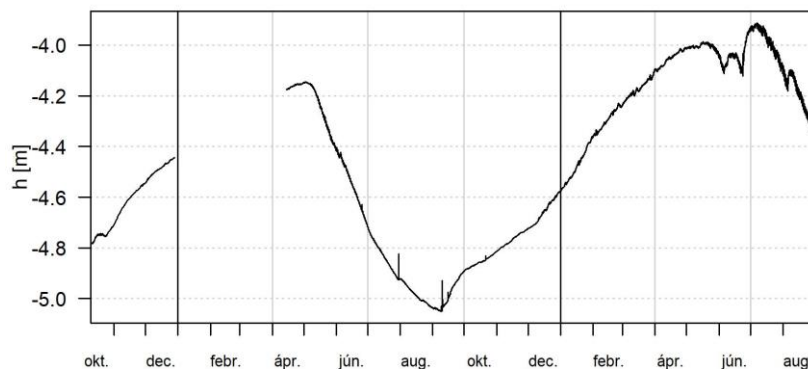
Év	Éves csapadék (mm)
2020/21	351,6
2021/22	404,5
2022/23	465,8

Eredmények, értékelés

A talajvízszignál alakulása



11. ábra: Talajvíz-idősor az egyes kútban.



12. ábra: Talajvíz-idősor a kettes kútban

A fentebbi két ábrán (11. és 12. ábra) a taljvízmélységek 3,8 és 5,2 m közt változnak. A hosszú távon emelkedő részek a téli visszatöltődési periódust jelentik, míg a lefelé menők a nyári párologtató periódust. A nyári periódusokban látható, hogy megvastagszik a vonal, ez a napi talajvízszint-ingadozásnak köszönhető, mivel emiatt sűrűn rajzolja ki a program a vonalakat.

Az 1-es és a 2-es kút esetében is megfigyelhetők különböző adathiányok, az ezeken a helyeken lévő adatokat torzító hatásuk miatt kivettem. Az 1-es kút esetében volt, hogy a műszer alá ment a talajvízszint 2022 augusztusában és szeptemberében. Az adathiányokat a visszatöltődés

számításához kipótoltuk a 2-es kút 2021-22-es telén. Ez egy egyszerű egyenes szakasz behúzásával történt meg, mert az adatsort szemlélve nehezen haladhatott lényegesen eltérő irányba, tekintve, hogy nem volt vegetáció általi párologtatás, illetve más egyéb vízkivétel a területről. A másik kút szignáljának a szinte egyenes futása is egyfajta bizonyíték erre.

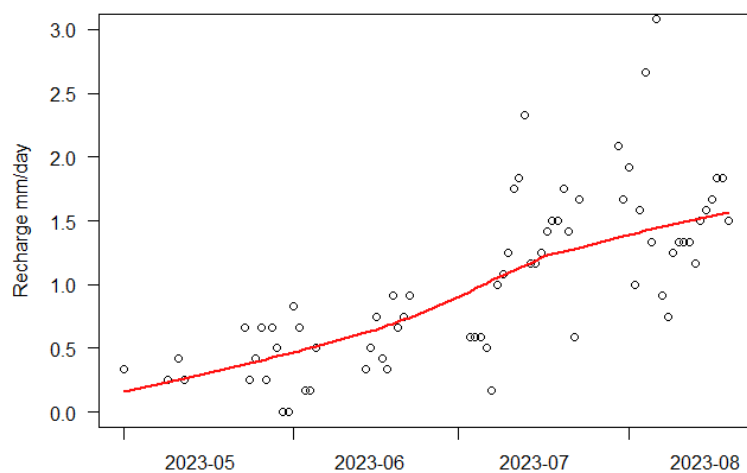
A két talajvíz-idősoron kiválóan látszik mindkét kút esetén, hogy a 2022-23-as hidrológiai év jelentősen csapadékosabb volt, mint 2021-22-es. A két kút 2021-22-es 0,4-0,6m-es visszatöltődéséhez képest a 2022-23-as 1,0-1,1 m-es visszatöltődés szignifikáns különbséget mutat. Szintén érdekesség, hogy 2023 júliusában az aktív párologtatás ellenére is jelentős visszatöltődés történt a sok csapadéknak köszönhetően.

A görbéken megfigyelhetők még túszerű kiugrások is. Ezek pontos eredete nem ismert, nem lehetnek mérési hibák, mert közelebbi ábrákon látszik, hogy van lefutása ezeknek a rendellenességeknek. Ilyenkor valószínűleg valamilyen makropóruson keresztül víz szivárgott be a kútba, ami aztán gyorsan szét is oszlott.

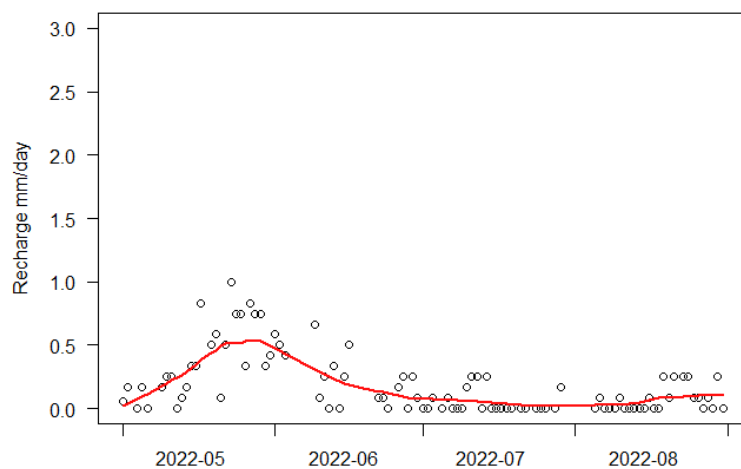
Sajnos nem állnak rendelkezésre igazán hosszú, több évtizedes talajvíz-adatsorok, de az utóbbi 10-12 évben megjelenő csapadékhány félig magyarázat tud lenni arra, hogy a fák miért nem tudják elérni a mélyebb talajrétegeket. Ilyen hosszú idő alatt igen sokat tud süllyedni a talajvíz, és az öreg fának már valószínűleg sokkal kevésbé plasztikus a gyökérzetük, nem tudnak utánanőni. Nyilván az is nagy kérdés, hogy tulajdonképpen milyen mélységeket képesek elérni a fák a gyökereikkel, ehhez Magyar Pál (1929) kutatásai nyújtanak egyfajta támpontot, de sokkal kiterjedtebb vizsgálatokra lenne szükség, hogy ezt meg tudjuk becsülni. A mi állományunk elérési határa 5 m környékén lehet, mert 2022-ben, amikor lesüllyedt a talajvíz 4,9-5m mélységbe, akkor kb. tizedakkora volt a napi amplitúdó és párologtatás, mint 30 cm-el feljebbi talajvízszint esetén.

Az elemzéseim során ezután a 2-es kút adatsorával számoltam, mert a két terület nagyon hasonló viselkedése miatt szükségtelen volt mindkettőre elvégezni vizsgálatokat, és ábrázolni őket. Emellett a 2-es kútban 2022 nyarán nem volt adathiány, mert a víz végig az adatgyűjtő érzékeny szondája felett maradt, és így lehetőségem volt összehasonlítani a két nyár talajvízszintkülönbsége közt meglévő különbség által okozott visszapótlódás és amplitúdókülönbségeket.

Visszatöltődés a különböző időszakokban



13. ábra: A visszatöltődés és simított görbéje 2023 nyári időszakában



14. ábra: A visszatöltődés és simított görbéje 2022 nyári időszakában

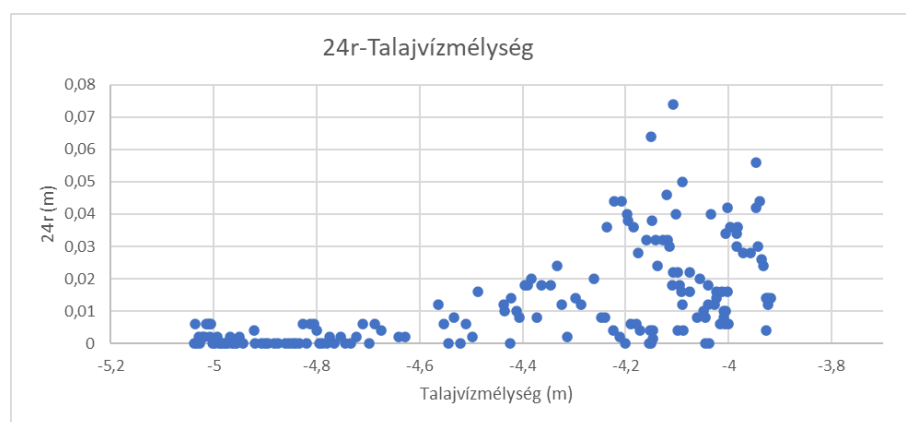
A fenti két ábrán (13. és 14. ábra) a napi visszatöltődés 2022-es és 2023-as nyári értékei láthatók a 2-es kútban. Ami szembetűnő, hogy 2023-ban, amikor kb. 1m-el magasabban volt a talajvíz, háromszoros visszatöltődés értékek jelentek meg. Ez azt mutatja, hogy a 4,8-5 m körüli mélységet, ami 2022-ben volt, már nehezen tudják elérni a fák gyökerei, 4-4,2 m-ről a kapilláris

vízemelésnek köszönhetően sokkal többet fel tudnak szívni. Az is látszik, hogy míg 2023-ban július-augusztusig emelkedtek a visszatöltődés értékek, addig 2022-ben egy kezdeti emelkedés után, amikor leért a vízszint 4,6-4,8 m mélységbe, nagyon alacsonyak lettek. Ez annak köszönhető, hogy egyrészt azt a mélységet már nehezen érték el a gyökerek, a kapilláris vízemelés már nem vitte fel a gyökérszónáig a nedvességet, így mivel kevesebb volt a napi ingadozás, kevesebb volt az a napi vízszintcsökkenés is, ami indukálta volna a nagy napi visszatöltődést. Másrészt már a szűkebb környezetből is eléggé elfogyott a víz, ami vissza tudta volna tölteni a rendszert. Azt sajnos nem tudni, hogy pontosan milyen mélyen is vannak a gyökerek, ehhez teljes gyökérfeltárást kéne végezni, ami ilyen mélység esetén nagyon nehéz feladat.

Fontos megemlíteni, hogy azért ilyen alacsonyak az értékek a 24r-hez képest, mert be vannak szorozva a White-módszer szerint az S_y -al (0.134).

A 24r, a napi átlagos talajvízmélység, illetve az amplitúdó kapcsolata

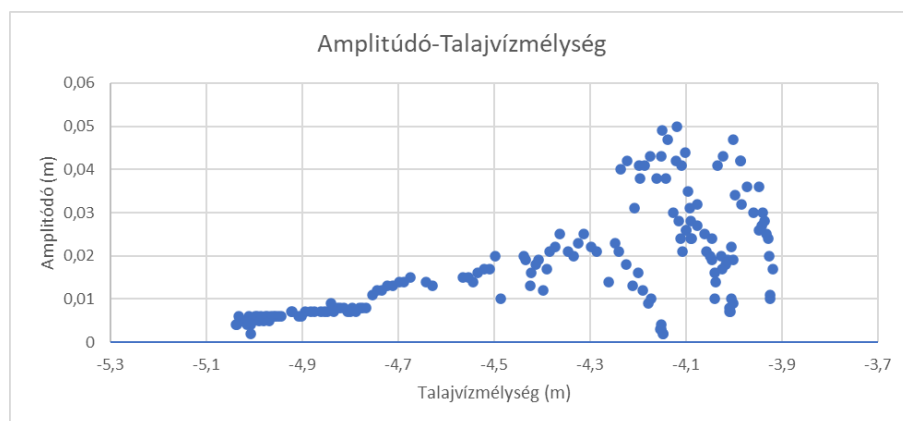
Sok helyen fogok a visszatöltődés helyett 24r-el számolni, mert arányaikban megegyeznek, tekintve, hogy a visszatöltődés = $24r \cdot S_y$. Emellett mivel a 24r egy szignifikánsan nagyobb érték, szemléletesebben összehasonlítható például az amplitúdóval, stb.



15. ábra: A 24r és a talajvízmélység kapcsolata

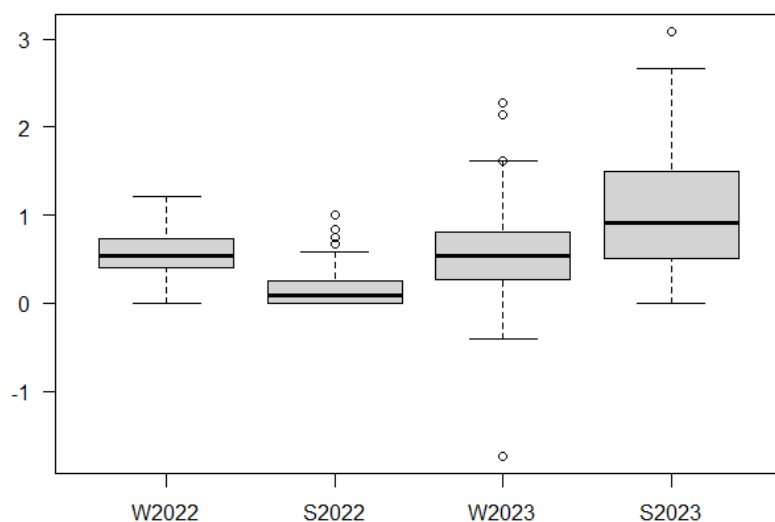
Mint a fenti ábrán (15. ábra) is látható, a 24r és a talajvízmélység között is határozott kapcsolat van. Itt is megfigyelhető, amiről fentebb is írtam, hogy 5 m-es mélység esetén töredékére esik vissza a 24r, így az utánpótlódás is. Az pedig, hogy pl. 4 m-es talajvízmélység esetén mekkora visszatöltődés jelenik meg, az természetesen sok mindentől függ, egyrészt a páratartalomtól, hőmérséklettől, illetve attól is, hogy a vegetációs időszak mely részében vagyunk, mert például szeptember környékén már jóval kevesebb szokott lenni a párologtatás, így a megjelenő utánpótlódás is. Emellett 4,2-4 m-es

mélységnél az is kikövetkeztethető a sok különféle értékből, hogy az adott napi potenciális evapotranspirációtól függően „annyit vesz ki az erdő, amennyit akar”, szóval az állomány ebből a mélységből már bőven el tudja látni magát az életfolyamataihoz szükséges vízzel.



16. ábra: A talajvíz mélységének és a napi ingadozás amplitúdójának kapcsolata

Az amplitúdó a napi talajvízmélység függvényében (16. ábra) látszólag ugyanazt az alakot ölti fel, mint a 24r-napi talajvízmélység diagram, viszont van egy fontos különbség. Itt nem igazán fordulnak elő 0, vagy ahhoz közeli értékek, mert amikor az éjszakai visszatöltődés nagyon lassú, az r értéke is nagyon kicsi lesz, akár olyan kicsi, hogy a rendszer nem tudja kimutatni. Ezzel szemben ilyenkor ugyanúgy van párologtatás, szóval a vízszint süllyed, így megjelenik az amplitúdó. Ha talajvíz-evapotranspirációt számítanánk, itt akkor lenne egy s érték, ami valamelyest ellensúlyozná a 24r hiányát. Összességében ebből az ábrából az a következtetés vonható le, hogy 5m környékén is használja az erdő a talajvizet, még ha alacsony mértékben is, ellenben a visszatöltődés alacsony. Ez, azért van, mert már ekkor a kút szűkebb környezetében lecsökkent a víz mennyisége, és nem volt már honnan visszapótlódnia.



17. ábra: a téli (W) és nyári (S) napi visszatöltődések alakulása

A többéves, téli-nyári összehasonlító ábrán látható (17. ábra), hogy a téli visszatöltődés-értékek igen jelentős értéket képviselnek annak ellenére, hogy akkor nem volt napi szintű ingadozás. Ennek az az oka, hogy a téli visszatöltődésbe beleszámít a csapadék által történt visszatöltődés is, ami a nyáriban a korábban tárgyalt okok miatt nincsen benne. Itt is lényeges megemlíteni, hogy a 24r értékek itt már be vannak szorozva az S_y -al. Érdemes összehasonlítani a téli időszakban leesett csapadékot, és az ekkor megjelenő visszatöltődést. Ebből bármi következtetést levonni csak rendszeres talajnedvesség-adatok vizsgálatával lehetne.

5. táblázat: téli csapadékok, és az össz-visszatöltődés összehasonlítása

	Leesett csapadék nov-febr. (mm)	Visszatöltődés talajvízszintben (mm)	Visszatöltődés S_y -al korrigálva (mm)
2021/22	111	420	56,3
2022/23	190	580	77,7

Összegzés

Összességében azt tudom mondani a fentebb taglalt eredmények kapcsán, hogy az Ohati-erdő esetén is fennáll az a veszély, hogy egy újabb, kicsit hosszabb száraz periódus alatt jelentős mértékben károsodni fog az erdő a talajvízhiány miatt. Ha egy-egy évben a csapadék jó eloszlású és mennyiségű, az állomány elég jól érzi magát, de ha tovább fog süllyedni a talajvízszint, a jó években is komoly problémák lehetnek. Nagy segítség lenne a területnek, ha néhány egyszerű intézkedéssel, jászolgáttal meg tudnák szüntetni a nagy csapadékok esetén történő, fentebb bemutatott kifolyást az erdőből. A csatornahálózatot felhasználva a közelbe lehetne juttatni, és szétteríteni az áradások vizét. Ha nincs áradás, akkor is meg lehetne oldani vízátemeléssel a csatornahálózatba történő vízzuttatást. Ezek azért lehetnének működőképes ötletek, mert így a környező szántóterületeknek is jobb lehetőségeik lennének, szükség esetén a gazdák tudnák öntözésre használni.

Köszönetnyilvánítás

A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-2-III-SOE-176 Új Nemzeti Kiválóság Programjámak a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. Jelen TDK munka a 143972SNN azonosítószámú OTKA pályázat és a TKP2021-NKTA-43 számú projekt támogatásával valósult meg. „A TKP2021-NKTA-43 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomazás

- Bartha D. (2012): Növényföldrajz- és társulástan. Egyetemi jegyzet, Sopron
- Blaney, H. F. –Taylor, C. A. – Young, A. A. (1930): Rainfall penetration and consumptive use of water in the Santa Ana river valley and coastal plain. Calif. Dept. Pub. Works, Div. Water Resources Bull., 33:162.
- Blaney, H. F. –Taylor, C. A. –Young, A. A. –Nickle, H. G. (1933): Water losses under natural conditions from wet areas in southern California. Calif. Dept. Pub. Works, Div. Water Resources Bull., 44 (1): 139.
- Bolla B. – Szabó A. (2020): A NAIK-ERTI hidro-meteorológiai monitoring rendszerének kezdeti eredményei a 2019. évi mérések alapján. Erdészettudományi Közlemények, 10. évf. 10. szám 41-54
- Bolla B. K. & Németh T. M. (2017): Monitoring of the Hydrological Balance in the Area of the Kiskunság National Park Directorate. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica, 13 (2). pp. 97-111. ISSN 1786-691
- Csáki P., Kalicz P., Zagyvainé K. K. A. & Gribovszki Z. (2020): „Erdők és természetközeli területek” vízháztartásának vizsgálata párolgástérképek segítségével p. 92-97. Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap, Lakitelek 2020.11.10 Szerkesztő: Csiha Sára, ISBN 978-615-80594-7-3, Kiadja: az Alföldi Erdőkért Egyesület
- Daley, M.J., Phillips, N.G., 2006. Interspecific variation in nighttime transpiration and stomatal conductance in a mixed New England deciduous forest. Tree Physiology 26, 411–419.
<https://doi.org/10.1093/treephys/26.4.411>
- Eötvös, Csaba Béla és Horváth, László (2018) *A szentai-erdő talajvízszint változásai a KASZÓ-LIFE projekt hatására*. ERDÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK, 8 (2). pp. 17-23. ISSN 2062-6711
- Führer E. (2018): A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. Erdészettudományi Közlemények, 8(1): 27-42. DOI: 10.17164/EK.2018.002
- Gencsi Z. (2008): Erdők a Hortobágyon. Erdészeti Lapok CXLIII. évf. 7-8. szám: 234-240.
- Gribovszki Z., Kalicz P., Balog K., Szabó A., Tóth T., Csáfordi P., Metwaly M. & Szalai S. (2017): Groundwater uptake of different surface cover and its consequences in great Hungarian plain. Ecological Processes 6 : 1 Paper: 39.
- Herczeg, P., 2011. Nedváramlás vizsgálata erdei fák törzsében a Sopron melletti Hidegvíz-völgyben (diplomamunka). Nyugat-magyarországi Egyetem.

- Ijjász E. (1936): Az erdészeti altalajvízmegfigyelések eredményeinek rövid ismertetése.
- Járó Z. (1981): A hazai erdők vízfogyasztása. Agrártudományi Közlemények, 40., 353-356.
- Kiss Csaba László (2022): A vízviszonyok hatása az alföldi erdőkre az Ohati erdőtömb példáján Diplomamunka, Soproni Egyetem. Erdészeti Lapok LXXV. évf. 9–10. füzet: 820–829.
- Loheide II., Steven P. – Butler, J. J., Jr. – Gorelick, S. M. (2005): Use of diurnal water table fluctuations to estimate groundwater consumption by phreatophytes: A saturated-unsaturated flow assessment. Water Resources Research, 41. doi: 10.1029/2005WR003942
- Major P. (2002): Síkvidéki erdők hatása a vízháztartásra. Hidrológiai Közöny 82. 6: 319–324.
- Magyar Pál: Az Alföldfásítás elméleti és gyakorlati kérdéseiből (1929) Erdészeti Lapok 68. évf. 9. füzet, 1929. szeptember
- Mathé L.: A hortobágyi Ohat-erdő vegetációja[1]
- Meyboom, P., 1965. Three observations on streamflow depletion by phreatophytes. Journal of Hydrology 2, 248–261. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(65\)90040-5](https://doi.org/10.1016/0022-1694(65)90040-5)
- Méri K. (1862): Az erdők jelentősége a természet egyszerű háztartásában. Erdészeti Lapok, 1. évfolyam, 1. szám, 1-14. o.
- Móricz, N., Mátyás, C., Berki, I., Rasztovits, E., Vekerdy, Z., Gribovski, Z., 2012. Comparative water balance study of forest and fallow plots. iForest - Biogeosciences and Forestry 5, 188–196. <https://doi.org/10.3832/ifer0624-005>
- Móricz, N., Tóth, T., Balog, K., Szabó, A., Rasztovits, E., Gribovski, Z., 2016. Groundwater uptake of forest and agricultural land covers in regions of recharge and discharge. iForest - Biogeosciences and Forestry 9, 696–701. <https://doi.org/10.3832/ifer1864-009>
- Pálfai I. (2010): A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási sajátosságai. Hidrológia Közöny 90 (1):40-44.
- Puskás, L. (2006): Ökológiaivízpótlás a mályvadírtározóban. AEE kutató nap kiadványa 39-47.
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

-Szabó, A.; Gribovszki, Z.; Jobbágy, E. G.; Balog, K.; Bidló, A. & Tóth, T. Subsurface accumulation of CaCO₃ and Cl⁻ from groundwater under black locust and poplar plantations Journal of Forestry Research, Springer Nature, 2018

-Dr. Szabó András-dr. Balog Kitti-dr. Bolla Bence-dr. Tóth Tibor-prof. dr. Gribovszki Zoltán: A telepített erdők és a talajvíz kapcsolata az Észak-Alföldön Erdészeti Lapok CLV. évf. 2. szám (2020. február)

-Szodfridt I. (1993): Erdészeti termőhelyismeret-tan. Mezőgazda Kiadó, Budapest

-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. & Faragó S. (1968): Talajvíz és vegetáció kapcsolata a Duna–Tisza köze homokterületén. Bot. Közlem. 55. (1) 69–75.

-Tóth T., Balog K., Szabó A., Pásztor L., Jobbágy E. G., Nosetto M. D. & Gribovszki Z. (2014): Influence of lowland forests on subsurface salt accumulation in shallow groundwater areas, AoB PLANTS plu054, pp. 1-39. DOI: 10.1093/aobpla/plu054

-Tóth I. (1963): Közép és Alsó-Duna ártér erdőgazdasági táj. In. Danszky I. (ed.): Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési irányelvei és eljárásai. Budapest, OEF

-Thal-Larsen, J.H., 1934. Fluctuations in the level of the phreatic surface with an atmospheric deposit in the form of dew. Bodenkundliche Forschung 4, 223–233.

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

-Zhu, J., Young, M., Healey, J., Jasoni, R., Osterberg, J., 2011. Interference of river level changes on riparian zone evapotranspiration estimates from diurnal groundwater level fluctuations. Journal of Hydrology 403, 381–389. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.04.016>

-Zoltai Lajos: A Hortobágy (1911)

Mellékletek

A többi kép, az adatsorok az alábbi két drive-mappában található, az R-kód pedig a lenti GitHub linken található.

<https://github.com/kelezs2023/OhatGWData>

<https://drive.google.com/drive/folders/1zJpAjlXUIN7daYUX1VznV8K1HgZfwKH>

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1YLK0W9DKNk2OgFstwuRgPGYMnTTyqMR5>