

PÁROLGÁSBECSLÉSEK HAZAI SPÁRGA- ÉS SZŐLŐÜLTETVÉNYEKEN

ACTUAL EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATES ON HUNGARIAN ASPARAGUS FIELD AND VINEYARD

Szalai Viktor¹, Weidinger Tamás¹, Dezső József²

¹ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A., ²PTE Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6., viktor.szalai23@gmail.com, weidi@caesar.elte.hu, dezsos@gamma.ttk.pte.hu

Összefoglalás. A Diverfarming EU 2020 (No. 728003) projekt keretében a Pécsi Tudományegyetem hazai koordinálásával Jakabszálláson (spárgaföld – Nedel Market Kft.), Pécsen (Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet – PTE) és Villányban (Konkoly-dűlő, szőlőtábla – Gere Pincészet) folynak mezőgazdasági kísérletek és mikrometeorológiai mérések 2017 óta. A nemzetközi kutatás célja a talajgazdálkodás és a földművelés számára olyan agroökológiai eljárások kidolgozása, amelyek elősegítik a természetvédelmi céloknak megfelelő mezőgazdasági termelést. Ehhez nyújtanak segítséget a terepi meteorológiai mérésekre és standard meteorológiai adatokra támaszkodó potenciális és tényleges párolgásbecslések. A növényállományok potenciális evapotranspirációját vízigényként értelmezhetjük, ami kifejezi a növény optimális fejlődéséhez szükséges vízszükségletet. A havi potenciális és tényleges párolgás értékek különbsége megadja a párolgási hiány becslését, amit az öntözés-tervezésen kívül akár az aszály becsléséhez is felhasználhatnak az egyes mérőhelyeken.

Abstract. In Diverfarming EU 2020 (No. 728003) project agricultural and micrometeorological measurements have been running in Jakabszállás (asparagus field – Nedel Market Kft.), Pécs (Viticultural and Wine Research Institute – PTE) and Villány (Konkoly-dűlő, vineyard – Gere Winery) with coordination of University of Pécs from 2017. The aim of international research is to create an optimal agroecological model for farming and cultivation that helps agricultural production corresponding to environmental protection aims. For this purpose potential and actual evapotranspiration estimates are helpful and they are based on field measurements and standard meteorological data. Potential evapotranspiration of canopy (asparagus and grapes) can be interpreted as water requirements that express essential water needs for crop development. The difference between calculated monthly potential and actual evapotranspiration gives estimated values of evapotranspiration deficiency that the owners can apply for drought assessment and irrigation management for each measuring site in the future.

Bevezetés. A különböző növényállományok feletti nedvességszállítási folyamatok (a továbbiakban egyszerűen párolgás, vagy tényleges párolgás) meghatározása alapvető fontosságú az agrometeorológiában. Gondoljunk csak a talaj vízháztartására, amit egyfelől a talajtípus és a rajta lévő növényzet által befolyásolt párolgás, másfelől a csapadék, a lefolyás és a beszivárgás együttese ad meg. A párolgás meghatározására különböző bonyolultságú mérési és modellezési/számítási eljárások állnak rendelkezésre (Huzsvai et al., 2005; Ács et al., 2011; Anda et al., 2011). E módszerek közé sorolhatjuk az egyrétegű csöbör modellt, melynek alkalmazásához szükség van a potenciális evapotranspiráció becslésekre és különféle talajtani jellemzőkre (szabadföldi- és hervadásponthoz viszonyított vízkapacitás, aktuális vízkészlet, gyökérzóna vastagság – Ács et al., 2011). Elsődleges célunk, hogy a terepi mérések és a mintaterületekhez legközelebb eső szinoptikus mérőállomások adatai alapján meghatározzuk a fűfelszínre jellemző potenciális párolgás értékeket órás, napi és havi időskálákon. A fűfelszín potenciális párolgása vagy más néven a referencia evapotranspiráció az Élelmiségügyi és Mezőgazdasági Világszervezet (FAO) által megalkotott modellel (Allen et al., 1998), illetve a módosított Thornthwaite-módszerrel (Thornthwaite, 1948; McKenney és Rosenberg, 1993) is becsülhető. A referencia párolgás értékéből a vizsgált növénykultúra (esetünkben spárga és szőlő) potenciális párolgására (ET_c) következ-

tethetünk az egyváltozós növény-konstansok segítségével (Allen et al., 1998; Anda et al., 2014). A potenciális és tényleges párolgás különbsége az adott időszakra vonatkozó párolgási hiányt jelenti. A párolgáshiányos időszakok, illetve a hiány mértéke az adott térség mikroklímájára jellemző, így az erre vonatkozó eredmények felhasználhatók például az öntözés megtervezésében. A lehullott havi csapadékmennyiség és a havi ET_c közötti különbség a lokális vízháztartásról nyújt információt, a mikroklíma nedvességi viszonyairól tájékoztat. A csapadékmennyiség és az ET_c összehasonlítását leginkább éghajlati skálán értelmezhetjük szárazsági indexek előállításával (PEDCI – Precipitation Evapotranspiration Difference Condition Index – csapadék és párolgás különbségi index – Tian et al., 2020).

Anyag és módszer. *A Diverfarming program.* Az Európai Bizottság által létrehozott Horizon 2020 program része a Diverfarming projekt, amelyben 25 tudományos intézet és mezőgazdasági vállalat vesz részt szerte Európában (a program hazai honlapja: <http://www.diverfarming.eu/index.php/hu/>). A résztvevő országok, többek között Spanyolország, Németország, Egyesült Királyság és Magyarország kutatói egyebek mellett mikrometeorológiai méréseket és talajtani vizsgálatokat végeznek a környezettudatos mezőgazdasági termelés fenntartása érdekében. A megfogalmazott célok között szerepel i) a kis környezeti

terheléssel járó talajművelési módszerek kialakítása, ii) a polikultúrás növénytermesztés lehetőségének vizsgálata, iii) az optimális vízfelhasználás, iv) az üvegházhatású gázok (CH₄, CO₂, N₂O) kibocsátásának mérséklése, illetve v) a műtrágya használat csökkentése, optimalizálása. Hat különböző éghajlati adottságokkal rendelkező régió eredményeit értékelik a résztvevők (észak- és dél mediterrán, kontinentális, közép-atlanti, boreális és pannon térség). Magyarországon a Pécsi Tudományegyetem irányításával zajlanak a mérések és a kutatások.

Hazai mérési helyszínek. A magyarországi terepi méréseket három helyszínen végezzük. Az első mintaterület Jakabszálláson található, a Kiskunsági Nemzeti Park és Bugacpuszta szomszédságában elhelyezkedő spárgaföldön (Rezsek *et al.*, 2019), ami a Nedel Market Kft. tulajdonához tartozik (1. ábra). A második mérési helyszín Villány, azon belül is a Konkoly-dűlő (Dezső *et al.*, 2020), ahol a Gere Pincészethez tartozó szőlőállomány



1. ábra: A jakabszállási mérőállomás, háttérben a páfrány alakú spárganövényekkel

párolgását vizsgáltuk (2. ábra). Ezen kívül még Pécsen, a Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet telephelyén zajló meteorológiai mérések is a projekt részét képezik. Jelen tanulmányunkban az első két helyszínre, azaz Jakabszállásra és Villányra vonatkozó eredményeket ismertetjük. A párolgásbecslésekhez felhasználtuk a Jakabszálláshoz és Villányhoz légvonalban legközelebb eső OMSZ szinoptikus mérőállomások (Kecskemét és Pécs-Pogány) standard meteorológiai adatait is, a hiányzó mérések teljes vagy részleges helyettesítésére, illetve pótlására. A mérési adatok teljes helyettesítésére elsősorban Jakabszállás esetén volt szükség a vizsgált időszakban. A számításokhoz felhasznált meteorológiai állapotjelzők közé tartozik

a léghőmérséklet, relatív nedvesség, szélsősebesség, felhőzet vagy napfénytartam és a csapadékmennyiség.

A spárga főbb jellemzői. A spárga egyszeri vetéssel akár több éven keresztül is termesztendő, ami az évelő növények sajátossága. Magyarországon április végére tehető a spárgasípok kelési ideje, ami a spárgaszüret kezdete is egyben. A szüreti időszak június elejéig/közepéig tart hazánkban (Barnóczky *et al.*, 2010). A sípok ezt követően jellegzetes páfrányokká növekednek, melyek az ősz végére elszáradnak. A spárga gyökeresedési mélysége 2–2,5 méter, azonban a gyökérzet túlnyomó többségét a talaj legfelső 20–26 cm-es rétegében találjuk (Balázs, 2004). A spárga tenyészidőszaka tehát április második fele és december eleje közti időszakra tehető, jellemzően a homok-vályog keverékből álló talajokon termesztendő.

A Villányi szőlők. Hazánk egyik legjelentősebb, nagy hagyományokkal rendelkező villányi borvidéke



2. ábra: A villányi szőlőültetvények mellett üzemeltetett mikrometeorológiai állomás

2100 hektár kiterjedésű. A szőlő tenyészidőszaka április eleje és október utolsó harmada közé esik Magyarországon (Mesterházy *et al.*, 2018). Villány kb. 250 méterrel fekszik a tengerszint felett. Ez hazánk legmelegebb, legnaposabb borvidéke. Mintaterületünket, a Konkoly-dűlőt helyenként 20%-os meredekségű lejtők jellemzik, melyek látványos képet adnak az itt lévő szőlőállományokról. A talajtakaró vályog és agyag keverékből áll. A szőlő gyökérrendszere jellemzően a felső 1–2 méteres talajmélységben található, csak ritkán fordul elő, hogy a gyökértörzstől számítva 3–4 méternél is nagyobb mélységig húzódik (Bényei *et al.*, 1999). A délies lejtők és a földrajzi fekvésből adódó jelentős napfénytartam, illetve az

agyagos talajok különösen kedveznek az itt folyó szőlő-termesztési munkáknak.

Potenciális/Referencia párolgás meghatározása. Általános értelemben a nedves talajú fűfelszín vízgőz fluxusát szokták potenciális párolgásnak nevezni. A referencia evapotranspiráció (ET_0) fogalma pontosítja ezt a meghatározást, rögzíti a fűfelszín bizonyos karakterisztikáit, mint például a magasságát (0,12 m), albedóját (0,23) és felszíni ellenállását (70 sm^{-1}). Az általános érvényű havi potenciális párolgást (PET) a módosított Thornthwaite-módszerrel (Thornthwaite, 1948; McKenney és Rosenberg, 1993) számoltuk:

$$PET [\text{mmhónap}^{-1}] = 16 \left(\frac{L}{12}\right) \left(\frac{N}{30}\right) \left(\frac{10T}{I}\right)^a \quad (1)$$

ahol L a nappalok hosszának havi átlaga [óra], N az adott hónap napjainak száma, T havi átlaghőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$], I évi hőindex [$^{\circ}\text{C}$], a pedig évi hőindexből függő paraméter.

A referencia párolgást napi skálán a Penman-Monteith közelítésen alapuló FAO-56 módszerrel (Allen et al., 1998) becsültük:

$$ET_0 [\text{mmnap}^{-1}] = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + C_d u_2)} \quad (2)$$

ahol R_n sugárzásegyenleg [$\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\text{nap}^{-1}$], G talajhőáram [$\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\text{nap}^{-1}$] T napi átlaghőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$], u_2 szélesség értéke 2 méteren [ms^{-1}] e_s , e_a napi átlagos telítési illetve aktuális gőznyomás [kPa], γ pszichrometrikus állandó [$\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$], $C_n = 900$ és $C_d = 0,34$ dimenziótlan állandók, Δ pedig a telítési gőznyomás és a hőmérséklet exponenciális kapcsolatát leíró görbe meredekségét fejezi ki [$\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$], aminek értéke jó közelítéssel 0,02 és 0,35 $\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$ között változott számításaink során. A 2 méteres szintre vonatkozó szélességet a 10 méteren mért szélesség értékekből becsültük logaritmikus változást feltételezve. Megjegyzendő, hogy napi skálán a G talajhőáram értéke elhanyagolhatóan kicsi a sugárzásegyenleghez képest.

Órás adatok alapján a standardizált ASCE (American Society of Civil Engineers) Penman-Monteith ET_0 módszerrel (Allen et al., 2005) határoztuk meg a referencia párolgást. Az alapegyenlet megegyezik (2)-vel, azonban a dimenziótlan állandók eltérő értékeket vesznek fel ($C_n = 37$; $C_d = 0,24$ a nappali és $C_d = 0,96$ az éjszakai órákban). Az óras sugárzásegyenleg számítása eltér a napi módszertől, mert a szoláris időszög 30 percenkénti értékei alapján tudjuk meghatározni a Nap horizont feletti magasságát, vagyis a nappali, illetve éjszakai órákat. Ezen kívül a felhőzet sugárzasmódosító hatását kifejező felhőzeti függvény parametrizálása is korrekcióra szorul (Allen et al., 2005). A nappali órákban a talajhőáram értékét a sugárzasmérleg 0,1-szereseként, míg az éjszakai időszakban 0,5-szereseként vettük számításba.

Tényleges párolgás becslése a növénykonstansok és a talajjellemzők figyelembevételével. A spárga- és szőlő-

állományok tényleges párolgását (AET_{crop}) a növénykonstansokkal korrigált egyrétegű csöbör modell felhasználásával számítottuk. A spárgára jellemző növénykonstans 0,3–1,1, míg szőlő esetén 0,3–0,7 között változott a fenológiai fázisoknak (kezdeti-, fejlődési-, érési és késői időszak) megfelelően (Allen et al., 1998; Pardo et al., 1996; Tam et al., 2005). Az egyes fázisok hosszát Allen et al. (1998) alapján állapítottuk meg, melyek között a növénykonstans lineáris változását tételeztük fel. Az egyrétegű csöbör modellben rendkívül nagy szerepe van a talajkarakterisztikáknak is (θ aktuális talajnedvesség) és a vizsgált talajszelvény, vagy más néven aktív gyökérszóna vastagságának, hiszen a talaj vízmegtartó képessége (pórusainak mérete) döntően befolyásolja a felszíni párolgást. A talajnak ezek a tulajdonságai tükröződnek vissza a θ_f szabadföldi és θ_w hervadásponthoz tartó vízkapacitás értékekben (vályogos agyag: $\theta_f = 387 \text{ mm/m}$ és $\theta_w = 175 \text{ mm/m}$; homokos vályog: $\theta_f = 274 \text{ mm/m}$ és $\theta_w = 105 \text{ mm/m}$). A tényleges párolgás becslésére az alábbi módszert alkalmaztuk:

$$AET_{crop_i} [\text{mmnap}^{-1}] = \beta_{i-1} K_{c_i} ET_{0_i} \quad (3)$$

ahol AET_{crop_i} az állomány tényleges párolgása az i -edik napon, K_{c_i} a növénykonstans értéke az i -edik napon, ET_{0_i} az i -edik nap referencia párolgása és

$$\beta_{i-1} = \frac{\theta_{i-1} - \theta_w}{\theta_f - \theta_w} \quad (4)$$

paraméter a talajnedvességi karakterisztikák függvénye. Kezdeti feltételként (január 1.) a talajt telítettnek tekintettük, tehát az aktuális vízkészlet a szabadföldi vízkapacitás értékével egyezett meg. A következő időpontokban (napokban) pedig a lehullott csapadékmennyiség és a számított tényleges párolgás különbsége jelentette a talajnedvesség tartalom változását (csöbör közelítés). A FAO irányelve szerint a gyökérszóna maximális vastagsága szőlő esetén 1–2 méter, míg spárgánál 1,2–1,8 méter (Allen et al., 1998). A párolgás becslések során ezért mindkét növénykultúrára átlagos mélységet, 1,5 méter vastagságú zónát tételeztünk fel, ami a vízkapacitás értékekben mutatkozott meg.

Eredmények és értékelésük. Havi referencia és potenciális párolgási adatsorok összehasonlító elemzése. Elsőként tekintünk a Jakabszállásra vonatkozó referencia párolgási eredményeinket 2017. január és 2020. március közti időszakban! A legnagyobb havi ET_0 értékek 2017 nyarán fordultak elő 170 mm-es júniusi maximum mellett. Az eredmények azt mutatják, hogy a január–februári időszakban évről évre növekszik az ET_0 értékek, ez a tendencia pedig 2020-ban is folytatódott. A 2017. első két hónapjában tapasztalt 22 mm-es referencia párolgás 2020-ra 53 mm-re emelkedett, vagyis több, mint a kétszeresére nőtt. Ez egyértelműen kapcsolatba hozható a január–februári időszak átlaghőmérsékletének emelkedésével, hiszen 2017-ben ez $-1,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 2020-ban pedig $+2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ volt. Ez 3 éves időszakban is jól mutatja éghajlaltunk változékonyságát. Az évi átlagos ET_0 966 mm-nek

adódott a FAO-56 módszer szerint, míg a módosított Thornthwaite-módszerrel számítva átlagosan 23%-kal kisebb ez az érték. Ennél nagyobb alulbecslések tipikusan a téli évszakban jelentkeztek, a nyári hónapokban viszont átlagosan 11% volt a különbség a két módszer között. Megjegyezzük, hogy a téli hónapokban kis párolgási értékek jellemzők. Spárgaállomány esetén a referencia párolgásból számított átlagos potenciális párolgás a tenyészidőszak során (április 21.– december 5.) 575 mm

Tényleges párolgás eredmények kombinált talaj-növénymodell alkalmazásával. Spárga állomány. A spárga jellegzetes növényfejlődési fázisai miatt a potenciális párolgáshoz hasonlóan a tényleges párolgást is a tenyészidőszakra vonatkozóan ismertetjük. A spárga állományra kapott potenciális és tényleges párolgás eredményeinket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Jakabszálláson az április 21.-december 5-ig tartó te-

1. táblázat: A jakabszállási spárgaültetvények potenciális és tényleges párolgása [mm] a tenyészidőszak hónapjaiban (2017–2019, április 21.– december 5.)

Év	Hó	ET _c	AET _c	Év	Hó	ET _c	AET _c	Év	Hó	ET _c	AET _c
		[mm]	[mm]			[mm]	[mm]			[mm]	[mm]
2017	április	10	10	2018	április	14	13	2019	április	11	10
2017	május	39	38	2018	május	45	40	2019	május	30	29
2017	június	78	72	2018	június	58	56	2019	június	71	68
2017	július	154	130	2018	július	140	111	2019	július	146	105
2017	augusztus	161	102	2018	augusztus	155	88	2019	augusztus	159	80
2017	szeptember	88	46	2018	szeptember	93	46	2019	szeptember	90	40
2017	október	46	29	2018	október	53	21	2019	október	45	20
2017	november	12	8	2018	november	14	6	2019	november	11	7
2017	december	0,4	0,4	2018	december	0,6	0,3	2019	december	0,3	0,2
Összeg		589	436	Összeg		573	381	Összeg		564	358

volt, 155–161 mm közötti augusztusi maximum értékekkel.

Villányban kisebb referencia párolgást állapítottunk meg, az évi átlag itt 871 mm. A legnagyobb havi ET₀ 2017. júliusában fordult elő 163 mm-rel. A január–februári időszakok referencia párolgása itt is kétszeresére nőtt (2017: 10 mm; 2020: 20 mm), az első két hónap átlaghőmérséklete pedig megközelítőleg 4 °C-kal volt magasabb 2020-ban (4,1 °C), mint 2017-ben (0,5 °C). Megállapítható tehát, hogy nagy az évek közötti változékonyság. A Thornthwaite-módszerrel becsülve itt átlagosan 13%-kal kisebb az évi PET nagysága, mint a referencia párolgás. Előfordultak olyan hónapok is (tipikusan a november), amikor felülbecslést tapasztaltunk (2019. november: 14 mm, FAO-56 és 23 mm, Thornthwaite), de ezek kis abszolút értékek már összfel. Általánosságban a téli és tavaszi hónapokban tapasztaltuk az átlagnál nagyobb százalékos eltéréseket a két módszer között (alacsony havi párolgási értékek). Ami a szőlőállomány tenyészidőszakára (április 1.– október 28.) vonatkozó potenciális párolgást illeti, a referencia párolgás alapján az átlagos ET_c 428 mm volt Villányban, a maximumok pedig júliusban fordultak elő (89–114 mm).

Referencia párolgás órás és napi adatok alapján. Jakabszállás esetén órás meteorológiai adatokból (ASCE-PM módszer) meghatároztuk az óránkénti referencia párolgást is, majd ezeket összegezve havi illetve évi ET₀ becsléseket végeztünk. Az így kapott évi ET₀ eredmények átlagosan 6%-kal haladták meg a napi adatokra épülő ET₀ becsléseket. Az évi átlagos ASCE-PM ET₀ 1031 mm.

nyészidőszakban a spárga átlagos tényleges párolgása 392 mm, 2017–2019 között pedig csökkenő tendenciát figyeltünk meg a párolgás értékekben. Becsléseink szerint 2017-ben 436 mm, 2018-ban 381 mm, 2019-ben pedig már csupán 358 mm volt AET_c értéke a spárga tenyészidőszakában. Ez kapcsolatba hozható a lehullott csapadékmennyiséggel, bár annak csökkenése nem mutatható ki egyértelműen (2017: 414 mm, 2018: 368 mm, 2019: 424 mm). A 2019. évi legkisebb tényleges párolgás azzal magyarázható, hogy április 21-től november 1-ig csak 339 mm csapadék hullott, ezen belül a július–augusztusi időszak különösen száraz volt az előző évekhez képest (2017: 100 mm; 2018: 103 mm; 2019: 55 mm). Bár november 1-től a tenyészidőszak végéig több, mint 80 mm csapadék hullott, az alacsonyabb hőmérsékleteknek köszönhetően az ültetvények potenciális párolgása, és ezáltal a tényleges párolgás ekkor már nem olyan intenzív, mint az azt megelőző hónapokban.

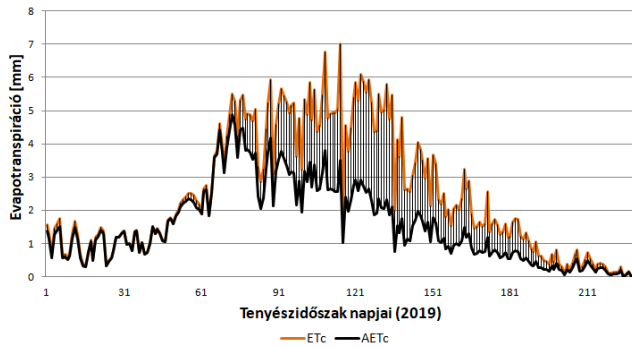
Megemlíthető, hogy a Thornthwaite-módszer havi PET értékeiből napi PET is származtatható (hónap napjainak számával való osztás után), amiből napi AET_c becsléseket végeztünk (3) egyenlet alapján. A Thornthwaite-féle tényleges párolgásbecslések közel állnak a FAO-56 referencia párolgásból származó AET_c eredményekhez, az átlagos alulbecslés csupán 8%. Ez arra enged következtetni, hogy a referencia párolgásnál tapasztalt több, mint 20%-os átlagos alulbecslés ellenére a növényállomány tényleges párolgását elfogadható pontossággal tudjuk becsülni a módosított Thornthwaite-módszerrel is. A spárgaállomány potenciális és tényleges párolgásának különbségével definiált párolgási hiány átlagos értéke 184 mm/tenyészidőszak (mm/t) volt Jakabszálláson (maximum 2019: 206 mm/t). A legnagyobb párolgási hiányt

minden évben az augusztus–szeptemberi időszakban figyeltük meg, 102–130 mm közötti értékekkel (augusztus: 59–79 mm; szeptember: 42–51 mm). A 3. ábrán grafikonon ábrázoltuk a 2019. évi tenyészidőszak napjain becslült potenciális és tényleges párolgás értékeit, ekkor volt a legnagyobb a párolgási hiány, amit szürke színű satírozott vonalak érzékeltetnek.

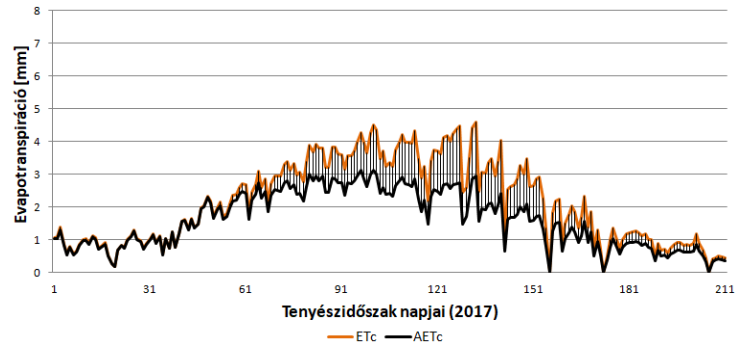
Szőlőállomány. A villányi szőlőültetvények területén végzett vizsgálataink szerint az állomány átlagos tényle-

kétszeres a különbség az előző évekhez képest (2017 és 2018: 223 és 224 mm; 2019: 462 mm). Megjegyezzük, hogy a 2019. évi csapadékmennyiséget a pécs-pogányi meteorológiai állomás adataival helyettesítettük. Az átlaghőmérséklet a 2017. évi alacsonyabb értékhez állt közelebb (18,1 °C/tenyészidőszak).

Szőlőállomány esetén a Thornthwaite-féle tényleges párolgás becslése átlagosan 5%-kal kisebb, mint a FAO-56 referencia párolgásból származó értékek. Ez az eredmény



3. ábra: Spárga állomány napi ET_c (narancs) és AET_c (fekete) értékei a 2019. évi tenyészidőszakban (Jakabszállás, április 21.–december 5.)



4. ábra: Szőlő állomány napi ET_c (narancs) és AET_c (fekete) értékei a 2017. évi tenyészidőszakban (Villány, április 1.–október 28.)

2. táblázat: A villányi szőlőállomány potenciális és tényleges párolgása [mm] a tenyészidőszak hónapjaiban (2017–2019, április 1.–október 28.)

Év	Hó	ET_c [mm]	AET_c [mm]	Év	Hó	ET_c [mm]	AET_c [mm]	Év	Hó	ET_c [mm]	AET_c [mm]
2017	április	26	25	2018	április	32	31	2019	április	25	24
2017	május	51	49	2018	május	55	50	2019	május	34	33
2017	június	95	76	2018	június	75	68	2019	június	89	85
2017	július	114	80	2018	július	99	86	2019	július	89	83
2017	augusztus	101	63	2018	augusztus	92	72	2019	augusztus	94	87
2017	szeptember	40	28	2018	szeptember	51	43	2019	szeptember	51	42
2017	október	21	16	2018	október	25	21	2019	október	25	23
Összeg		448	337	Összeg		429	371	Összeg		407	377

ges párolgása az április 1.–október 28. közé eső tenyészidőszakban 362 mm/t. A villányi potenciális és tényleges párolgásbecsléseink a 2. táblázatban láthatók.

A jakabszállási eredményekkel ellentétben Villányban növekedett a tényleges párolgás értéke 2017 és 2019 között (2017: 337 mm/t; 2018: 371 mm/t; 2019: 377 mm/t). A 2018. évi növekedés oka viszont nem a csapadékmennyiség változása, hanem az átlaghőmérséklet emelkedése volt. 2018-ban ugyanis a tenyészidőszakban 26 mm-rel kevesebb csapadék hullott, mint 2017-ben (344 mm/t → 318 mm/t), az átlaghőmérséklet viszont 18,4 °C-ról 19,5 °C-ra változott az időszak során, ami kedvező hatással volt a párolgásra (itt is jól látszik az évek közötti változékonyság). Ezzel szemben a 2019-ben tapasztalt legnagyobb tényleges párolgás egyértelműen a megnövekedett csapadékmennyiségnek köszönhető (546 mm/t), az április–augusztusi időszakban több mint

megerősíti a korábbi következtetésünket, azaz a módosított Thornthwaite-féle AET_c csupán néhány százalékkal tér el a referencia módszer AET_c becslésétől. A villányi szőlőállomány párolgási hiányának átlagos értékét 66 mm/t-re becsültük. A legnagyobb párolgási hiány 2017-ben fordult elő, ekkor több mint 111 mm víz hiányzott a talajból a szőlő vízigénye szempontjából. A 2019. évi megnövekedett csapadékmennyiségnek köszönhetően ez az érték 29 mm-re csökkent, ami a legkisebb a 2017–2019 közti időszakban. A 2017-es napi ET_c ill. AET_c értékeket láthatjuk a 4. ábrán, ahol a párolgási hiányt Jakabszálláshoz hasonlóan szürke vonalak szemléltetik.

Érzékenységi vizsgálatok – talajréteg (gyökérzóna) vastagság változása. Spárga állomány. Az egyrétegű csöbör modellben alapvetően 1 méter a gyökérzóna vas-

tagsága. Megvizsgáltuk, hogy mennyivel kisebb az állomány párolgása, ha az általunk használt 1,5 méter helyett ezzel a rétegvastagsággal számolunk. Spárga esetén átlagosan 10%-os eltérést figyeltünk meg a tenyészidőszakra vonatkoztatott évi párolgás értékekben.

Szőlőállomány. A villányi szőlőültetvényeknél átlagosan 5%-kal volt kisebb az évi párolgás 1 m-es gyökérszóna mélység esetén. A legnagyobb különbséget 2017-ben tapasztaltuk 8,3%-os eltéréssel. Ez azt mutatja, hogy a szőlőállományok kevésbé érzékenyek a gyökérszóna megválasztására. Ennek oka vélhetően az agyagos talaj, mely nagyobb szabadföldi vízkapacitással (vízmegetartó képességgel) rendelkezik, mint a homoktartalmú felszín.

Következtetések. Vizsgálataink során párolgás becsléseket készítettünk a jakabszállási spárgaföld és a villányi szőlőállomány területére. Mind a potenciális párolgás, mind a párolgási hiány tekintetében Jakabszálláson figyeltük meg a nagyobb értékeket, a tenyészidőszakra számított átlagos tényleges párolgásban viszont csupán 30 mm különbséget tapasztaltunk a két helyszín között (a nagy távolság, az eltérő hosszúságú tenyészidőszak és a különböző növényzet ellenére). A tenyészidőszak hónapjaira kapott párolgás becsléseink segítségül szolgálhatnak az öntözővíz gazdaságos és tudatos használatához, az évek közötti változékonyság azonban ezt megnehezítheti. A párolgáshiány értékek éghajlati idősorba illesztése lehetővé teszi a lokális szárazság vizsgálatokat, illetve a térség mikroklimájának tanulmányozását. A gazdasági döntésekhez azonban naprakész információk kellene, amit a helyi meteorológiai és talajnedvesség mérések adhatnak meg legpontosabban.

Köszönetnyilvánítás

A Szerzők köszönetet mondanak a Diverfarming EU 2020 (No. 728003) projekt támogatásáért. Szintén köszönettel tartozunk Ács Ferencnek (ELTE Meteorológiai Tanszék) a hasznos konzultációkért.

Irodalom

- Ács, F., Breuer, H., Szász, G., 2011. Estimation of actual evapotranspiration and soil water content in the growing season. *Agrokémia és Talajtan*, 1st online edition, selected and revised English versions of Hungarian *Agrokémia és Talajtan* 60, Supplementum 57–74.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration — guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and drainage paper* N° 56. ISBN 92-5-104219-5
- Allen, R. G., Walter, I. A., Elliott, R. L., Howell, T. A., Idenfis, D., Jensen, M. E., Snyder, R. L., 2005: The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation. Reston, VA: American Society of Civil Engineers.. Publication #199130, pp. 59
- Anda, A., Kocsis, T., Kovács, A., Tókei, L. és Varga, Z., 2011. Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek.

- Mezőgazda Kiadó*, Digitális Tankönyvtár, <http://mezogazdakiado.hu/>, ISBN 978-963-286-598-0
- Anda, A., Soós, G., 2014. A nád (*Phragmites Australis*) párolgása a Balaton környékén. *Léggör* 59, 145–149.
- Balázs, S., 2004. Zöldségtermesztők kézikönyve. *Mezőgazda Kiadó*, Digitális Tankönyvtár. ISBN 963 8439 37 8
- Barnóczki, A., Csontos, Gy., Deme, P., Fehér, B., Glits, M., Gólya, E., Gyúró, J., Hájos, M., Hodossi, S., Hraskó, I., Inczedy, P., Kapitány, J., Kovács, A., Nagy, Gy., Nagy, J., Némethy, Z., Ombódi, A., Péntes, B., Slezák, K., Terbe, I., Tóthné-Taskovics, Zs., Zatykó, F., 2010. Zöldségtermesztés szabadföldön. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest, pp 309 ISBN 963 286 166 3
- Bényei, F., Lőrincz, A., Szendrődy, Gy., Sz. Nagy, L., Zanathy, G., 1999. Szőlőtermesztés. *Mezőgazda Kiadó*, Digitális Tankönyvtár. <http://mezogazdakiado.hu/>, ISBN 978-963-286-446-4
- Dezső, J., Lóczy, D., Rezek, M., Hüppi, R., Werner, J., Horváth, L., 2020. Crop growth, carbon sequestration and soil erosion in an organic vineyard of the Villány Wine District, Southwest Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin* 69, 281–298. doi: 10.15201/hungeobull.69.3.4
- Huzsvai, L., Rajkai, K., Szász, G., 2005: Az agroökológia modellezéstechnikája. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Digitális Tankönyvtár*. <https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/agrookologia/index.html>
- McKenney, M. S., Rosenberg, N. J., 1993. Sensitivity of some potential evapotranspiration estimation methods to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* 64, 81–110. doi.org/10.1016/0168-1923(93)90095-Y
- Mesterházy, I., Mészáros, R., Pongrácz, R., Bodor, P., Ladányi, M., 2018. The analysis of climatic indicators using different growing season calculation methods – an application to grapevine grown in Hungary. *Időjárás* 122, 217–235. doi: 10.28974/idojaras.2018.3.1
- Pardo, A., Arbizou, J., Suso, M. L., 1996. Evapotranspiration and crop coefficients in white asparagus. *Acta Horticulturae* 449, 187–192. doi: 10.17660/ActaHortic.1997.449.25
- Rezek, M., Dezső, J., Lóczy, D., Tarjányi, F., Zornoza, R., 2019. Crop Diversification for Asparagus in the Pannonian Pedoclimatic Region: Opportunities and Constraints. *Agricultural Research and Technology* (Short Communication) 23(1). doi: 10.19080/ARTOAJ.2019.23.556221
- Tam, S., Nyvall, T. J., Brown, L., 2005. B.C. Irrigation Management Guide. Irrigation Industry Association of British Columbia, Prepared by B.C. Ministry of Agriculture, Food and Fisheries Resource Management Branch, Edited by Ted W. van der Gulik. Published by Irrigation Industry Association of British Columbia. pp. 52. ISBN 0-7726-5382-8
- Thornthwaite, C. W., 1948. An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*. 38, 55–94. doi: 10.2307/210739
- Tian, L., Leason, Z. T., Quiring, S. M., 2020. Developing a hybrid drought index: Precipitation Evapotranspiration Difference Condition Index. *Climate Risk Management* 29, 100238. doi: 10.1016/j.crm.2020.100238 www.x-mol.com/paperRedirect/1286788089837699072