

DOKTORI (PH.D.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**A TALAJVÍZSZINT ÉSZLELÉS, MINT HAGYOMÁNYOS, S
A VÍZFORGALMI MODELLEZÉS, MINT ÚJ MÓDSZER
ALFÖLDI ERDEINK VÍZHÁZTARTÁSÁNAK
VIZSGÁLATÁBAN**

Készítette:

Gácsi Zsolt
okl. erdőmérnök



**Nyugat-Magyarországi Egyetem, Termőhelyismerettani Tanszék
KEFAG RT., Erdészeti Szaporítóanyag Termesztési Központ**

Kecskemét
2000.

Bevezetés

Az Alföldfásítási Program eredményeként Alföldünk erdő-sűrűsége a II. világháború előtti 4,5%-ról napjainkra 12% fölé emelkedett. Az alföldi erdők területének növekedésével a továbbiakban is számolni kell. Hegyvidéki erdeink vízháztartásra gyakorolt pozitív hatása közismert, ám ami az alföldi régiókat illeti, a kérdés koránt sem válaszolható meg ily könnyedén.

Az Alföldfásítási Program célkitűzései megkívánták/megkívánják, hogy egyensúlyi, vagy akár párologtató típusú talajokon is erdőállományokat hozzunk létre és tartsunk fenn. Ez nem jelent gondot mindaddig, amíg a gyökerek elérhetik a talajvizet.

A Duna-Tisza közén az 1970-es évek közepétől jelentős talajvízszint-süllyedés következett be, melynek méretei az 1990-es évek közepére katasztrofálissá váltak. Az okok kutatásával számos szakember foglalkozott, s a jelenség ráirányította a figyelmet alföldi erdeink vízháztartási kérdéseire is.

Az erdő-víz kapcsolatot elemző kutatások természetesen nem merülhetnek ki az erdők talajvíz-szintre gyakorolt hatásának tanulmányozásában. Egyre fontosabb az állományok vízforgalmának komplex elemzése, azaz annak megismerése, hogy milyen szerepet töltenek be az alföldi erdők a térség vízháztartásában. E kérdéskör tanulmányozására a talaj-növényzet-légkör rendszer számítógépes modellezése látszik a legalkalmasabbnak.

I. Erdőállományok talajvíz-szintre gyakorolt hatásának vizsgálata közvetlen talajvíz-szint észleléssel

„Ha az Alföld erdei az altalajvíz mérlegére hatást gyakorolnak, akkor az az erdőállományokon belüli és azokon kívüli altalajvízállás összehasonlító vizsgálatával kifogástalanul megállapítható.”

/IJJÁSZ ERVIN, 1938/

CÉLOK

A szakirodalom tanúsága szerint a szakemberek számos oldalról közelítik meg az alföldi talajvízszint-süllyedések okait; ugyanakkor az erdők szerepének megítélése meglehetősen elmentmondásos. Bár a talajvízszint-észlelésen alapuló módszerek alkalmasak az erdő talajvízre gyakorolt hatásának vizsgálatára, véleményem szerint komplex vízháztartási elemzésekre kevésbé használhatóak. Márpedig a talajvíz szintje csupán egyetlen - jól-lehet igen fontos - eleme a vízháztartásnak!

Éppen ezért nem volt célom a kérdéskör általános érvényű, fafaj-termőhely-klíma érzékeny vizsgálata. A módszer lehetőségeinek és korlátainak megtapasztalásán túl néhány elvi kérdésre kívántam választ adni egy-egy konkrét vizsgálat eredményeként:

- **Kifejezetten vízigényes (nyár) állomány esetében kimutatható-e bármilyen, a talajvízszint alakulására gyakorolt hatás? Ha igen, hogyan változik ez a vegetációs időszak alatt, ill. azon kívül?**
- **Kimutatható-e a talajvízszintre gyakorolt hatás a korfüggvényében?**
 - fiatal és idős állományok összehasonlító vizsgálata;
 - egy adott állomány letermelésének, majd felújításának, korosbodásának nyomon követése.
- **Kimutatható-e az emberi beavatkozás hatása?**
 - faállomány letermelése;
 - erdőfelújítás természetes és mesterséges úton;
 - parlagterület átalakítása gyümölcsössé.
- **Kimutatható-e a természetes felújítás (sarjrol) és a mesterséges felújítás (teljes talajelőkészítéssel) eltérő technológiájának hatása?**

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatok erdőállomány alatti és parlagterületen végzett összehasonlító talajvízszint-észleléseken alapultak. Az egyes talajvízkutak (I-IV.) növénytakaróját, s annak változását, azaz a konkrét kísérleti sort mutatja az alábbi táblázat.

	1995.	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.
I.	3. éves	4. éves	5. éves	6. éves	7. éves	8. éves
	Nemesnyaras					
II	idős SzNy-NNy-A erdő	viharkáro- sított idős erdő leter- melés alatt	1. éves	2. éves SzNy-A sarj	3. éves	4. éves
III	idős SzNy-NNy-A erdő	idős meg- gyérített SzNy-NNy-A erdő	vihar- károsított idős erdő	vég- hasz- nálat 1. éves SzNy-A sarj gyenge!	Parlag (kituskózott terület)	1. éves A-SzNy-PaNy (mesterséges) kukorica köztes
IV	Parlag				Szilvás	
	1995.	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.

TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A kísérleti terület közelében lévő, az országos talajvízszint-megfigyelő hálózathoz tartozó kút adataiban az 1970-es évektől megfigyelhető a középvíz szintjének folyamatos csökkenése, ám ezt a mért csapadékadatok sem éves viszonylatban, sem pedig a téli (feltöltődési) időszakban nem indokolják. A talajvíz járásában hosszabb periódusú ingás nem figyelhető meg.

A kísérleti céllal fúratott talajvíz-kutak vízjárásából az alábbi következtetéseket vontam le:

1. A talajvíz-szintek felszín alatti mélységének összehasonlítása nem adott értékelhető eredményt, míg a tengerszintre való átszámítás következtében az adatok egyértelműen értelmezhetővé váltak. E jelenség felhívja a figyelmet arra, hogy ilyen jellegű vizsgálatoknál a mikrodomborzat hatását nem szabad figyelmen kívül hagyni!

2. A területen jelentős mértékű talajvíz-áramlást (hozzáfolyást-elfolyást) nem tapasztaltam.
3. A talajvíz-kutak vízszintjei a mért meteorológiai jellemzőkkel (hőmérséklet, csapadék) szorosan összefüggnek, azaz a talajvíz elég felszínközeli ahhoz, hogy a csapadékvízből közvetlenül pótlódjék.
4. Az egyes kutak talajvíz-görbéi éves periódusukat tekintve hasonló lefutásúak, alapvető különbség csak mélységi elhelyezkedésükben van.
5. A görbék éven belüli alakulása, ill. a vegetációs időszak folyamán folyamatosan kialakuló különbségek arra utalnak, hogy a növényzet a kísérleti területen jelentős vízszint-alakító tényező.
6. A növényzet összetételének, korának és fejlettségének eltéréséből adódó vízszint-különbségek a kísérleti területen egyértelműen kimutathatóak voltak. Bizonyítottan mélyebben húzódott a talajvíz-szint:
 - idős állomány alatt fiatal állományhoz képest;
 - fiatal állomány alatt parlagterülethez képest;
 - ugyanazon erdőrészlet jobb növekedésű sarj újulata alatt, a gyöngébb növekedésű sarj újulathoz képest;
 - bármilyen minőségű sarj újulat alatt parlagterülethez képest;
 - sarj újulat alatt 2 évvel fiatalabb mesterséges felújításhoz képest;
 - mesterséges felújítás alatt ugyanazon ültetési szezonban telepített szilváshoz képest.
7. Az emberi beavatkozások hatása a talajvíz szintjének mélységi alakulásában egyértelműen kimutatható volt:

- az idős állomány letermelésének eredményeként a talajvíz szintje a parlagkútéhoz képest - és abszolút értékben is - emelkedett;
- a sarjról felújított terület egy részének kituskózását a talajvíz-szint emelkedése egyértelműen jelezte;
- a természetes és mesterséges erdőfelújítás talajvízszintre gyakorolt rövidtávú hatásában - a sarjak erősebb vízfogyasztásán keresztül - különbség mutatkozott.

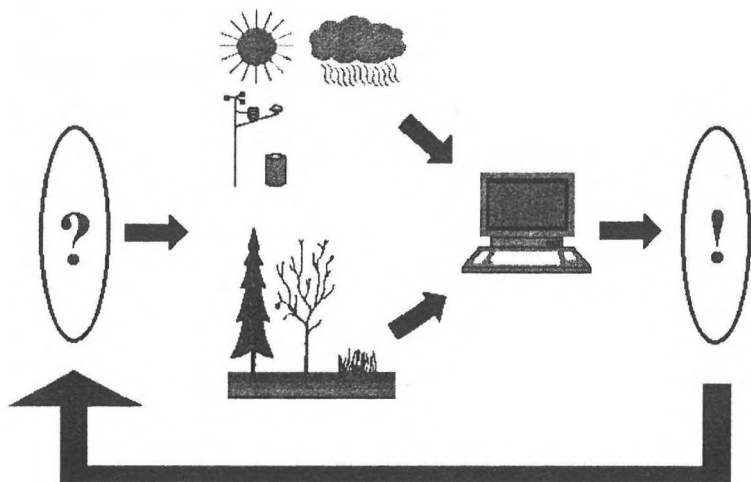
Fontosnak tartom megismételni, hogy a talajvíz - bár a vízmérlegre ható tényezők eredő hatását mutatja - csupán egyetlen eleme a vízháztartásnak. Ennek megfelelően **az erdő alatti alacsonyabb talajvíz-szint nem jelenti automatikusan ezen állományok negatív vízháztartási szerepét is!** A talajvíz-szintet alakító vízháztartási részfolyamatok (intercepció, növényi vízfogyasztás, talajfelszíni párolgás, felszíni elfolyás, mélybeszivárgás stb.) külön-külön történő vizsgálatára, s az erdő ezen vízháztartási részfolyamatokra gyakorolt hatásának feltárására a talajvíz-szint észlelés, mint módszer, nem alkalmas.

A TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK HASZONSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI

A vizsgálatok előkészítése és kiértékelése során megfogalmazott metodika a hasonló jellegű kutatásoknál felhasználható. A további vizsgálatoknak irányt szabhat, hogy az eredmények némely szakirodalmi közléssel ellentétben megerősítik, hogy a fás vegetáció helyenként jelentős vízszintalakító tényező lehet.

A kutatás elvi és módszertani kérdéseket kívánt megválaszolni, általános érvényű gyakorlati következtetések levonását - a módszer korlátai miatt - nem célozta.

II. Erdő-hidrológiai vizsgálatok vízforgalmi modellezéssel



„A folyamatot nem lehet úgy megérteni, hogy megál-
lítjuk. A megértésnek együtt
kell haladnia a folyamattal,
részévé kell válnia.”

/FRANK HERBERT/

CÉLOK

A fizikai alapokon nyugvó szimulációs modellek hozzájárulnak a talaj-növényzet-légkör rendszer vízforgalmát szabályozó folyamatok kölcsönhatásrendszerének minél szélesebb körű megismeréséhez. Az illesztett modellek alkalmasak pl.:

- a talaj-növényzet-légkör rendszerben zajló folyamatok mennyiségi elemzésére;
- egy adott rendszer más feltételek közötti működésének vizsgálatára (pl.: más talaj, más klimatikus viszonyok, vagy más növényzet hatásának elemzése);
- hatásvizsgálatok folytatására (pl.: területhasználat változásának hatásvizsgálata, klímaváltozás szimulációja);
- mérések közötti interpolációra (pl.: heti talajnedvesség-mérésből napi adatok megállapítása);
- kísérleti eredmények kiterjesztésére, általánosítására (pl.: nagyobb időtávlatra);

Nem lehet kérdéses, milyen komoly hazai alkalmazási lehetőségei vannak egy gondosan megválasztott kutató modellnek; ugyanakkor nincs tudomásom arról, hogy hazánkban eleddig erdőállományok vízforgalmának vizsgálatára tudományos kutató modellt alkalmaztak volna.

Fentiek alapján hasznosnak láttam:

- **egy nemzetközileg elismert, erdőállományok vízforgalmának modellezésére alkalmas kutató modell tesztelését, hazai viszonyokra való illesztését - a modell adaptációt;**
- **erdőállományok vízforgalmának vizsgálatára alkalmas módszertan hazai kidolgozásának megkísérlését;**
- **az adaptált-kidolgozott módszer hazai alkalmazásának beindítását.**

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az Uppsalai Agrártudományi Egyetemen kifejlesztett SOIL modell egy olyan fizikai alapokon nyugvó, egy dimenziós, tudományos kutató modell, melyet eredetileg erdőállománnyal borított, rétegzett talajszelvény víz- és hőforgalmának szimulálására készítették. 1997-ben hozzákezdttem ahhoz az adaptációs munkához, mely lehetővé tette ezen modell hazai erdőállományokban való alkalmazását.

Az erdő-hidrológiai adaptációs munka eredményeként kialakult mérési-adatfeldolgozási módszertan maga is az eredmények közé tartozik.

TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- Elvégeztem a rétegzett, növényzettel borított talaj víz- és hőforgalmának modellezésére Svédországban fejlesztett SOIL modell honi erdőállományban való tesztelését, hazai viszonyokra való illesztését. **A terepi mérések és a hagyományos úton végzett számítások egyértelműen igazolták a modell illesztésének sikerességét: az illesztett modell az ellenőrzött jellemzők tekintetében hűen adta vissza a valóságos folyamatokat.**
- Kidolgoztam, s bemutattam az első hazai erdészeti alkalmazás módszertanát; ajánlásokat, ill. konkrét példát adtam:
 - a terület kiválasztásának szempontjaira;
 - a mérendő alap- és ellenőrző adatok körére;
 - a mérések konkrét kivitelezésére;
 - a modell egyenletrendszerének hazai erdőállományokban való alkalmazására, s felparaméterezésére;

- a modell illesztésére, ill. hagyományos úton számított értékekkel való ellenőrzésére;
- a modellezett vízforgalom kiértékelésére;
- a modell néhány további felhasználására (bevezetve az egyensúlyi nedvességprofil fogalomkörét).

■ A modell alkalmazásával megállapítottam egy középkorú erdei fenyves 1999. évi vízforgalmának főbb jellemzőit:

- A mennyiségi elemzés sarokszámai

Nyugalmi időben (327 mm csapadékból):

Evaporáció	19 mm
Transzspiráció:	19 mm
Intercepció:	42 mm
Mélybeszivárgás (2 m alá):	64 mm
Talaj nedvességekészletének változása (2m):	183 mm

Vegetációs időben (481 mm csapadékból):

Evaporáció	87 mm
Transzspiráció:	188 mm
Intercepció:	92 mm
Mélybeszivárgás (2 m alá):	167 mm
Talaj nedvességekészletének változása (2m):	-53 mm

- Fontosabb megállapítások

- A tényleges párologtatás a teljes vegetációs időszak alatt a lehetséges érték közelében mozgott. Ez a növényi vízfogyasztás szempontjából igen kedvező környezeti feltételekre - vízbőségre - utal. A potenciális növényi vízfelvétel aktuálissá válásában a hőmérséklet vízfelvételt csökkentő szerepe volt az uralkodó. Az év eleji fagyos és néhány egyéb, rövid időszaktól eltekintve a talaj nedvességtartalma nem korlátozta a vízfelvételt.

- A legtöbb vizet (kb. 50%) a 10-40 cm-es talajrétegből vette fel az állomány; egy 1 m-es mélységben lévő eltemetett réteg - mindössze 10 cm-es vastagsága ellenére - mintegy 15%-ban fedezte a növényzet vízigényét.
 - A csapadék 34%-a a gyökérzóna alá jutott, 29%-a pedig 2 m-nél is mélyebbre szivárgott. Amennyiben a 2000. év az 1999. évhez minden tekintetben hasonló lenne, a csapadék 44%-a (több, mint 350 mm) az erdei fenyves gyökérzónája alá szivároghatna anélkül, hogy a talaj igen magas nedvességekészlete csökkenne.
- A modell illesztésének eredményeként ellenőrzött becslést adtam olyan - elsősorban növényi - paraméterek értékére, melyek meghatározása sok esetben igen körülményes; pl.: levélfelület index, teljesen nyitott légzőnyílás maximális vezetőképesége, a légzőnyílás nyitottságának páratartalomtól való függése, a korona fajlagos intercepciós tárolási kapacitása, a modellezett talaj azon nedvességpotenciál értéke, mely alatt az állomány vízfelvétele csökkenni kezd stb.
- Bemutattam az illesztett modell néhány további felhasználási területét (érzékenység- és hatásvizsgálat).
- A mért meteorológiai jellemzők közül a vizsgálat évében az állomány vízforgalma leginkább a levegő páratartalmára volt érzékeny. A csapadék jelentős (70%-os) csökkentésére a vízforgalom alapvetően a mélybeszivárgás csökkenésével reagált; a növényi vízfelvétel mérséklődése gyakorlatilag elhanyagolható volt. Ez azt mutatja, hogy az állomány a bő csapadékú évben nem párologtattott többet, mint egy átlagos csapadékú években. Lényegesen kisebb volt a vizsgált időszak léghőmérsékletének jelentősége, míg a globálsugárzás $\pm 10\%$ -os megváltoz-

tatása, ill. a szélsébség kétszeresére növelése, vagy felére csökkentése a legfontosabb vízháztartási jellemzőkben egyáltalán nem jelentkezett.

- A fenyves asszimiláló felületének nagysága igen meghatározó a vízforgalomra nézve. A levélfelület csökkenésével leginkább a párologtatás csökkent, de az intercepció is jelentősen mérséklődött. Ezek eredményeként a mélybeszivárgás növekedett, az állomány nyíltabbá válásának következtében pedig emelkedett a talajfelszín párolgása.

A TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK HASZONSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI

Az első magyarországi erdő-hidrológiai célú modellezés eredményeként új segédeszköz került a hazai kutatók kezébe. A módszer alkalmazási területe igen kiterjedt; a felhasználók - érdeklődésüknek megfelelően - számos lehetőségből választhatnak a több éves adatsorok komplex feldolgozásától a vízháztartás egy-egy elemének akár órás léptékű vizsgálatáig.

Az egyensúlyi nedvességprofil fogalomkörének bevezetése megteremti annak lehetőségét, hogy a vizsgált rendszer modellezett vízforgalma csak a kívánt tényezők hatását tükrözze, tovább növelve ezzel a lehetséges alkalmazások körét (érzékenység-, ill. hatásvizsgálatok).

Az adaptációs munka során megvizsgált erdei fenyves vízforgalmának mennyiségi elemzése önmagában is eredmény, sokkal jelentősebb ugyanakkor maga az illesztett, felparaméterezett modell. Ez utóbbi ugyanis nem csupán számokkal, hanem folyamatában jellemzi a vizsgált erdő vízforgalmát, s mint ilyen, Magyarországon egyedülálló.

Ajánlások

- Meggyőződésem, hogy az erdőállományok vízforgalmának számítógépes modellezése révén jelentősen bővíthetjük erdeink vízháztartásáról szerzett ismereteinket. Az ország számos pontján folynak olyan automata észlelések, melyek alkalmasak, vagy alkalmassá tehetők a modell-módszerrel történő feldolgozásra; az erdészeti kutatás előnyére válna, ha kihasználnánk az ebben rejlő lehetőségeket.
- A vízháztartással kapcsolatos vizsgálatok egyik legfontosabb alapadata a talaj nedvességtartalma. Ennek ellenére az országban lévő erdei mérőállomások többségében sajnos egyáltalán nem, vagy csak időszakosan mérik a talajnedvességet. Az okok között minden bizonnyal jelentős szerepet játszik a megbízható, automatizálható, olcsó módszer hiánya. Eddigi tapasztalataim szerint az Erdőhidrológiai Állomáson működő, TDR rendszerű talajnedvesség mérő szenzor alkalmas, és érdemes arra, hogy a vízháztartási vizsgálatok általános eszközévé váljon.

Az értekezés témakörében megjelent publikációk

- Gácsi Zs. (1998) I. Adatok az alföldi erdők vízfogyasztásához. Erdészeti Lapok, CXXXIII. évf. 3. sz. p.:72-74.
- Gácsi Zs. (1998) II. Adatok az alföldi erdők klimatikus viszonyaihoz. Erdészeti Lapok, CXXXIII. évf. 4. sz. p.:109-111.
- Gácsi Zs. (1998) III. Adatok az alföldi erdők és a talajvíz kapcsolatához. Erdészeti Lapok, CXXXIII. évf. 5. sz. p.:158-159.
- Gácsi Zs. (1999) Erdőállományok víz- és hőforgalmának modellezése. (A klímaváltozás vízháztartásra gyakorolt hatásának vizsgálata) Erdészeti Lapok, CXXXIV. évf. 2. sz. p.:44-45.
- Gácsi Zs. szerk. (1999) ERDŐ-VÍZ
Szemelvények erdészeti kutatási és gyakorlati munkákból, Kecskemét

Az értekezés témakörében tartott előadások

- Gácsi Zs. (1996) Erdei fenyő állomány vízforgalmának vizsgálata számítógépes modellezés segítségével a KEFAG Rt. Bugaci Erdészetének területén. Alföldi erdőkért KHT. Kutatónap, 1996.X.
- Gácsi Zs. (1997) Erdőállományok víz- és hőforgalmának modellezése (A klímaváltozás vízháztartásra gyakorolt hatásának vizsgálata). II. Klímakonferencia, 1997.VI.4-6., Sopron.

- Gácsi Zs. (1997) Investigations on the water cycle of forests of the Great Plain. International Workshop on groundwater depletion in basin regions: problem arising between the rivers Danube and Tisza, 1997.X.7-9., Budapest.
- Gácsi Zs. (1998) Az erdőállományok vízforgalmának vizsgálata. Magyar Tudomány Napi megyei tudományos fórum, 1998. XI.15., Kecskemét.
- Gácsi Zs. (1999) Az Erdő-hidrológiai Állomás előadásokkal egybekötött bemutatója, 1999.IV.15., Kecskemét.
- Gácsi Zs. (1999) Erdő-hidrológiai vizsgálatok a KEFAG Rt. területén. Magyar Tudomány Napi megyei tudományos fórum, 1999. XI.03., Kecskemét.
- Gácsi Zs. (1999) Erdő-hidrológiai vizsgálatok a KEFAG Rt. területén. MTA VEAB Erdészeti Szakbizottsági ülés, 1999. XI.18., Veszprém.
- Gácsi Zs. (2000) Erdőállományok vízforgalmának vizsgálata az Alföldön. Millenniumi Magyar Tudomány Napja, 2000. XI.03., Kecskemét.