

# **ZÁRÓDOLGOZAT**

**Kőmives Krisztián**

**Mezőgazdasági – felsőoktatási szakképzés**

**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem  
2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem  
Kaposvár Campus  
Mezőgazdasági Szak**

**Az evapotranspiráció mérési módszerei és hazai  
szakirodalma**

**Konzulens neve:** Somfalvi-Tóth Katalin

**Készítette:** **Kórmives Krisztián**  
FZOOKU  
Mezőgazdasági –  
felsőoktatási szakképzés  
(levelező)  
**Intézet/Tanszék: MATE**  
**Mezőgazdasági Mérnöki FOSZK**

**Kaposvár**

**2024**

## Tartalomjegyzék

1. Bevezetés .....	5
1.1. Célkitűzés .....	6
2. Szakirodalmi áttekintés .....	7
2.1. Párolgatatás, párolgás és talajvízkészlet .....	7
2.2. Evapotranspiráció .....	9
2.3. Evapotranspiráció Magyarországon .....	11
2.3.1. Klimatikus vízmérleg évi átlagos értéke (mm) .....	13
2.3.2. Referenciapárolgás (FAO).....	14
2.4. Az öntözés alakulása Magyarországon .....	14
2.5. Párolgás meghatározására használt mérőeszközök, módszerek, adatbázisok	16
2.5.1. Mérőeszközök .....	16
2.5.2. Evapotranspiráció becsülő eljárások, modellek .....	20
2.5.3. Adatbázisok.....	26
3. Saját vizsgálatok .....	29
3.1. Anyag és módszer .....	29
3.1.1. Az evaporációt és a párolgást érintő magyar nyelvű szakirodalmi publikációk időrendi és tematikus áttekintése. ....	29
3.1.2. Saját számolások elvégzése három kiválasztott módszerrel.....	29
3.2. Eredmények .....	30
3.2.1. Az evaporációt és a párolgást érintő magyar nyelvű szakirodalmi publikációk időrendi és tematikus áttekintése. ....	30
3.2.2. A Hargreaves-Samani, Thornthwaite, és Turc módszerekkel számolt eredmények bemutatása .....	32
3.2.3. A párolgási módszerek eredményeinek összehasonlítása .....	35
3.3. Következtetések .....	36
4. Összefoglalás .....	37

<b>5. Köszönetnyilvánítás .....</b>	<b>38</b>
<b>6. Felhasznált irodalom.....</b>	<b>39</b>

## 1. Bevezetés

*„A víz a legértékesebb erőforrásunk, a „kék arany”, amelyhez több mint 2 milliárd embernek nincs közvetlen hozzáférése. Ez nemcsak a túléléshez nélkülözhetetlen, hanem egészségügyi, szociális és kulturális szerepet is betölt az emberi társadalmakban.”*

*Audrey Azoulay, UNESCO főigazgató*

Az evapotranspiráció, avagy a párolgás a hidrológiai ciklus egyik, ha nem a legfontosabb eleme (Wanniarachchi & Sarukkalige, 2022). A felszínre visszahulló csapadékmennyiség mintegy 40 %-a származik a földterületek evapotranspirációjából. A párolgás mérése ebből adódóan nagyon fontos feladat, azonban sajnos nem ad pontos adatokat természetes viszonyok között, csak egy becsült érték határozható meg a mérése során (Breuer 2007). A párolgotatás számos külső tényezőtől is függ, vizsgálata során fontos figyelembe venni a Föld energiaháztartását, a vízkörforgást, amelynek mozgatórugója az az energia, amelyet a Naptól a Földre jutó sugárzás generál (Gelencsér és mtsai, 2012).

Az evapotranspirációs becslésekből kapott információk ismerete szükséges a mezőgazdaság vízigényeinek felméréséhez (Rácz 2014). A mezőgazdasági termelést befolyásoló éghajlati és talajparaméterek olyan tényezők, melyek nehezen kiszámíthatóak (Griepentrog et al 2018). Az évente felhasznált édesvízkészlet jelentős részét a mezőgazdaság használja fel, ami a World Bank adatai alapján (2020) 2016-ban világszerte elérte a 71%-ot. Ez az érték várhatóan tovább fog növekedni a jövőben, ugyanis az Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezet (FAO) számításai több mint 10%-os emelkedést jósoltak 2050-re (Bruinsma, 2009).

Az éghajlat mellett a párolgotatás mértéke egyaránt függ a talaj és a növényzet tényezőitől, ebből kifolyólag a területi változatossága is igen nagy. A nagy területi változatosság megfigyelésére számos mérőállomás lenne szükséges az ország területén szétszórva, de jelenleg csak 21 db van. A kevés mérőállomás meglétéből következik, hogy az operatív jellegű mérés szinte kivitelezhetetlen feladat mind technikai, mind gazdasági szempontból (Varga-Haszonits és mtsai, 2019).

Mivel a párolgási értékek területre vetített változékonysága igen nagy és a mérőállomások lefedettsége nem elégséges illetve a mérőműszerek sem tudnak teljes pontossággal adatokat szolgáltatni ezért matematikai módszereket, úgynevezett becslési eljárásokat, modelleket dolgoztak ki a pontosabb eredmények elérése érdekében. Viszont ezek a módszerek sem adnak teljesen pontos eredményt.

3 típusú becslési modell különböztethető meg:

- amelyben a tényleges párolgás a potenciális párolgásból eredeztethető (pl. növényi párolgás becslése),
- amelyben a párolgás a vízellátottság és a párologtató képesség nagyságának összehasonlításából kerül meghatározásra (vízellátottság mérése),
- amelyben a felszíni ellenállás becslésével kerül meghatározásra a párolgás (Breuer 2007).

Mivel a párolgás és párologtatás, mint fizikai és biológiai folyamat mérési és becslési módszerei még nem kidolgozottak és hibával terheltek, és egy tudományos hiányterületről beszélhetünk, ezért dolgozatomban szeretném áttekinteni az evapotranspiráció szakirodalmi hátterét és fogalomrendszerét, valamint részletesebben bemutatni a párologtatás mérésére létrehozott számítási modelleket és vizsgálni azok hatékonyságát.

### **1.1. Célkitűzés**

Az evapotranspiráció mérésének és becslésének számos módszere ismeretes. A folyamatot sok tényező befolyásolhatja és ezen tényezők többsége is becslés jellegű számításokból, átlagolásokból kapható, ami pontatlanságra enged következtetni. A különböző módszerek más-más irányból közelíthetik meg a megoldást és mindegyik rendelkezik előnyökkel és hátrányokkal. Ha például egy kevés adatot alkalmazó módszert nézünk, akkor az a figyelembe nem vett változók miatt válhat pontatlanná. Ellenben a soktényezős egyenletekkel, melyeket a pontos adatigény kielégítés tesz nehezzé. Mivel a mérésekhez szükséges adatok mennyisége és minősége nagyban befolyásolja a kapott eredmények pontosságát, felvetődik a kérdés, hogy létezik-e olyan módszer, amely használatával kellő pontosságú számításokat alkalmazhatunk és amelyet tekinthetünk egy alap, standard módszernek az agrometeorológiában?

Dolgozatomban erre a kérdésre próbálok választ keresni az elérhető szakirodalmak áttekintésével és a legáltalánosabb számítási módszerek vizsgálatával. A vizsgálat részét képezik a MATE Georgikon Campus Meteorológiai Állomás adatai alapján végzett számításaim.

## **2. Szakirodalmi áttekintés**

### **2.1. Párolgotatás, párolgás és talajvízkészlet**

#### **Párolgotatás**

A növényi anyagcsere egyik legfontosabb eleme a transzspiráció, vagyis a növényi párolgotatás. A növények sejtjei és szövetei átlagosan 75-95%-ban tartalmaznak vizet, melyek számos szerepe van a növényi életfolyamatokban: közeget biztosít a kémiai folyamatoknak, oldószer és tápanyagszállító. A növényi sejtek szilárdságát, vagyis a növekedéshez szükséges nyomást, a turgor nyomást is a víz biztosítja. A víz mozgása a növényben egy aktív folyamat, melyet a növény a gázcsere nyílásain, úgynevezett sztómákon keresztül elpárolgotatott vízzel tart fent szabályoz (Fodor 2013). A gázcsere nyílásokat két zárósejt határolja, melyek nedvesség hatására nyílnak, száraz körülmények mellett pedig bezáródnak. A leadott víz kisebb hányada, 3-10%-a perisztómás transzspirációból származik, amely a növény levegővel érintkező sejtjeinek falán keresztül történik. Ez azonban nem szabályozott folyamat, hanem fizikai tényezők eredménye (Monostori 2021). A víz a benne oldott tápanyagokkal együtt a talajoldatból pótlódik a gyökereken keresztül. Ezért a párolgotatás szempontjából jelentős befolyásoló tényezők a talaj hidrológiai változásai (Fodor 2013).

#### **Párolgás**

A párolgásról általánosságban elmondható, hogy az a halmazállapot-változás, amely során folyékony halmazállapotból gáz halmazállapotba megy át a víz (Simon 2020). A párolgotatás egy alapvető ökológiai mutatószám, amelyet a légköri és a környezeti paraméterekből származtat a meteorológia. Ismerete teljes egészében elengedhetetlen ahhoz, hogy felépíthetőek legyenek a különböző vízigénnyel, valamint öntözési igénnyel kapcsolatos modellek (Rácz 2014). Szükséges ahhoz is, hogy megbecsülhetőek legyenek az ökoszisztémák biomassza és energetikai szempontú potenciáljai, a növénytermesztés potenciálja, fontos a tájértékeléshez, illetve annak meghatározásához, hogy az adott területen milyen növényfajokat érdemes telepíteni (Rácz 2014).

A párolgási folyamat annál nagyobb energiaigénnyel megy végbe, minél alacsonyabb a a víz hőmérséklete, amely a folyamat alapját képezi (Simon 2020). Éppen ezért fontos fogalom a párolgás során a párolgáshő, amely az egységnyi mennyiségű víz elpárolgásához szükséges energiamennyiség (Simon 2020). Továbbá, a párolgotatás vizsgálata során fontos figyelembe venni a Föld energiaháztartását, a vízkörforgást (Gelencsér és mtsai, 2012). A körforgás

mozgatórugója az az energia, amelyet a Napból a Földre jutó sugárzás generál (Gelencsér és mtsai, 2012).

A párolgás mérése olyan viszonyszámokat határoz meg, amelyek arányaiban leírják az agrárium produktivitását és fejlődését, azonban nem ad pontos adatokat természetes viszonyok között, csak egy becsült értéket határoz meg (Rác 2014).

### **Talajvízkészlet**

A párolgáshoz és párolgotatáshoz szükséges vízmennyiséget a felszín alatti vízkészletek biztosítják, ezért fontos tagja a matematikai modelleknek. A felszín alatti vizeket az úgynevezett parti szűrésű vizek, a talajvíz, rétegvíz és a karsztvizek csoportjai alkotják. A talajvizek a felszínhez legközelebb eső vízkészletek, melyek főleg esővízből származnak. Ez a vízkészlet van közvetlen kapcsolatban a felszínnel, ezért ezek a leginkább érintettek a felszíni szennyezéssel. A talaj típusától függően a talajvíz rétegek alsó határa nem választható el élesen az alattuk levő rétegvíz réteghataraitól, de általánosságban ez 30-50 méter mélységben található (Szlávik és mtsai 2019).

A talajvíz megjelenési formái csoportosíthatók a vízjárást szabályzó hatások szerint zavartalan vízjárású, természetes és mesterséges hatással befolyásolt talajvízre. A legfőbb természetes befolyásoló tényező természetesen a csapadék, amely növeli a talajvíz készletet. A mesterséges befolyásoló tényezők közül felsorolhatók talajvíz növekedést előidéző hatások, mint a felület burkolása, csapadékelvezetők megszüntetése vagy a kiépített víz és csatornahálózat hibái. Talajvíz csökkenést előidéző mesterséges hatások lehetnek a vízkivételi pontok élesítése, vízelszívás vagy csatornainfláció. Általánosságban azonban az állapítható meg, hogy a talajvíz változásokat főleg természeti hatások alakítják és a mesterséges tényezők befolyásolják (Hajnal 2003).

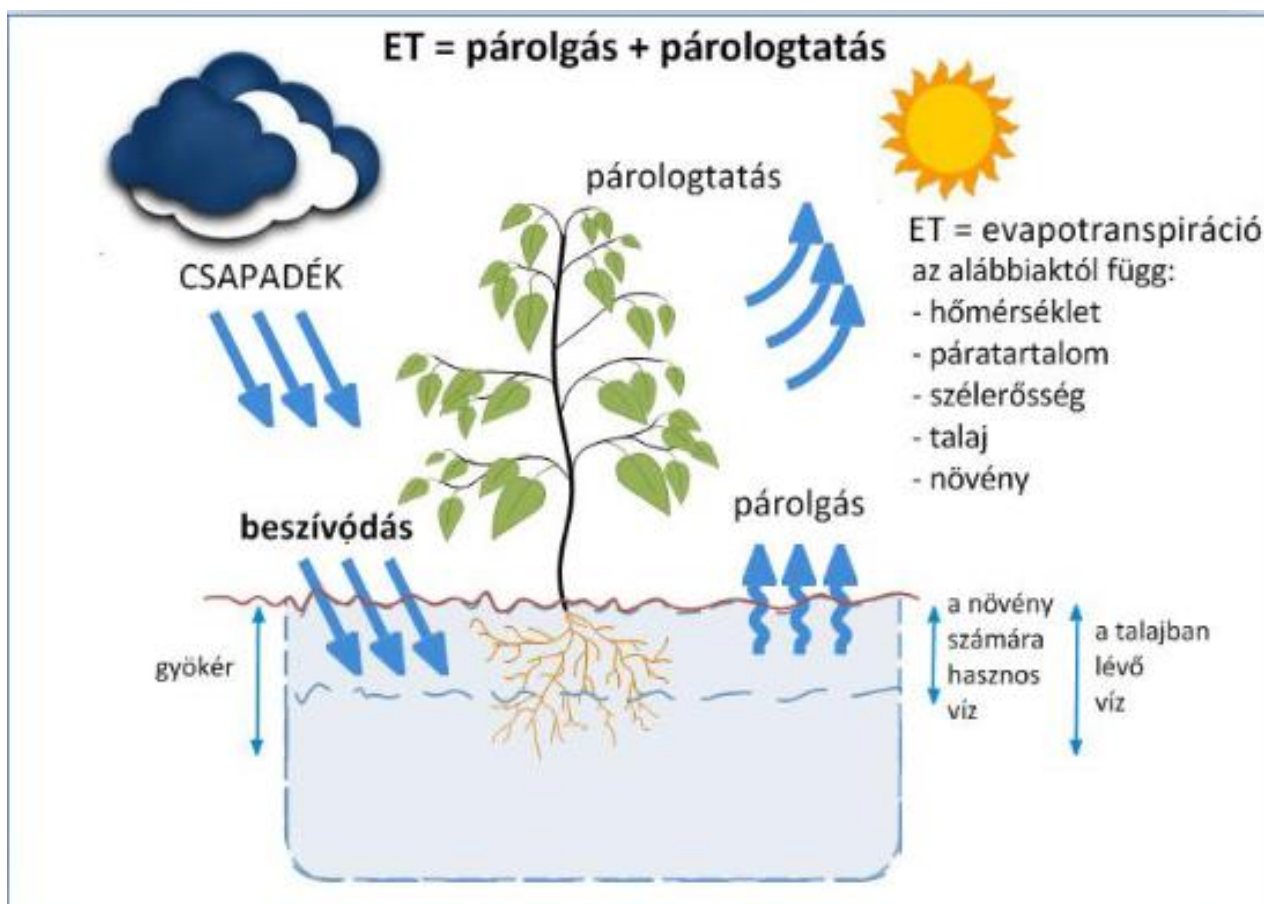
A felszín alatti vizek megújulása szempontjából megkülönböztethetünk statikus és dinamikus vizeket. A természetes statikus vízkészlet az a vízmennyiség, amely nem rendelkezik utánpótlással természetes körülmények között, mivel a talajrétegek között van bezárva, véges mennyiséggel rendelkezik. Dinamikus vízkészlet az a vízkészlete, amely rendelkezik utánpótlással természetes körülmények között. Abban különbözik a statikus vízkészlettől, hogy kitermelését követően újratermelődik (Szlávik és mtsai 2019).



## 2.2. Evapotranspiráció

Az evapotranspiráció két összetevőből áll össze. Az egyik az evaporáció, ami a talajfelszín és a víz párolgását jelenti, illetve a transzspirációból, ami azt a vízmennyiséget jelenti, ami a légkörbe jut gáz halmazállapotban a növényzet szövetéből és a sztómákon keresztül (1. ábra). A két utat szokás kutikuláris (a szövetekből) és sztomatikus (sztómákon keresztüli) transzspirációnak is nevezni (Fehér és mtsai 2019).

Ebből adódóan az evapotranspiráció az a vízmennyiséget jelenti, amely egyidejűleg jut a légkörbe a talaj és a növényzet felületéről. Más megfogalmazásban az a vízmennyiség, amely a növényzettel borított természetes felszín párolgása során jut a légkörbe (Simon 2020).



1. ábra: Evapotranspirációs körforgás (Forrás: Hydrawise 2022)

Ökológiai megfogalmazása szerint időegység alatt a felületegységről elpárolgott vízmennyiség, amely mm-ben került kifejezésre. Ebből adódóan mértékegysége: mm/év illetve mm/nap.

A párolgás számos tényezőtől függ:

- a szélességtől,
- a telítési vízgőzhiánytól,
- a felszín hőmérsékletétől, amelyen a párolgási folyamat végbemegy,
- a sugárzási energiától, amely a párolgó felszínre éri,
- a levegő hőmérsékletétől,
- a mikroadvekciónak hatásaitól (Mészáros 2013).

Ezek közül inkább a sugárzási energia és a felszín hőmérséklete a nagyobb befolyásoló tényezők (Yang 2010).

Az evapotranspirációnak három értékét különböztetjük meg:

- $ET_0$ : potenciális evapotranszspiráció
- $ET_c$ : tényleges evapotranszspiráció
- $ET_{ref}$ : referenciapárolgás – erről még nincs írva semmi

A potenciális evapotranszspiráció ( $ET_0$  vagy PET) az a vízmennyiség, amely korlátlanul rendelkezésre áll az adott éghajlati körülmények között a párolgás eredményeképpen.

A tényleges evapotranszspiráció ( $ET_c$  vagy TET) az a vízmennyiség, amely egységnyi idő alatt párolog el (Varga-Haszonits és mtsai 2015).

A tényleges evapotranszspirációs vízmennyiség minden esetben kevesebb vagy éppen megegyezik a potenciális evapotranszspirációs vízmennyiséggel. A potenciális és a tényleges evapotranszspiráció éves dinamikája követi a hőmérséklet éves menetét, minimuma januárban, maximuma júliusban realizálható (Szalai 2020).

Azonban a potenciális evapotranszspiráció és a tényleges evapotranszspiráció nem követi egymást párhuzamosan egész évben, októbertől májusig megközelítőleg együtt haladnak, mivel a talaj bőséges nedvességtartalommal rendelkezik. Ezzel szemben elválás figyelhető meg a talaj kiszáradása következtében júliustól szeptemberig, amikor is a tényleges evapotranszspiráció

elmarad a potenciális evapotranspirációtól. Ez a vízhiányos időszakban a legjellemzőbb (Szalai 2020).

### 2.3. Evapotranspiráció Magyarországon

Magyarországon három különböző forrásból jutunk vízhez:

- csapadékból,
- felszíni vizekből,
- felszín alatti vízből.

Az éghajlatunk változásából adódóan az átlaghőmérséklet minden évszakban növekszik, míg az éven belüli csapadékeloszlás mind térben, mind időben változik, ami kihatással van a növények fejlődésére, területi lefedettségére és a fajösszetételre, ami tovább nehezíti az evapotranspirációhoz kapcsolódó eddigi ismeretanyag alkalmazását (Bhatt és mtsai 2019)). Az alföld éves csapadékmennyiségének átlaga 500 mm körül mozog, míg a párolgási potenciál eléri a 800 mm-t, ebből adódóan megállapítható, hogy legalább 300 mm csapadékhiány jelentkezik éves szinten (Farkas 2018).

Magyarország medence jellege miatt a környező hegyekből érkező víz szintén bőséges vízutánpótlást biztosít, de a vízkészlet-gazdálkodásunk jellege miatt az országból kifolyó víz több, mint amennyi a folyókkal érkezik (Márton 2021).

Az ország területén a felszín alatt rengeteg víz raktározódik el talaj-, réteg- és karsztvíz formájában. Ezekben a rétegekben kevésbé szennyeződnek a vízkészletek, sokkal tisztább víz nyerhető ki ezekből a rétegekből. A rétegvizek azonban nincsenek kapcsolatban a légkörrel, így nem tudnak közvetlenül részt venni a párolgási folyamatokban. A vízzáró rétegek közeteinek is van minimális vízáteresztő képességük, ezért a rétegvizek tudnak pótlódni esővízzel, valamint a felszíni vizekből, viszont ez nagyon lassú folyamat. Magyarország fő beszivárgási területe a Duna-Tisza köze és a Nyírség. Itt a legmélyebb rétegekig le tud jutni a víz. Az utánpótlás sebessége maximálisan 300mm/év (Mezősi 2016).

Ebből adódóan vízhiányos időszakban, amikor a tényleges evapotranspiráció és a potenciális evapotranspiráció elválik egymástól, a hiány sokszor ezekből a felszín alatti vizekből kerül pótlásra. És bár ezek a készletek utánpótlódnak, annak üteme sokkal lassabb, mint a kitermelése. A megújulás a csapadék és a folyók által hozott víz talajba történő beszivárgása által is történhet. Erre a vizes élőhelyek, tavak, mocsarak, árterek, és erdők biztosítanak felületet. Hazánkban sajnos a vizes élőhelyek nagy része megszüntetésre került,

sok erdőt pedig szántóvá lett átalakítva. Általánosan elmondható, hogy Magyarország vízkészlete folyamatosan csökken, egyre nagyobb a szárazság, pedig az adottságok rendelkezésre állnak, hogy megfelelő vízgazdálkodás mellett víznagyhatalommá váljon (Farkas 2018).

A fentiek alapján Magyarország vízforgalmi mérlegét a 2. ábra szemlélteti a 2001-2010 között mért adatok alapján.

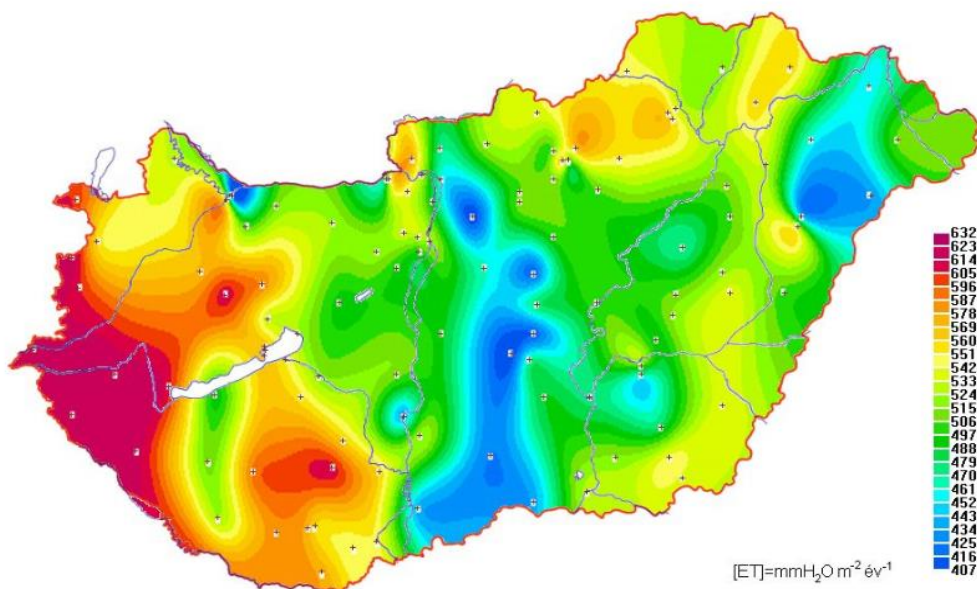


2. ábra: Magyarország vízforgalmi mérlege 2001-2010 között (Forrás:

[www.vizmegtartomegoldasok.bm.hu](http://www.vizmegtartomegoldasok.bm.hu))

A potenciális evapotranspiráció területi eloszlását számos tényező befolyásolja, de az egyik legjelentősebb a sugárzási egyenleg. A MOP 4.1.2-08/1/A-2009-0032 pályázat szerint

hazánkban a potenciális evapotranspiráció évi összege 600 és 720 mm között van, ingadozása pedig 400 és 1100 mm között változik. A tényleges evapotranspiráció területi megoszlása azonban jelentős eltérést mutat a potenciális evapotranspirációtól, mivel a nagyságát legfőképp a vizsgált terület csapadékmennyisége határozza meg, valamint az adott területen a talajban raktározott víz mennyisége és a felszín borítottsága. Hazánkban a minimum az Alföldön mérhető, maximuma pedig a hegyvidékeken és a Nyugat-Dunántúlon (3. ábra) (Ács, Drucza 2007).



3. ábra: Tényleges evapotranspiráció évi összegének területi eloszlása Magyarországon  
(Forrás: Ács, Drucza 2007)

### 2.3.1. Klimatikus vízmérleg évi átlagos értéke (mm)

Adott területen évről évre nagymértékben változik a klimatikus vízmérleg értéke, mivel nagyban függ a hőmérséklet és a csapadék változékonyságától. A klimatikus vízmérleges a következőképpen lehet definiálni, illetve meghatározni:

$$\text{Klimatikus vízmérleg} = \text{éves csapadékösszeg} - \text{PET összege}$$

A vízmérleg negatív a száraz területeken, ahol a potenciális ET nagyobb, mint a csapadék mennyisége. Ez hazánkban főleg az Alföldre és a Dunántúl keleti részére jellemző. Illetve értéke pozitív azokon a területeken, ahol a csapadék éves mennyisége meghaladja a párolgás éves értékét. Hazánkban ez az Északi-középhegységre és a Dunántúl nyugati területeire jellemző (Rotárné Szalkai és mtsai 2015).

### **2.3.2. Referenciapárolgás (FAO)**

Mivel mind a potenciális, mind a tényleges evapotraszspiráció jelentősen függ a földrajzi elhelyezkedéstől, ezért felmerült az igény egy olyan párolgási érték definiálására, amely összehasonlíthatóvá teszi a különböző adottsággal rendelkező területek párolgási potenciálját. Ehhez meghatároztak egy olyan idealizált területet, amelyet 0.12 m magasságú, 70 siemens/m felületi ellenállású, 0.23 albedójú növényállomány borít, amelynek párolgása elméletben legközelebb áll a zárt, egyenletes magasságúra nyírt, vízhiányt nem szenvedő és aktívan növekedő gyepfelület evapotranspirációjához (Szalai 2020). Ezt nevezzük FAO referencia evapotranspirációnak. Általánosan elmondható, hogy a párolgást erről az adott referencia felszínről csakis a légkör lokálisan meghatározható meteorológiai viszonyaitól függ. Ebből következően a referencia evapotranspiráció egy olyan éghajlati index, amely kifejezi a légkör párolgató képességét, és ennek az indexnek a segítségével kifejezhető egy koefficiens közbeiktatásával (ún. növénykonstans) a különböző növények és felszínek párolgatótása (Varga-Haszonits és mtsai, 2019).

### **2.4. Az öntözés alakulása Magyarországon**

Magyarország vízforgalmi mérlege függ az öntözéses gazdálkodás sajátosságaitól is. Hantos (2021) ismerteti a hazai öntözéses gazdálkodás alakulását, lehetőségeit és feltételeit. Kezdve az adottságokkal, napjainkban Földünk teljes vízkészlete a Föld teljes felszínének kétharmadát fedi le, azonban ennek a vízmennyiségnek mindössze töredéke, megközelítőleg csak 3%-a édesvíz (Hantos 2021).

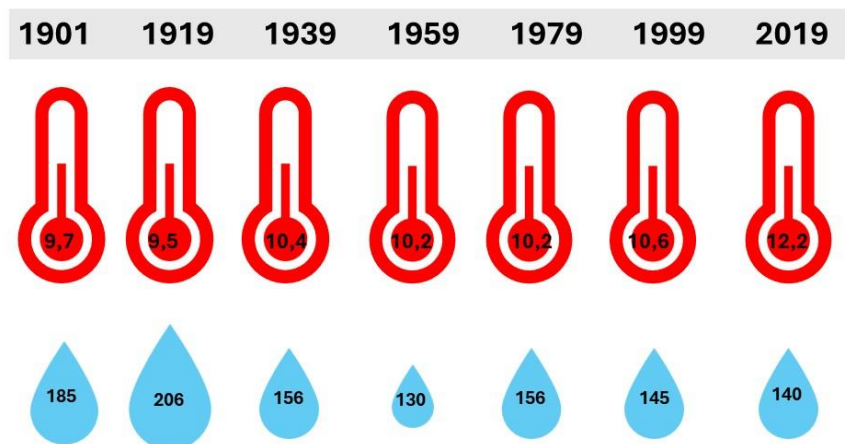
Hazánkban az öntözött mezőgazdasági területek nagysága a rendszerváltás után folyamatosan csökkent, majd stagnálni kezdett 100.000 hektár körül. Az utóbbi években ugyan fejlődés figyelhető meg a technológiákban az öntözésfejlesztést célzó támogatásoknak köszönhetően, viszont az öntözött területek nagysága változatlanul mondható (Harsányi, Katonka 2023). Mezőgazdaságunkban az egyik legnagyobb gondot az aszály okozza, amely ellen az egyik leghatékonyabb módszer az öntözés, ugyanis biztosítja a termés biztonságát és javítja a mennyiségét (Antal 1968). Azonban az öntözésre csupán 1 %-a használható fel az egyébként is kevés édesvízből, mert a többi szilárd halmazállapotban található meg (Hantos 2021).

Az öntözéses gazdálkodás sajátosságainak vizsgálatához a magyar mezőgazdaság vonatkozásában az egyik legjelentősebb szempont maga az éghajlat. A globális felmelegedés

következtében, mint korábban is említésre került, sajnos a rendelkezésre álló vízkészlet rohamosan csökken, illetve a csapadékhiány miatt a víztartalékok megújulása nagyon lassú ütemű. Ebből adódóan a lakosság közel 40 %-át vízhiány fenyegeti hazánk teljes egészét tekintve. Az éghajlati viszonyok egyre jobban eltolódnak, az egyenlítői éghajlati határ egyre jobban a sarkkörök felé tolódnak, növekszik a szárazsággal sújtott területek nagysága (Hantos 2021).

Az öntözési rendszer kialakításának alapvető kérdései, az öntözés szükségességének megállapítása az adott mezőgazdasági területen, illetve, hogy milyen gyakran, mekkora vízmennyiséggel kell öntözni. Antal és munkatársai (1968) által kidolgozott módszer szerint ehhez ki kell számolni a csapadék és a potenciális evapotranspiráció különbségének átlagát, szélső értékeit és az éghajlati vízhiány értékét. Ez alapján számszerűsíthetőek az öntözővízrendszer tervezéséhez szükséges adatok (Antal 1968).

Az elmúlt száz évben mért adatokat tekintve megállapítható, hogy Magyarországon a csapadékos napok számában közel 24 %-os csökkenés figyelhető meg és az évi átlagos középhőmérséklet országos, de kontinentális szinten is mintegy 26 %-kal megnövekedett (4. ábra) (Hantos 2021).



4. ábra: Átlagos középhőmérséklet (°C) és a csapadékos napok (db) számának alakulása, forrás: (Saját szerkesztés Hantos 2021 alapján)

Magyarországon ez a tendencia azt eredményezte, hogy 2012-re egyre inkább aszályllyal sújtott régióvá vált az ország területe, és 2018-ra már több tízezer hektárra nőtt azon területek nagysága, mely regisztráltan aszálykárral érintett terület. Az aszálykárok megelőzése érdekében egyre fontosabbá válik a megfelelő és hatékony vízgazdálkodás alkalmazása. Ebből kifolyólag



a mezőgazdasági termelés mára szinte már elképzelhetetlen az öntözési rendszerek használata nélkül (Hantos 2021).

Magyarország sajátos föld- és vízrajzi adottságaiból adódóan a vízgazdálkodás szabályozása már régóta kardinális kérdés. 2020-ban közel 180 ezer ha területre adtak ki a hatóságok vízjogi engedélyt az öntözésre. Azonban ennek a területnagyságnak csak kevesebb, mint fele a ténylegesen öntözésbe bevont terület. Az öntözésbe bevont területeknek pedig háromnegyede a legnagyobb szárazsággal érintett Alföldön található. Az öntözési lehetőségeket figyelembe véve ennek a területnek közel 90 %-át felszíni vízzel öntözik, a fennmaradót pedig felszín alattival (Hantos 2021).

Az elmúlt években megfigyelhető éghajlatváltozási tendenciákat figyelembe véve megállapítható, hogy az öntözésre egyre nagyobb szükség van már most is, a későbbiekben pedig az igény még tovább növekszik majd, így teljesen át kell állni a vízmegtartó gazdálkodásra. Magyarország a meglévő közel 50 ezer km csatornarendszer további bővítést igényel, illetve a hatékonyságnövelés érdekében helyszíni vízmegtartásra van szükség, amely víztározók kialakításával oldható meg. A víztározók létesítésével vissza lehetne duzzasztani a talajvizet, illetve a felszín alatti vízkészlet szintjét, ezzel is csökkentve a meglévő vízhiányt (Hantos 2021).

## **2.5. Párolgás meghatározására használt mérőeszközök, módszerek, adatbázisok**

### **2.5.1. Mérőeszközök**

A párolgás mérésére, habár egyik sem tekinthető teljes pontos eljárásnak, mégis számos módszer áll rendelkezésre. Ebben a fejezetben három manuális (Piche-féle atmométer, Wild-féle párolgásmérő és a kádrendszerek), illetve egy automata (liziméter) mérőműszer kerül bemutatásra. Ezek közül hazánkban az Országos Meteorológiai Szolgálat (most már HungaroMet Kft) az ún. U-típusú kádakat alkalmazza az operatív gyakorlatban a potenciális párolgás meghatározására, míg a mezőgazdasághoz kapcsolható tudományos kutatások során a talaj és a növényzet együttes vízvesztésére vonatkozó méréseket liziméterrel végzik.

#### **Piche-féle atmométer**

Az atmométer általában egy 30 cm hosszúságú és 1,5 cm átmérőjű skálázott üveghenger, amelynek az alja nyitott (5. ábra). Az alsó nyílásra egy szűrőpapír kerül elhelyezésre, amellyel meghatározható a nedves, porózus felszínről történő párolgás. Ennek a mérésnek nagy előnye,



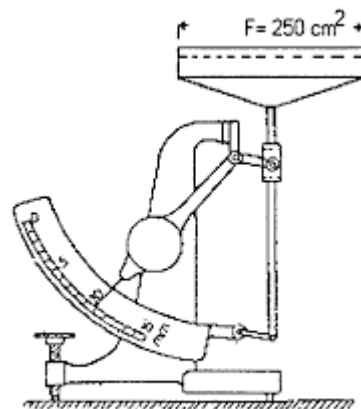
hogy anyagköltsége alacsony, fenntartása és használata pedig meglehetősen könnyű. Ezzel szemben hátránya, hogy nem ad pontos eredményt, a turbulenciából és légmozgásból adódó párolgást túlbecsüli, a sugárzásból eredő párolgást pedig alábecsüli. Ez az eszköz nem alkalmas a növényzettel borított felszín párolgásának mérésére (Mészáros 2013).



5. ábra: Piche-féle atmométer (forrás: Andhi 2021)

### Wild-féle párolgás mérő

A Wild-féle párolgás mérő már valamelyest bonyolultabb mechanikával működő eszköz (6. ábra). A műszer egy érzékeny mérleggel és a hozzá csatlakoztatott párologtató edénnyel van ellátva. A párologtató edény 4,5-5,5 dl vízzel van feltöltve és a párologtató felület  $250 \text{ cm}^2$ . A párolgás által csökkent víz tömegének változását a mérleg mutatója egy tizedmilliméter beosztású skálán jelzi.



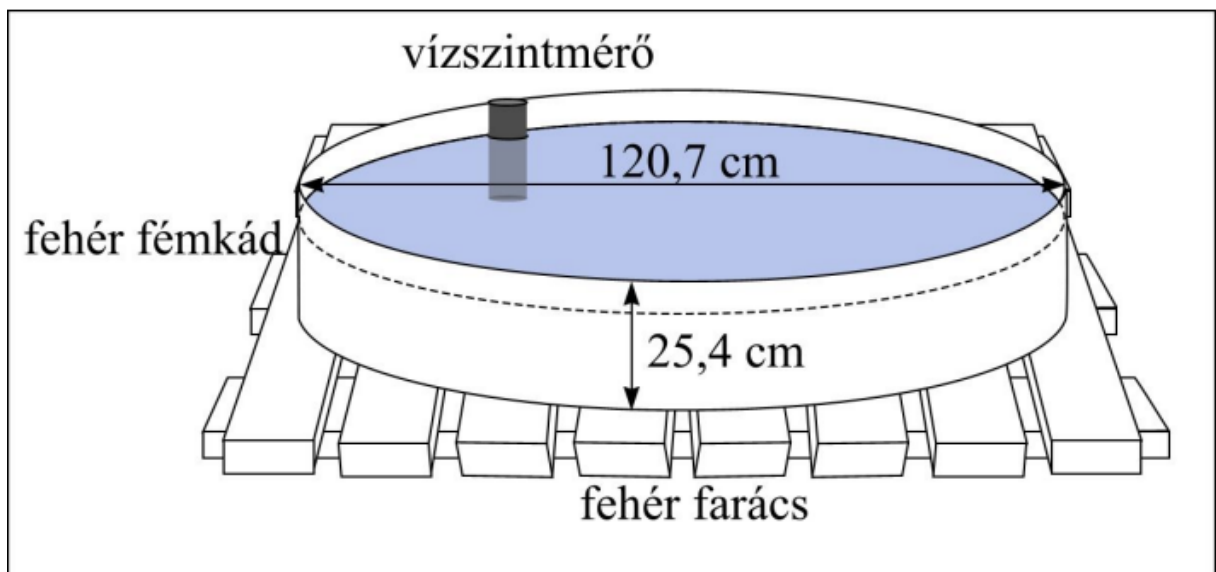
6. ábra: Wild-féle párolgásmérő (forrás: Juhász és mtsai 2011)

Az eszköz pontos működésének feltétele a desztillált vagy esővíz használata, mivel a vízben oldott anyagok, szennyeződések jelenléte pontatlan eredményekhez vezethet (Pálné Schreiner 2007).

### Szabad vízfelszín, azaz potenciális párolgás mérése

A szabad vízfelszín párolgását a kád típusú mérőműszerekkel tudjuk végezni, melyeknek számos típusa ismeretes. A továbbiakban bemutatom a legáltalánosabban használt kád típusú mérőműszereket.

Az „A”-kád amerikai fejlesztésű, szabad vízfelszín párolgásának mérésére alkalmas eszköz (7. ábra). Paramétereit, mint a 7. ábrán is látható, 25 cm-es mélység és 1,14 m<sup>2</sup>-es felület. A külső és a belső borítás is fehér festékréteggel van ellátva, illetve fehér kettős farács szerkezetre van állítva. A kádban vízszintmérő henger segítségével történik a párolgás mérése, amely tized mm pontosságú. Csapadékos időjárás esetén a mért számot korrigálni szükséges a lehullott csapadék mennyiségével (Mészáros 2013).



7. ábra: „A”-kád kialakítása (forrás: Mészáros 2013)

A „G” típusú kád ezzel szemben teljesen a földre van süllyesztve. A kád mélysége 60 cm, ebből 7,5 cm-es perem nyúlik a talajfelszín fölé, felülete pedig 3000 cm<sup>2</sup> (Mészáros 2013).

A Magyarországon használatos párologásmérő kád az úgynevezett „U” kád. Ez szintén egy földbe süllyesztett konstrukció. Mélysége 50 cm, peremezése 10 cm. A párologtató felülete a „G” típusú káddal megegyező 3000 cm<sup>2</sup> (Simon 2020).

A GGI-3000 típusú kád orosz fejlesztés. Földbe süllyesztett, 3000 cm<sup>2</sup> párologtató felülettel rendelkező kád, melynek az alja hengeres kúp alakú. Mélysége 68,7cm, ebből a felszín feletti peremezés 7,5cm (Simon 2020).

Az E601B típusú kád paraméterei megegyeznek a GGI 3000 típusával, viszont a felszínből 30 cm-re emelkedik ki az alán elhelyezkedő rács támaszték miatt. Valamint négy darab ívvaljú helyezkedik el az eszköz körül, ami a turbulencia hatásokat hivatott kiküszöbölni (Simon 2020).

Az úgynevezett 20 m<sup>2</sup> típusú kád egy 20 m<sup>2</sup> párologtató felületet biztosító, földbe süllyesztett kád, két méteres mélységgel. Méretéből adódóan magas beruházási költséggel jár, ezért csak kevés mérőállomás rendelkezik ilyen típusú rendszerrel (Varga 2009).

A kád típusú mérőberendezések fontosabb paramétereit az 1. táblázatban szemléltetem.

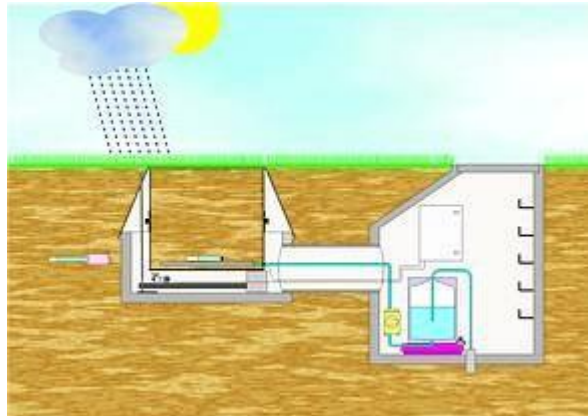
1. táblázat: A szabad vízfelszín párologását mérő műszerek paramétereinek összehasonlítása (saját szerkesztés)

	<b>Párologtató felület (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Mélység (cm)</b>	<b>Peremezés (cm)</b>	<b>Elhelyezés</b>
<b>„A”-kád</b>	11436	25,4	-	Felszíni
<b>„G”-kád</b>	3000	60	7,5	Talajba süllyesztett
<b>„U”-kád</b>	3000	50	10	Talajba süllyesztett
<b>GGI-3000</b>	3000	68,7	7,5	Talajba süllyesztett
<b>E601B</b>	3000	65	30	Talajba süllyesztett
<b>20 m<sup>2</sup> kád</b>	200000	200	-	Talajba süllyesztett

Hazai viszonylatban hosszú ideig, kizárólag a kád rendszerű párologásmérés biztosított adatokat a becslési eljárásoknak. Az adatok pontos feldolgozását azonban a rendszerek hibái és a mérőhálózatok számának csökkenése jelentősen nehezíti (Hajnal, Kovács 2008).

A Liziméter szolgál a növényvel borított felszín párologásának, vagyis az evapotranspiráció mérésére. A mérés specialitása, hogy az nagyban függ a mérés helyétől, idejétől és fajta-

specifikusnak is tekinthető. A mérés elve a tömegmérés. A liziméter nagyméretű, általában egy méter átmérőjű, kör keresztmetszettel rendelkező, földbe süllyesztett tartályokból áll, amelyek a környezeti viszonyokra jellemző talajjal és növényzettel kerülnek feltöltésre. A liziméterek az elpárolgott vízvesztéséget egy beépített mérleg segítségével mérik (8.ábra). Ezen kívül léteznek típusok, amelyek a talaj átszivárgását mérik, amely az állandó talajnedvesség fenntartásához szükséges (Mészáros 2013).



8. ábra: Liziméter (forrás: <http://www.envirottools.hu/lizimeter.html/>)

### 2.5.2. Evapotranspiráció becsülő eljárások, modellek

Számos számítási módszert alkalmaznak a potenciális, a tényleges és a referencia evapotranspiráció meghatározására. Ebben a fejezetben a szakirodalomban talált és összegyűjtött matematikai módszerek részletes bemutatására kerül sor. Első körben a különböző módszerek csoportosítását mutatom be aszerint, hogy a potenciális vagy a tényleges párolgás kiszámítására alkalmas-e, valamint a FAO módszert.

#### Potenciális evapotranspiráció számítási módszerek (PE0)

- Penman-módszer
- Penman-Monteith-módszer
- Hargraves-Samani módszer
- Thornthwaite-módszer
- Tanner-Fuchs módszer
- Antal-féle módszer
- Szász-féle módszer
- Meyer-féle módszer
- Makkink formula

## Tényleges evapotranspiráció számítási módszerek (PEc)

- Aerodinamikai módszerek
- Throntwaite-Holzman módszer
- Monin-Obuhov módszer
- Energiamegmaradás elvére épülő módszer
- Turc-módszer
- Vízháztartás módszer
- Biofizikai módszer

## Referencia evapotranspiráció számítási módszerek (PEref)

- FAO Penman-Monteith módszer

A fent felsorolt számítási módszerek nem kerülnek teljeskörűen bemutatásra, de a szakirodalomban leggyakrabban említett eljárásokat részletesebben is kifejték.

A **Penman-Monteith módszer** a párolgás intenzitását a meteorológiai viszonyokon kívül a párologtató felszín tulajdonsága is nagyban befolyásolja, viszont ha meg tudunk határozni egy fix párologtató tulajdonságokkal rendelkező, hipotetikus felszínt, akkor a felszínre kidolgozott összefüggések kizárólag a légköri változók hatását mutatja (Varga-Haszonits és mtsai, 2019).

A referencia felszín evapotranspiráció értékét a legpontosabban a FAO által javasolt Penman-Monteith formula, vagyis az (1) egyenlet használatával becsülhető meg. A módszer segítségével napi időskálán, rögzített feltételek mellett becsülhető meg a felszín párolgása standard meteorológiai adatok mellett (Richard és mtsai, 1998).

$$ET_{pm} = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \quad (1)$$

ahol

$ET_{pm}$  a referencia párolgás ( $\text{mm d}^{-1}$ ),

$R_n$  nettó sugárzás ( $\text{MJm}^2\text{d}^{-1}$ )

$G$  a talajba jutó hőáram ( $\text{MJm}^2\text{d}^{-1}$ )

$\rho_a$  a levegő sűrűsége ( $\text{kg m}^{-3}$ )

$c_p$  a száraz levegő fajhője ( $1010 \text{ Jkg}^{-1}\text{C}^{-1}$ )

$e_s - e_a$  a párhányomáshiány (kPa)

$\Delta$  a hőmérséklet-telítési gőznyomás görbe meredeksége ( $\text{kPa}/\text{C}^{-1}$ )

$\gamma$  a pszichrometrikus konstans (kPa/°C-1)

$r_s$  a térfogati felületi ellenállás (sm-1)

$r_a$  az aerodinamikai ellenállás (sm-2)

**A Hargreaves-Samani módszer** az alábbi (2) egyenlet segítségével a potenciális párolgás kiszámítására szolgál, amihez szükséges a napi átlaghőmérséklet, illetve az extraterresztriális sugárzás napi maximuma (Varga-Haszonits és Szalka 2019).

Képlete:

$$ET_{HS} = 0,0023(T_k + 17,8) \cdot \sqrt{(T_{max} - T_{min})} \cdot R_{max} \quad (2)$$

ahol ET az evapotranspiráció (mm/nap)

$T_k$  a napi középhőmérséklet (°C)

$T_{max}$  a napi maximumhőmérséklet (°C)

$T_{min}$  a napi minimumhőmérséklet (°C)

$R_{max}$  a napi maximális globálsugárzás (MJ/m<sup>2</sup>nap)

**Antal-féle potenciális párolgás Magyar vonatkozású a következő formula, amelyet a magyar éghajlati sajátosságok figyelembevételével, empirikus formulaként említ a szakirodalom (Antal 1968). Kiszámításához a (3) egyenletben feltüntetett meteorológiai változók szükségesek:**

$$E_{PTH} = 0,9(e^* - e)^{0,7} \left(1 + \frac{1}{273}T\right)^{4,8} \quad (3)$$

ahol  $E_{PTH}$  a potenciális evapotranspiráció (mm/nap)

1/273 a levegő hőtágulási együtthatója

T a hőmérséklet (°C)

$e^* - e$  a telítési hiány

A tényleges párolgás meghatározásához további tényezőkkel kiegészítve az egyenletet, figyelembe kell venni a talaj tényleges nedvességtartalmát és a növényi párologtatást is.

**Thornthwaite-módszer** A módszer napfénytartam és hőmérsékleti értékek alapján becsül potenciális evapotranspirációs értéket. C. W. Thornthwaite (1948) megállapította, hogy szorosabb összefüggés van a sugárzási egyenleg és a párolgás között, mint a hőmérséklet és a párolgás között. A módszerét liziméteres mérések alapján dolgozta ki. Thornthwaite

munkássága alapján a nem rögzített tulajdonságokkal rendelkező felszín párolgása havi időszakra vetítve az alábbi (4) képlettel becsülhető meg a legpontosabban (Ács és Druca 2007).

$$ET_p = 1,6 \cdot \left(\frac{10T}{I}\right)^a \quad (4)$$

ahol

$ET_p$  a potenciális ET értéke (mm/nap)

T a havi átlaghőmérséklet

I az évi hőindex (5)

a: kitevő, amely a hőindexből számolható (7)

$$I = \sum_{január}^{december} j i \quad (5)$$

$$\text{ahol} \quad i = \frac{T^{1,514}}{5} \quad (6)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,792 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (7)$$

Az évi hőindex (I) a hónapok hőindexének összegéből adódik. Az adott hónap hőindex értéke a havi átlaghőmérséklettől függ. Ezért, ha a havi átlaghőmérséklet (T) negatív, akkor a havi hőindex és az abból számolandó évi hőindex is zérusnak vehető. Ugyanis nemegész szám hatványa nem lehet negatív (Szalai 2020).

**A Meyer-féle eljárás** a tényleges havi párolgás meghatározására alkalmas az alábbi (8) képlet alapján (Kontur és mtsai 2003).

$$P = a \cdot [E(t') - e] \cdot (1 + b \cdot w) \quad (8)$$

ahol

P a havi párolgás összege (mm/hó)

E a vízhőmérséklettől függő, közvetlenül a vízfelszín felett lévő légréteg telítési páratartalma ( $\text{g/m}^3$ ), melyet a  $t'$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) havi közepes vízhőmérséklet alapján határoznak meg

e tényleges páratartalom ( $\text{g/m}^3$ )

w havi közepes szélesség (m/s)

a, b állandók (értéke éghajlati és földrajzi körülményeink között 11 és 0,2)

**A Makkink formulával** a potenciális evapotranspirációt ( $ET_0$ ) lehet kiszámítani az alábbi képlet alapján (9) (mm/nap) (Kontur és mtsai 2003).

$$ET_0 = c \cdot W \cdot R_s \quad (9)$$

ahol  $c$  = a közepes páratartalomtól és a szélsébségtől függő együttható

$W$  = a hőmérséklettől és a földrajzi szélességtől függő súlyszám

$R_s$  = a soláris radiációval megegyező párolgás.

**Az aerodinamikai módszerrel** határozható meg a havi párolgás összege ( $P$ ) (mm/hó), az alábbi (10) képlet alapján. Itt  $E$  a vízhőmérséklettől függő közvetlenül a vízfelszín felett lévő légréteg telítési páratartalma ( $g/m^3$ ), melyet a  $t'$  ( $^{\circ}C$ ) havi közepes vízhőmérséklet alapján határoznak meg (Kontur és mtsai 2003).

$$P = N \cdot [E(t') - e] \cdot w \quad (10)$$

ahol  $e$  tényleges páratartalom ( $g/m^3$ )

$w$  havi közepes szélsébség (m/s)

$N$  az adott hónaptól függő faktorszám

**A Turc-módszer** a Digitális könyvtárban megtalálható TÁMOP 4.1.2-08/1/A-2009-0032 pályázat alapján egy viszonylag egyszerű módszer, amely az évi csapadékmennyiség (mm) és az évi átlagos középhőmérséklet ( $^{\circ}C$ ) alapján becsüli a tényleges párolgást az alábbi (11) képlet alapján.

$$E_T = \frac{C}{\sqrt{0,9 + \frac{C^2}{L^2}}} \quad (11)$$

$C$  évi csapadékmennyiség (mm/év)

$T$  évi átlaghőmérséklet ( $^{\circ}C$ ),

$L$  egy származtatott mennyiség, ami az alábbi (12) egyenlet alapján számítható ki szintén az évi átlaghőmérséklet alapján:

$$L = 300 + 25T + 0,05T^3 \quad (12)$$

A tényleges párolgás kiszámítható a potenciális vagy referencia párolgásból is, de létezik növényállományra specifikus, **vízháztartás** számítási módszer is, amit az alábbi (13) egyenlet ír le.



$$ET_C = ET_0 \cdot K_C \cdot K_S \quad (13)$$

ahol

$ET_C$  a tényleges párolgás

$ET_0$  a potenciális párolgás

$K_S$  a vízhiányból adódó stresszfaktor, értéke 1

$K_C$  a növénykonstans

A növénykonstans egy rendkívül fontos, a nemzetközi szakirodalomban is gyakran említett paraméter, amely a növények vízigényének dinamikáját tartalmazza az egész fejlődési ciklusban. Ez az érték dinamikusan változik az idő előrehaladtával, végigkövetve a növények fenológiai ciklusait és ezáltal vízigényüket. Ennek megfelelően értéke 0 és 1 között változik, magasabb vízigényű növények esetében közelebb van az egyhez. A legmagasabb értékek általában a virágzás-terméskötés idejére esne, melyet csúcs vízigény jellemez (Rácz 2014).

A konstans értéke a különböző fejlődési szakaszokban más és más. A fejlődés kezdeti szakaszában az érték alacsonyabb, mivel a párologtató felület és a sugárzás intenzitásának mértéke is alacsony. A zöldfelületek és a sugárzás mértékének növekedésével egyenesen arányosan növekszik az együttható is. A fejlődési szakasz végén a zsugorodó levélfelület és a csökkenő sugárzás következtében csökken a növények vízigénye, ezzel együtt pedig az együttható értékei is visszaesnek (Rácz 2014).

A **FAO Penman-Monteith módszerrel** a referencia evapotranszpiráció ( $ET_{ref}$ ) (mm/nap) adható meg az alábbi (14) egyenlet alapján (Varga-Haszonits és mtsai, 2019).

$$ET_{ref} = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T_k + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2)} \quad (14)$$

ahol  $\Delta$  a hőmérséklet-telítési gőznyomás görbe meredeksége (kPa/°C)

- $R_n$  a növényi felszín sugárzási egyenlege (MJ/m<sup>2</sup>/nap)
- $\gamma$  a pszichrometrikus konstans (kPa/°C), értéke hazánkban 0,066 vagy 0,067
- $T_k$  a napi közepes léghőmérséklet 2 m magasságban (°C)
- $u_2$  a szélsébség 2 m magasságban (m/s)
- $e_s$  a telítési gőznyomás (kPa) az alábbi (15) képlet alapján

$$e_s = 0,6108 \cdot \exp \left( \frac{17,27 \cdot T_k}{T_k + 237,3} \right) \quad (15)$$

- $e_a$  a tényleges gőznyomás (kPa) az alábbi (16) képlet alapján

$$e_a = \frac{RH}{100} \cdot e_s \quad (16)$$

### 2.5.3. Adatbázisok

A felsorolt számítási módszerek alkalmazása során a legfontosabb tényező a felhasznált adatok mennyisége és minősége annak érdekében, hogy az eredmények minél kisebb bizonytalansággal kerüljenek meghatározásra. A két legnagyobb adatforrás hazánkra és a Kárpát-medencére a FORESEE v3.1 adatbázis, amelyet az ELTE fejlesztett ki, illetve a CARPATCLIM, amelyet az Országos Meteorológiai Szolgálat tart fenn (György 2021).

A CARPATCLIM adatai a 1961-2010 között mért adatokat tartalmazzák, a FORESEE pedig 2100-ig a jövőre vetített becsült adatokat tartalmaz (György 2021). A két adatbázis technikai adatait a 2. táblázatban szemléltetem.

2. táblázat: A FORESEE és a CARPATCLIM adatbázisok technikai adatai

<b>A FORESEE és a CARPATCLIM különbségei</b>		
	FORESEE v3.1	CARPATCLIM
Rácsháló	0,16° × 0,16°	0,1° × 0,1°
Interpolációs módszer	E-OBS, CRU TS: Kriging MARS ADW háromszögelés	MISH v1.01: Additív képlet Multiplikatív képlet (modellezési eredményekből)
Elérhető időszak	1961-2100	1961-2010
Letöltött meteorológiai idősorok (napi felbontás)		
Napi maximális hőmérséklet	°C	°C
Napi minimális hőmérséklet	°C	°C
Napi átlaghőmérséklet	°C	°C
Csapadék	cm/nap	mm/nap
Átlagos vízgőz nyomás	Pa	hPa
Rövidhullámú sugárzás fixussűrűségének átlaga	W/m <sup>2</sup>	-
Relatív nedvességtartalom	-	%
Potenciális evapotranspiráció (OMSZ)	-	mm

(forrás: György 2021, táblázat 1.)

Az országban 21 helyen van kihelyezve megfigyelő állomás, habár ezek száma folyamatosan változik az állomásbezárások miatt. 2019-es adatok alapján a következő városokban van mérőpont kihelyezve: Mosonmagyaróvár, Győr, Pápa, Szombathely, Zalaegerszeg, Kaposvár, Pécs, Iregszemcse, Tatabánya, Budapest, Martonvásár,

Balassagyarmat, Kompolt, Szolnok, Kecskemét, Szeged, Szarvas, Karcag, Nyíregyháza, Debrecen, Békéscsaba (Varga-Haszonits és mtsai 2019).

A megfigyelőpontok megyénként kerültek kihelyezésre reprezentatív meteorológiai állomás formájában. Valamint még két mérőállomása települt Mosonmagyaróváron és Szarvason, ahol kísérleti méréseket végeznek a növényállományban. Az országban kihelyezett 21 mérőállomás meghatározható a havi és az évi párolgási érték a Hargreaves-Samani formulával. A 3. táblázat csak 10 mérőállomás adatait tartalmazza. A mutatószámok viszont a teljes terület mérési adatai alapján kerültek kiszámításra (Varga-Haszonits és mtsai 2019).

3. táblázat: Havi és éves ET értékek

Havi és éves ET értékek													
Megfigyelőhely	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Év
Békéscsaba	13	24	55	90	133	147	161	141	94	55	22	12	947
BP	12	22	50	83	124	138	150	132	85	48	19	11	874
Debrecen	12	22	52	85	128	142	154	136	89	51	20	11	902
Győr	12	23	50	83	130	139	152	132	84	48	19	11	883
Kecskemét	13	24	53	87	129	144	157	138	90	52	21	12	920
Miskolc	11	21	50	84	126	139	152	132	85	48	18	10	850
Pécs	14	24	53	83	123	136	152	133	88	52	22	13	893
Szarvas	13	23	54	87	128	142	157	136	92	53	21	11	917
Szeged	14	25	59	87	134	148	163	144	96	56	23	13	962
Tatabánya	13	23	52	85	128	141	156	136	87	49	20	11	901
Átlag	13	23	52	84	126	140	154	135	87	50	20	11	896
Maximum	14	25	59	90	134	148	163	144	96	56	23	13	962
Minimum	11	21	47	80	122	136	148	129	80	45	18	10	850
Területi ingás	3	4	12	10	12	12	15	15	16	11	5	3	112

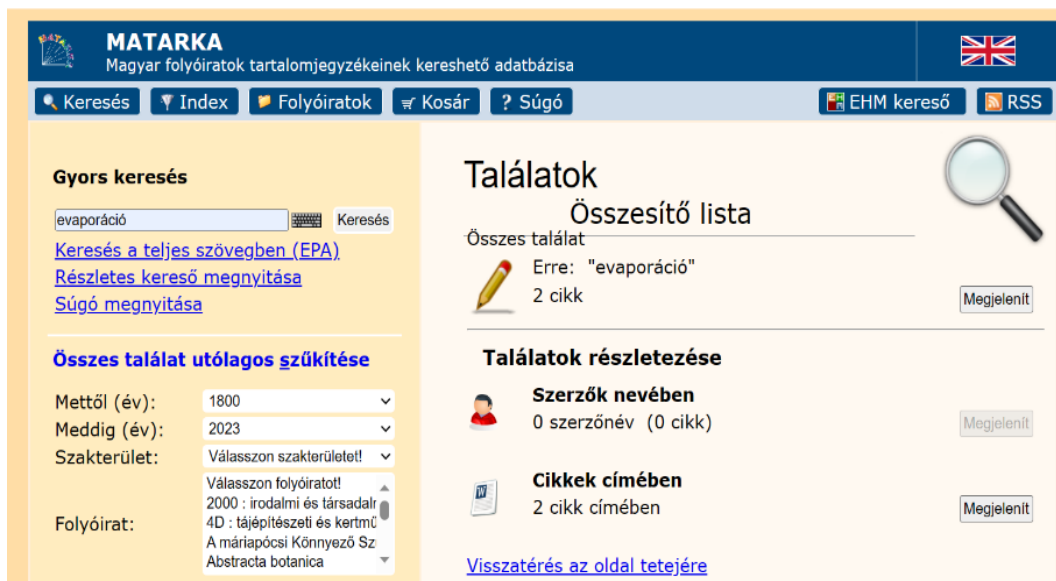
(forrás: Varga-Haszonits és mtsai 2019, 2. táblázat)

### 3. Saját vizsgálatok

#### 3.1. Anyag és módszer

##### 3.1.1. Az evaporációt és a párolgást érintő magyar nyelvű szakirodalmi publikációk időrendi és tematikus áttekintése.

A szakirodalmi adatok gyűjtése a könyvtári kutatómunkán felül a témával kapcsolatos online elérhető publikációk kutatásával zajlott. Szakirodalmak keresésében nagy segítségemre volt a matarka.hu felület kereső funkciója (9. ábra).



9. ábra: A matarka.hu keresőfelülete

##### 3.1.2. Saját számolások elvégzése három kiválasztott módszerrel

Szakedzőmunkám részeként, a MATE keszthelyi kutató intézet által rendelkezésemre bocsátott meteorológiai adatok alapján elvégeztem evaporáció számításos feladatokat három különböző módszerrel. A módszerek kiválasztásának fő szempontjai az egyszerű, de pontos eredményt adó, valamint a nagyobb időintervallumot átfedő adatok elérhetősége. Olyan meteorológiai adatokkal dolgoztam a számolásaim során, amelyben 2001.01.01-2022.12.31 között szerepelnek minden napra vonatkozóan a csapadék mennyiségek, a relatív nedvesség, a sugárzás és a napi minimum, maximum és az átlaghőmérséklet. Ezekből az adatokból számoltam ki az evaporációt a Hargreaves-Samani (2), Thornthwaite (4), és Turc (11) módszerek segítségével.

## 3.2. Eredmények

### 3.2.1. Az evaporációt és a párolgást érintő magyar nyelvű szakirodalmi publikációk időrendi és tematikus áttekintése.

A keresőportálon az alábbi címszavakra a keresés eredményeképpen összesen 51 cikk találtam.

- párolgás címszóra 41 db
- párologtatás címszóra 8 db
- evaporáció címszóra 2 db

Az 51 cikk közül a 46 db cikk foglalkozik a légköri, növényi, felszíni párolgás/párologtatással, míg 5 db más (gépészeti) témában íródott. Így a releváns 46 db cikkel dolgoztam tovább.

Az előzőleg már leválogatott magyar nyelvű cikkek évszám szerinti alakulását a 10. ábrán szemléltetem.

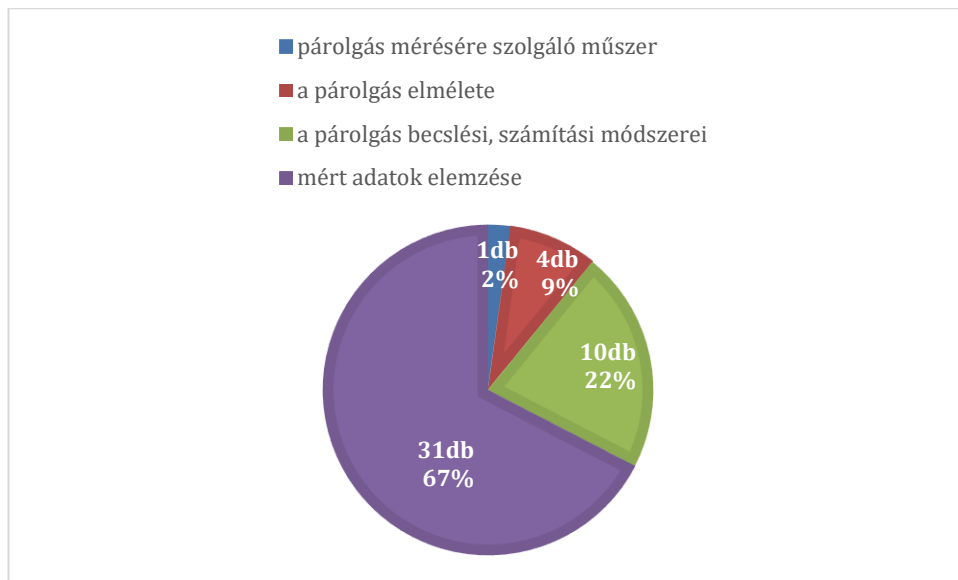


10. ábra: a szakmai publikációk évszám szerinti eloszlása (Saját szerkesztés)

A keresési eredmények legelső cikke időrendben az 1879-es Erdészeti lapok 12. számában jelent meg Téglás Gábor írásával. A cikk címe Az erdők szerepe a légköri csapadék, párolgás és hőmérséklet körül. Az ezt követő időszakban a századfordulóig, akár 10 éves kihagyásokkal jelentek meg a témával foglalkozó publikációk és nagy többségben a megjelenés évében csak egy publikáció jelent meg.

A kilencvenes évektől viszont a témában publikált írások és kutatások sűrűbben, egy-két év kihagyásokkal jelentek meg. Ez magyarázható a kutatások növekedő igényével és a technológiai lehetőségek fejlődésével. A legtöbb publikáció a 2021-es évben jelent meg.

**A publikációk tartalmi áttekintése.** A Matarka.hu keresőportálon keresztül talált cikkeket 4 témakörön belül helyeztem el, amelyek a párolgás elmélete, a párolgás mérésére szolgáló műszer, a párolgás becslési/számítási módszere, valamint a mért adatok elemzése. Az egyes témakörökbe tartozó magyar cikkek számát a 11. ábrán szemléltettem.



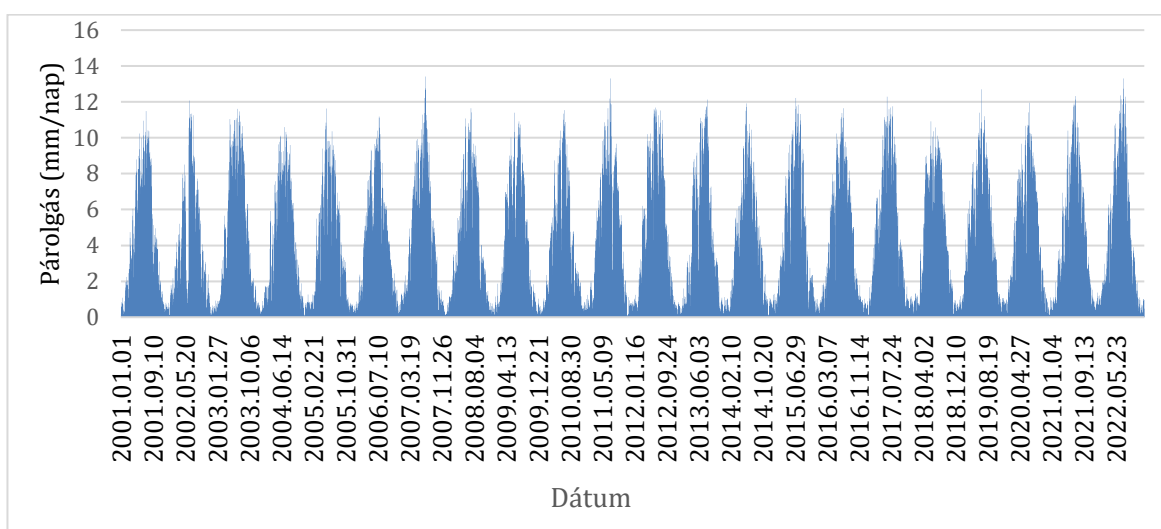
11. ábra: A publikációk témakörökénti eloszlása (Saját szerkesztés)

A témakörökre osztott cikkek folyóiratok szerinti megtalálhatósága alapján:

- a *párolgás mérésére szolgáló műszer* témakörébe tartozó egyetlen cikk az Erdészeti kísérletek folyóiratban található meg;
- a *párolgás elmélete* témakörbe tartozó 4 db cikk az Erdészeti lapokban, az Élet és tudományban, a Vízügyi közleményekben, valamint az Acta agronomica Óváriensis szaklapokban található meg;
- a *párolgás becslési/számítási módszere* témakörbe tartozó 10 cikk számos különböző helyen jelentek meg. Olyan szaklapokban, folyóiratokban található a témakörben íródott cikk, mint Hidrológiai közlöny, Acta silvatica et lignaria Hungarica, Agrártudományi közlemények, Országos Meteorológiai Intézet szakmai tájékoztatója, Acta agronomica Óváriensis, Agrokémia és talajtan, Hidrológiai közlöny, Vízügyi közlemények;
- a *mért adatok elemzése* témakörbe tartozó 31 cikk is meglehetősen sok eltérő helyen található meg, mint Természettudományi közlöny (3), Vízügyi közlemények (7), Kísérletügyi közlemények, Hidrológiai közlöny (7), Hidrológiai tájékoztató, Búvár (2), Hajtatás, korai termesztés, Növénytermelés, Országos Meteorológiai Intézet szakmai tájékoztatója (2), HVG (3).

### 3.2.2. A Hargreaves-Samani, Thornthwaite, és Turc módszerekkel számolt eredmények bemutatása

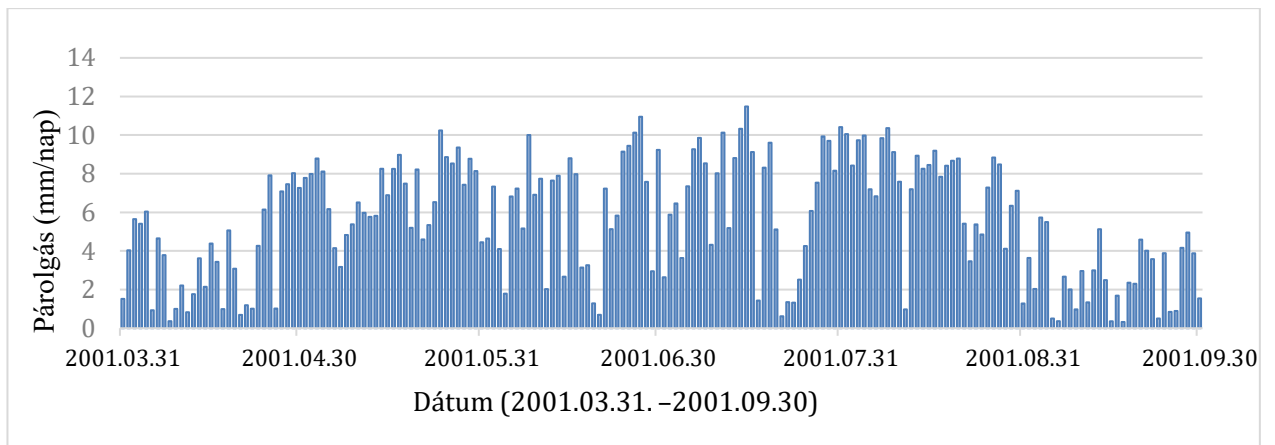
A 12. ábrán a **Hargreaves-Samani** becslési eljárással (2. egyenlet) számított eredményeim láthatók. A teljes 22 éves időintervallumra (2001.01.01-2022.12.31) kiszámítottam a potenciális evapotranspiráció értékét. A módszer alapján az adatsorban nem látható hosszú távú szignifikáns változás, pedig a változó éghajlat indukálta magasabb átlaghőmérséklet főleg a nyári időszakban magasabb párolgási értékeket sejtetne. Ugyanakkor jól szemlélteti a 12. ábra, hogy a módszer megfelelően és kellő pontossággal követi a párolgás éves menetét.



12. ábra: A Hargreaves-Samani módszer eredményei (2001.01.01. - 2022.12.31.)(Saját szerkesztés)

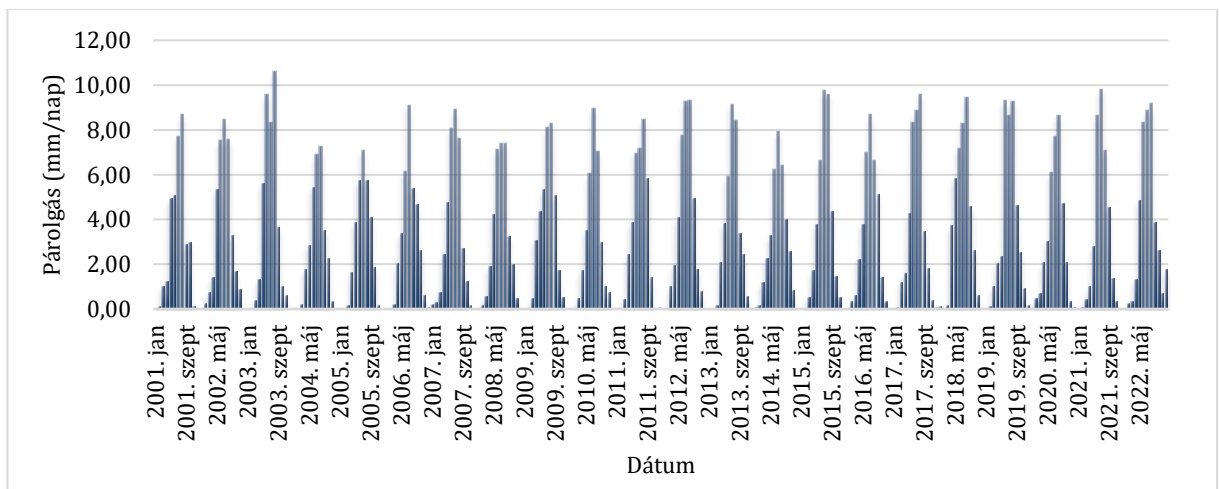
A jobb szemléltethetőség érdekében egy 5 hónapos időintervallumon is bemutatom az eredményeimet a módszerrel a 13. ábrán. Ebben az esetben már a részletek is jobban kirajzolódnak. Látható, hogy a módszer nemcsak éves szinten, de a napi változékonyságát is szépen visszaadja a párolgásnak, hiszen az időjárási helyzetnek megfelelően egy hűvösebb, csapadékosabb napon kisebb, míg egy szárazabb, meleg periódusban magasabb a párolgás mértéke.





13. ábra: A Hargreaves-Samani módszer eredményei (2001.03.31. - 2022.09.30.) (Saját szerkesztés)

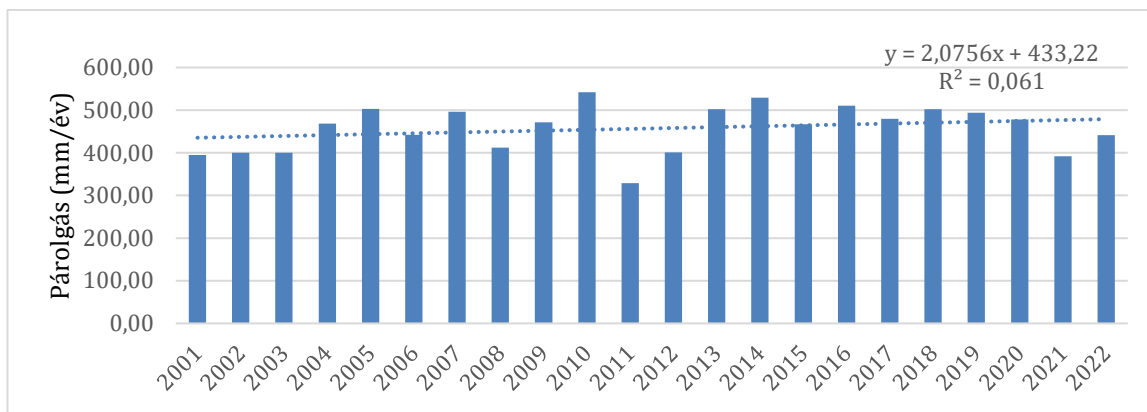
**Thornthwaite** módszerével számolt adatokat már bonyolultabb megkapni, ugyanis több képletet kellett használni hozzá (4, 5, 6, 7). Az itt kapott adatok ugyanúgy mm/nap-ban értendők, viszont havi időszakra vetítve kell értelmezni az eredményeket, tehát azt tudjuk meg, hogy adott hónapban mennyi az átlagos napi párolgásnak a mértéke. Ennek megfelelően egy sokkal durvább, robusztusabb eredményt kapunk, mint az előző esetben. Ennek megfelelően a 22 éves időintervallumra kiszámolva havi eredményeket kaptam, amit a 14. ábrán szemléltetek. A módszer eredményeként látványos képet kapunk fokozatosan váltakozó hideg és melegebb hónapok párolgási potenciáljainak változásairól.



14. ábra A Thornthwaite módszer eredményei (2001.01.01. - 2022.12.31.) (Saját szerkesztés)

A harmadik számolást a **Turc módszerrel** végeztem a (11) és (12) egyenletekkel. A módszer éves adatokkal számol tényleges evapotranspirációt így a számolás és a szemléltetés is egyszerűbb mint az előző két módszernél (15. ábra). A módszer eredménye egy meglehetősen

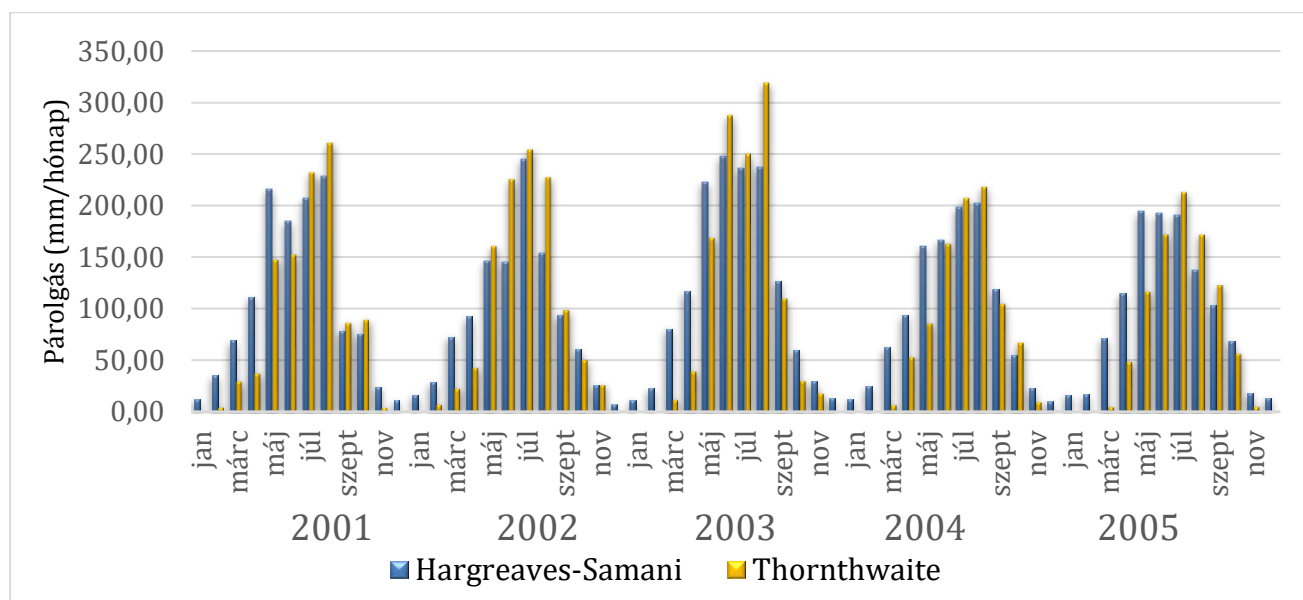
nagyvonalú és robusztus becslés, de reprezentálható vele az évek változékonysága a párolgás tekintetében. Ezzel a módszerrel kapott eredményekre, mivel az éves tényleges párolgási adatokat szolgáltatja, már érdemes trendvonalat illeszteni. Az így kapott lineáris egyenlet meredeksége alapján ( $m = 2,0756$ , 15. ábra) elmondhatjuk, hogy évente 2,0756 mm-rel nő a párolgás mértéke, ami a 20 éves teljes időszakra kivetítve meghaladja a 40 mm-t, ami egy ilyen rövid időszakra jelentős párolgás növekedést, ezáltal jelentős vízvesztéséget jelent mind a talaj, mind pedig a növényzet számára, hiszen gyorsabban kimerülnek a talaj felső rétegeinek vízkészletei az aktív párolgási időszakban, azaz márciustól októberig tartó hónapok során.



15. ábra: A Turc módszer eredményei (2001.01.01. - 2022.12.31.) (Saját szerkesztés)

### 3.2.3. A párolgási módszerek eredményeinek összehasonlítása

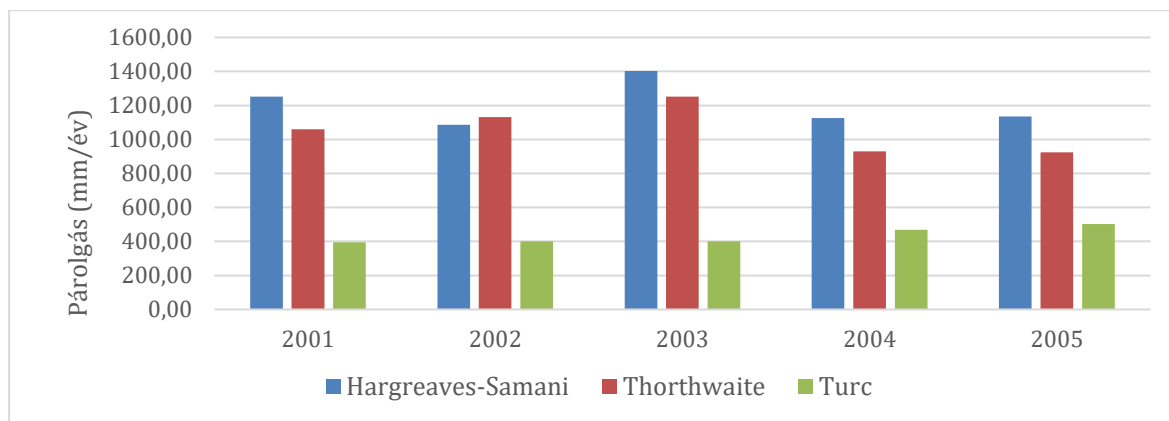
A két potenciális evapotranspiráció becslésére szolgáló módszer, a Hargreaves-Samani és a Thornthwaite módszer eredményeit egy 5 éves időintervallumon hasonlítottam össze (2001-2005) havi adatokkal. Tehát a két módszer eredményeiből havi átlag adatokat képeztem az összehasonlíthatóság érdekében (16. ábra).



16. ábra: A Hargreaves-Samani és a Thornthwaite módszer eredményeinek összehasonlítása 2001 és 2005 között (Saját szerkesztés)

A diagramból (16. ábra) megállapítható, hogy a két módszer eredményei nagyjából követik egymást, de a Hargreaves-Samani módszer az év első felében (jan-jún) mutat magasabb értékeket, míg a Thornthwaite módszer az év második felében (júl-dec). Ennek egyik magyarázata lehet, hogy a Thornthwaite módszer számol havi hőindex értékekkel is, ezáltal a nyári hónapok hőségnapjai nagyobb hangsúllyal kerülnek be a számításba, ezáltal a téli és nyári időszak közötti párolgás értékek között is sokkal nagyobb lesz a különbség, mint a Hargreaves-Samani módszer esetében.

Végeztem egy összehasonlítást a két potenciális evapotranspiráció becslő módszer (Hargreaves-Samani, Thornthwaite) és a tényleges evapotranspiráció becslő Turc módszerrel is (17. ábra). Mivel a Turc módszer éves adatokat szolgáltat, ezért az összehasonlíthatóság érdekében a Hargreaves-Samani és a Thornthwaite módszer eredményeiből is éves értékeket képeztem és egy 5 éves időintervallumban szemléltettem. A potenciális és a tényleges evapotranspirációs értékeket a jellegükből adódóan nincs értelme összehasonlítani de a köztük lévő távolságok arányából egyenesen következtethetünk a vízhiány mértékére (17. ábra).



17. ábra: A három módszer eredményeinek összehasonlítása, amelynek előnye az éves vízhiány megállapításában rejlik. Vizsgált időszak: 2001 – 2005 (Saját szerkesztés)

### 3.3. Következtetések

Az elmúlt évtizedekben felismerhetővé váltak a vízutánpótlással kapcsolatos aggályok. Ez a szakirodalmi publikációk számában is észrevehető, mivel egyre több kutatás foglalkozik a kérdéssel. Ezen belül is látható, hogy az evaporációval kapcsolatos kutatások száma is nőtt az utóbbi években. A utóbbi évtizedekben felértékelődött a víz szerepe a klímaváltozással összefüggésben és ez is eredményezhette az egyre sűrűsödő szócikkek publikálását.

Ellenben a párolgás mérésére alkalmas mérőműszerek témakörével feltűnően kevés írás foglalkozik, ami a témakör fontosságát tekintve hiányosságokra enged következtetni.

Agrometeorológiai tekintetben az evapotranspirációs összefüggések pontosabb megismeréséhez elengedhetetlen, hogy létezzenek a párolgási potenciálokat vizsgáló és tényleges párolgást leíró modellek. Ezek összevetésével kaphatunk releváns képet a vízigényekről, melynek ismerete a mezőgazdaságban nagyon fontos. A hidrológiai információk hasznos iránymutatásként szolgálnak annak ellenére is, hogy a becslések viszonylagos pontatlansággal működnek.

A evapotranspirációs becslési módszerek közül a potenciális evapotranspirációt vizsgáló módszerekként a Hargreaves-Samani és a Thornthwaite módszer hatékonyan alkalmazható gyakorlati számítások során. Ezek a módszerek napi adatokból számolnak párolgási értékeket, ezért eredményeik pontosabbak és releváns képet adnak a párolgási potenciálokról hosszútávon is. A Turc módszer ugyanakkor sokkal elnagyoltabb, éves átlag értékeket ad eredményül a tényleges párolgásra. Az eredményei azonban hosszabb távon reális értékeket mutatnak. Ezért a kettő összevetéséből (potenciális és tényleges párolgás kiszámítására szolgáló módszer) a vízhiányról is fontos információkat kaphatunk.

## 4. Összefoglalás

Az evapotranspiráció, avagy a párolgás a hidrológiai ciklus egyik legfontosabb eleme. A felszínre visszahulló csapadékmennyiség mintegy 40 %-a származik a földterületek evapotranspirációjából. Ebből adódóan fontos, hogy legyenek kidolgozott módszereink a párolgás becslésére. A párologtatás rengeteg külső tényezőtől is függ, vizsgálata során fontos figyelembe venni a Föld energiaháztartását, a vízkörforgást és a felszínborítottság hatásait is.

Az éghajlat mellett a párologtatás mértéke egyaránt függ a talaj és a növényzet tényezőitől, ebből kifolyólag a területi változatossága is igen nagy. A területek meteorológiai diverzitása miatt sokkal több mérőállomás létesítésére lenne szükség. A kevés mérőállomás meglétéből következik, hogy az operatív jellegű mérés szinte kivitelezhetetlen feladat mind technikai, mind gazdasági szempontból.

Az értéke csak becslésekkel adható meg, amelyre számos modell létezik.

3 típusú becslési modell különböztethető meg:

- amelyben a tényleges párolgás a potenciális párolgásból eredeztethető (pl. növényi párolgás becslése),
- amelyben a párolgás a vízellátottság és a párologtató képesség nagyságának összehasonlításából kerül meghatározásra (vízellátottság mérése),
- amelyben a felszíni ellenállás becslésével kerül meghatározásra a párolgás.

Ezek a modellek amellet, hogy nem adnak pontos eredményt, még jelentősen nagy adatigénnyel is rendelkeznek, amelyek feltétlen nem is állnak rendelkezésre vagy nem fedik le teljes egészében a vizsgált időszakokat.

A potenciális evapotranspiráció becslésére a Hargreaves-Samani és a Thornthwaite módszerek alkalmazhatók gyakorlatban, melyek napi és havi adatokkal dolgoznak. Valamint az éves adatokat viztosító Turc módszer segítségével a víhiányról kaptunk nagyságrendi információkat.

## **5. Köszönetnyilvánítás**

Ezúton is szeretnék köszönetet mondani a témavezetőmnek, Dr. Somfalvi-Tóth Katalin Tanárnőnek a dolgozat megírásához nyújtott hasznos tanácsaiért, támogatásáért. Köszönet a MATE Georgikon Campus Meteorológiai Állomás kutatóinak a rendelkezésemre bocsátott adatokért. Valamint köszönettel tartozom mindazoknak akik valamilyen formában segítségemre voltak a munkában.

## 6. Felhasznált irodalom

1. Andhi A. S. (2011): Evapotranspirometer piche, Kamus Meteorology. Online: <http://kamusmeteorology.blogspot.com/2011/06/evapotranspirometer-picche.html> (letöltve: 2023 szeptember 17.)
2. Antal E. (1968): Az öntözés előrejelzése meteorológiai adatok alapján. Kandidátusi értekezés
3. Ács F. - Drucza M. (2007): OTKA T 043695-ös zárójelentés
4. Bhatt, R.; Hossain, A. Concept and Consequence of Evapotranspiration for Sustainable Crop Production in the Era of Climate Change. In Advanced Evapotranspiration Methods and Applications; Bucur, D., Ed.; University of Applied Life Sciences and Environment in Iasi: Iasi, Romania, 2019; pp. 535–548.
5. Breuer H. (2007): A tényleges párolgás és a talajvíztartalom klimatológiai modellezése Magyarországon. Tudományos Diákköri Dolgozat
6. Bruinsma, J. How to Feed the World in 2050; Food and Agriculture Organization: Rome, Italy, 2009.
7. Dr Fehér A. - Dr. Pécsváradi A. - Dr Csiszár J. - Ördögné Dr. Kolbert Zs. (2019): A növények élete, Szegedi Tudományegyetem, EFOP-3.4.3-16-2016-00014.
8. Dr. Hantos K. (2021): Öntözéses gazdálkodás, Képviselői Információs Szolgálat, infoszolg 2021/68. Online: [https://www.parlament.hu/documents/10181/39233854/Infojegyzet\\_2021\\_68\\_ontozeses\\_gazdalkodas.pdf/c6fef512-f7e4-d3c9-4748-36be6e87f67e?t=1636038056391](https://www.parlament.hu/documents/10181/39233854/Infojegyzet_2021_68_ontozeses_gazdalkodas.pdf/c6fef512-f7e4-d3c9-4748-36be6e87f67e?t=1636038056391) (letöltve: 2023. augusztus 26.)
9. ENVIROTOOLS Környezetvédelmi Kereskedelmi és Szolgáltató Korlátolt Felelősségű Társaság: Liziméterek. Online: <http://www.envirotools.hu/lizimeter.html> (letöltve: 2023. szeptember 20.)
10. Farkas Máttyás (2018): Száradozó Magyarország, LIFE-MICACC projekt. [https://vizmegtartomegoldasok.bm.hu/hu/aktualitasok/szarazodo\\_magyarorszag](https://vizmegtartomegoldasok.bm.hu/hu/aktualitasok/szarazodo_magyarorszag) (letöltve: 2023. december 4.)
11. Dr. Fodor F. (2013): A növényi anyagcsere élettana: 2. fejezet – A növények vízháztartása, ásványi táplálkozása, transzportfolyamatok, Eötvös Loránd Tudományegyetem
12. Gelencsér A. - Molnár Á. - Imre K. (2012): Az éghajlatváltozás okai és következményei, Pannon Egyetem

13. György M. (2021): Párolgásbecslő módszerek összehasonlító vizsgálata talavízforgalmi modellezéssel, Budapesti Műszaki- és Gazdaságtudományi Egyetem
14. Griepentrog, H.W.; Uppenkamp, N.; Hörner, R.; DLG Committee. Opportunities. Risks. Acceptance: Digital Agriculture; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Frankfurt, Germany, 2018..
15. Hajnal G. (2003): Természetes és mesterséges hatások a talajvízjárásra Budapest területén, BME, Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék
16. Hajnal G. - Kovács Á. (2008): Az urbanizációs hatásokat figyelembe vevő vízmérlegszámítás pontosítása. Mérnökgeológia-Közetmechanika 2008, 73–77. Konferencia kiadvány.
17. Harsányi E. - Katonka Á. (2023) Magyarország öntözési helyzetképének elemzése lehetséges kitérési pontokkal. DE--Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
18. Hydrawise öntöző vezérlők (2022): Hydrawise szofver és alkalmazás kézikönyve, Online: <https://ontozorendszerek.com/upload/files/177/hunter-hydrawise-programozas-32806.pdf>
19. Juhász Cs. – Nagy A. – Tamás L. (2011): Agrár-környezetvédelem modul. TÁMOP 4.1.2-08/1/A-2009-0032 projekt, Online: [https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8260/008\\_vizgazd.pdf?sequence=8&isAllowed=y](https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8260/008_vizgazd.pdf?sequence=8&isAllowed=y) (letöltve: 2024. február 27.)
20. Kontur I. - Koris K. - Winter J., (2003): Hidrológiai számítások; Linograf Kft.
21. Magyarország Klíma Atlasza (2000): Országos Meteorológiai Szolgálat
22. Márton A. (2021): Magyarországi folyók mértékadó kisvízi készletének elemzése a tervezett öntözési fejlesztések szempontjából. Műszaki Katonai Közlöny • 31. évfolyam 4. szám
23. Mezősi G. (2016): Magyarország természetföldrajza. Akadémia kiadó
24. Mészáros R. (2013): Meteorológiai műszerek és mérőeszközök, ELTE
25. Dr. Monostori T. (2021): A víz élettani szerepe, felvétele, szállítása, a párologtatást befolyásoló környezeti tényezők, Szegedi Tudományegyetem
26. Pappné T. Á. (2022): A kukorica talajművelési rendszereinek hatása a talaj CO<sub>2</sub>-kibocsátására szántóföldi vizsgálatok alapján, Debreceni Egyetem, Kerpely Kálmán Doktori Iskola
27. Pálné Schreiner J. (2007): Hidrológia. PTE Pécsi Tudományegyetem, Pollack Mihály Műszaki Kar, Közmű, Geodézia és Környezetvédelem Tanszék



28. Rácz Cs. (2014): Kukoricaállományok energetikai és párolgási viszonyainak vizsgálata, Debreceni Egyetem
29. Raich, J. Tufekcioglu, A. (2000). Vegetation and soil respiration: Correlations and controls. *Biogeochemistry*. 48. 71-90. 10.1023/A:1006112000616.
30. Raich, James & Schlesinger, William. (1992). The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate - RAICH - 2002 - *Tellus B* - Wiley Online Library. *Tellus B*. 44. 81-99.
31. Richard G. Allen - Luis S. Pereira - Dirk Raes - Martin Smith (1998) Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements
32. Rotárné Szalkai Á. - Homolya E. - Selmeczi P. (2015): A klímaváltozás hatása az ivóvízbázisokra, Natér Kutatási Jelentés
33. Simon B. (2020): Az üledék és a hínár hatása a standard "A" kád párolgására. Doktori értekezés
34. Subedi, A.; Chávez, J.L. Crop Evapotranspiration (ET) Estimation Models: A Review and Discussion of the Applicability and Limitations of ET Methods. *J. Agric. Sci.* 2015, 7, 50.
35. Szlávik L.– Kozák P. – Mohácsiné Simon G. – Papp Ildikó – Gondárné Sőregi K. – Jakab A. (2016): Vízgazdálkodás. KÖFOP-2.1.1-VEKOP-15-2016-00001 Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest
36. Varga B. (2009): A Balaton vízháztartásának elemzése különös tekintettel a párolgásszámítás és mérés módszertani és területi kérdéseire. Pannon Egyetem Georgikon kar
37. Varga-Haszonits Z. - Tar K. - Lantos Zs. - Varga Z. (2015): Párolgási formulák összehasonlítása a mosonmagyaróvári meteorológiai állomás adatai alapján. *Növénytermelés*
38. Varga-Haszonits Z. – Szalka É. – Kalocsai R. (2019): Az evapotranszpiráció meghatározása Hargreaves-Samani módszerrel Magyarországi adatokon. *Acta Agronomica Óváriensis* Vol. 60. Különszám, Mosonmagyaróvár, Competitor-21 Kiadó Kft.
39. Varga-Haszonits Z. - Lantos Zs. - Vámos O. - Szalka É. - Kalocsai R. - Szakál T. (2019): A referencia evapotranszpiráció meghatározása a FAO Penman-Monteith módszerrel. *Acta Agronomica Óváriensis* Vol. 60. Különszám, Mosonmagyaróvár, Competitor-21 Kiadó Kft.
40. Varga-Haszonits Z. – Lantos Zs. – Varga Z. – Szakál T. – Kalocsai R. (2019): A FAO-Penman-Monteith egyenlettel számított referenciaevapotranszpiráció érzékenységi vizsgálata Mosonmagyaróvári adatokon. *Acta Agronomica Óváriensis* Vol. 60. Különszám, Széchenyi István Egyetem, Mosonmagyaróvár; Miskolci Egyetem, Miskolc

41. Varga-Haszonits Z. – Lantos Zs. – Kalocsai R. - Szakál T. (2019): A párolgás fogalma, formái és meghatározásuk. *Acta Agronomica Óváriensis* Vol. 60. Különszám, Széchenyi István Egyetem, Mosonmagyaróvár; Miskolci Egyetem, Miskolc

42. Wanniarachchi, S.; Sarukkalige, R. A Review on Evapotranspiration Estimation in Agricultural Water Management: Past, Present, and Future. *Hydrology* 2022, 9, 123. <https://doi.org/10.3390/hydrology9070123>

43. World Bank. World Bank Data: Annual Freshwater Withdrawals, Agriculture (% of Total Freshwater Withdrawal). 2020. Online::

<https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.FWAG.ZS?end=2016&start=2011&view=chart>

(letöltve: 2024.04.13)

44. Yang, A. Evaluation of Evapotranspiration Estimation Methods and Their Impacts on Crop Yield Simulations; Carleton University: Ottawa, ON, Canada, 2010

# Nyilatkozat

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

## NYILATKOZAT

### a záródolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kőmives Krisztián  
A Hallgató Neptun kódja: FZOOKU  
A dolgozat címe: Az evapotranspiráció mérési módszerei és hazai szakirodalma  
A megjelenés éve: 2024  
A konzulens intézetének neve: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem  
A konzulens tanszékének a neve: Agronómia tanszék – Kaposvári Campus

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitóri rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitóri rendszerében.

Kelt: 2024 év 04 hó 24 nap

  
Hallgató aláírása

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

## NYILATKOZAT

Kőmives Krisztián (hallgató Neptun azonosítója: FZOOKU) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgotat áttekinttem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgotat/szakdolgotat/diplomadolgotat/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgotat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Kelt: 2024 év 04 hó 24 nap

  
belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.