

SZAKDOLGOZAT

Valasek Mónika

2023



MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
SZENT ISTVÁN CAMPUS
KÖRNYEZETTUDOMÁNYI INTÉZET
MEZŐGAZDASÁGI VÍZGAZDÁLKODÁSI MÉRNÖK MESTERSZAK
LEVELEZŐ TAGOZAT

Az AgroVoda vízgazdálkodási szoftver tervezése és használhatóságának lehetőségei

Belső konzulens	Dr. Futó Zoltán tanszékvezető, egyetemi docens
Belső konzulens intézete/tanszéke	Környezettudományi Intézet Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszék
Készítette	Valasek Mónika Mezőgazdasági vízgazdálkodási mérnök hallgató

Szarvas
2023

Tartalom

1	Bevezetés és célkitűzések.....	2
2	Szakirodalmi áttekintés	4
2.1	Vízgazdálkodás, mint komplex szemléletmód	4
2.1.1	A talaj.....	5
2.1.2	Agrotechnika	7
2.1.3	Növény faj és fajta.....	8
2.1.4	Domborzati adottságok.....	9
2.1.5	Meteorológiai adatok használata	10
2.2	Belvízkezelés lehetőségei.....	11
2.3	Aszálymonitorozás lehetőségei	11
2.4	Öntözés.....	13
2.4.1	Önjáró öntözőberendezések ismertetése.....	14
2.4.2	Öntözés automatizálása	16
2.5	Vízgazdálkodási szoftverek.....	18
3	Alkalmazott módszerek	19
4	Eredmények és értékelésük	25
4.1	Felhasználói kérdőív és piackutatás	25
4.1.1	Felhasználói kérdőív.....	25
4.1.2	Piackutatás.....	29
4.2	Versenytárs elemzés	29
4.3	Kezdeti adatok felmérése	31
5	Következtetések és javaslatok	33
6	Összefoglalás.....	36
7	Irodalomjegyzék	38

1 Bevezetés és célkitűzések

Napjainkra a népességnövekedéssel együtemben létfontosságú kérdéssé vált a mezőgazdasági termelés biztonságossá tétele, mely képes egyenletesen fenntartható termelésre. Fontos, hogy a mezőgazdaság bár erősen kitett ágazata a környezeti tényezőknek (Iglesias és Garotte, 2015), (Moreno et al. 2012), ezen az újabb technológiák segítségével már javítani lehet, vagy legalábbis a károk mérséklése lehetséges.

Az új kihívások mellett a gazdálkodó szakembereknek minden korábbinál jobban ügyelniük kell a környezetük (Tóth, 2002), és termőföldjeik minőségének megőrzésére, amely sok eseten már a magyar jogrendszerbe beépülő kötelezettségük is.

A növénytermesztési ágazat a következő években hatalmas kihívások elé néz és ebben kiemelt szerepet kap a termesztett növénykultúrák részére elérhető víz mennyiségének (Delirhasannia et al. 2010) és egyben minőségének kérdésköre is. Bár minden tekintetben összetett folyamatként kell gondolni a jövőben a vízgazdálkodás összes szegmensére, mégis nem elhanyagolható tény, hogy maga az öntözés az egyik leghatásosabb és úgyszólván a leggyorsabb módszer a hiányzó csapadék pótlására (Perry et al. 2002).

Az öntözőrendszerek kulcsszerepet játszanak a mezőgazdaságban, mivel éltető elemként szolgálnak a növények és a táj fenntartásához egyaránt. Jelentőségüket nem lehet eléggé hangsúlyozni különösen azokban a régiókban, ahol a természetes csapadékmennyiség elégtelen vagy rosszul oszlik el. A hagyományos öntözési, mint például az árvízi öntözés, hihetetlenül pazarlóak lehetnek, ami túlzott vízfelhasználáshoz és energiafogyasztáshoz vezethet. Egy olyan korban, amikor a megőrzés a legfontosabb, elengedhetetlen az innovatív és környezetbarát öntözőrendszerek bevezetése, amelyek optimalizálják a vízfelhasználást és minimalizálják az energiafogyasztást (Tóth, 2002). Ezek a rendszerek nemcsak az értékes vízkészletet őrzik meg, hanem csökkentik a mezőgazdaság általános környezeti hatását is.

Hazánk földtulajdonosi rendszere sok esetben nem tette azonban lehetővé az öntözési rendszerek kiépítésének lehetőségét, így ezeken a területeken szükséges a gazdálkodókat más módszerek segítségével az aszály és a belvíz elleni küzdelemben segíteni. Szükséges egy olyan rendszer kiépítése mely alkalmazásával a gazdálkodók és mezőgazdasági vállalkozók a vízgazdálkodási gyakorlatukat gazdaságilag életképessé és fenntarthatóvá teszik.

Összefoglalva, mivel világunk a növekvő népesség és változó éghajlat kihívásaival küzd, a víz- és energiatakarékos öntözőrendszerek és a komplex vízgazdálkodási szemlélet felkarolása

nemcsak választás, hanem szükségszerűség. Ezek a rendszerek és szemléletmódok egy fenntarthatóbb jövő felé vezető utat jelentenek, ahol a mezőgazdaság kielégítheti a növekvő népesség igényeit, miközben tiszteletben tartja természeti erőforrásaink véges természetét. A fejlett vízgazdálkodási technológiák átgondolt megvalósításával, alkalmazásával biztosíthatjuk az élelmiszertermelést, megőrizhetjük a vizet és minimalizálhatjuk ökológiai lábnyomunkat, kikövezve az utat egy zöldebb és fenntarthatóbb bolygó felé.

Jelen diplomamunka célja a Hungarian Startup University Program keretén belül elindított AgroVoda szoftver tervezésének és felhasználási lehetőségeinek bemutatása, amely a gazdálkodók általános vízgazdálkodási problémáira nyújt komplex megoldást.

2 Szakirodalmi áttekintés

2.1 Vízgazdálkodás, mint komplex szemléletmód

Elterjedt tévhit, hogy a mezőgazdasági vízgazdálkodás csak az öntözést foglalja magába. A téma ennél sokkal összetettebb. Úgy, mint minden más nemzet esetében, Magyarországon is igen eltérő problémákkal kell szembenéznie az agrárium szakembereinek a vízgazdálkodást tekintve.

Talajaink védelme érdekében időszerű volt az agrár támogatások megreformálása. Az új Közös Agrárpolitikai stratégia (KAP) 2023-tól került bevezetésre és májustól kezdődően a gazdálkodóknak már az új rendszer követelményei szerint kellett összeállítaniuk a területalapú támogatási igényléseiket. Ezen új agrártámogatási szisztéma rendelkezik két olyan fő pillérrel, amelyek jelentősen javíthatják a hazai termőföldek talajnedvességgazdálkodását. A Fenntarthatóságot elősegítő alaptámogatás, rövidebb nevén BISS (Basic Income Support for Sustainability), jó pár olyan feltételt szab a gazdálkodóknak, amelyek jelentősen hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a földművesek megértsék a vízvi sszatartás fontosságát földjeik esetében is. A *Helyes Mezőgazdasági és Környezeti Állapot* (HMKÁ) gyakorlatai közül ide sorolható a felszíni vizek közelében kialakított vízvédelmi sávokhoz tartozó szabályozás mely kimondja, hogy a sávokon belül tilos a növényvédőszer használat. A HMKÁ6 esetében pedig a gazdálkodóknak kötelezően törekedniük kell a talajtakarásos megoldásokra, ezzel is megelőzve a szél és vízeróziós károk növekedését, valamint a csapadék talajszerkezet romboló hatásának növekedését

Hazánk klimatikus adottságaira jellemző, hogy területén nagy vízmennyiség van jelen, azonban mindeközben sokkal kitettebb az aszályveszélynek, illetve a csapadék mennyisége egyenlőtlen eloszlást mutat (Lengyel et al. 2008; Láng et al. 2007; Kereszturszky et al. 1998). Bár öntözésre az ország domborzatát és kiépített vízkivételi lehetőségeit tekintve nem mindenhol van lehetőség, megfelelő szemléletmóddal az öntözésre nem alkalmas területek vízgazdálkodása is javítható bizonyos határokon belül. Mezőgazdasági szempontból nagy hiba azt gondolni, hogy a vízpótlás kérdése az öntözéssel egyszer s mindenkorra megoldódik. Az a gazdálkodó, aki nem összefüggésekben gondolkozik, az bár ideiglenes megoldásra lel az öntözés alkalmazásában, hosszútávon azonban újból szembe kell majd néznie a fellépő vízhiány és talajromlás problémáival. Az öntözés nem megfelelő kivitelezése legalább akkora károkat okozhat a talajban, mintha nem alkalmaznánk öntözést egy súlyosan aszályos idényben.

A megfelelő vízgazdálkodás tehát komplex szemléletmódot követel (Tóth, 2002). A szemlélet lényege, hogy egyidejűleg több komponenst és környezeti tényezőt veszünk figyelembe, ezek ugyanis sokszor egymásra is hatással vannak. Ezek a komponensek lényegében a növényi adatokból, az agrotechnikából, a talaj tulajdonságaiból, domborzatból és a meteorológiai adatokból állnak. Együttes figyelembevételükkel jelentősen javítható egy adott terület vízgazdálkodása.

2.1.1 A talaj

Egy gazdálkodó legfontosabb feladata területeinek talajtani tulajdonságainak megismerése. Ezek feltérképezésével a mezőgazdasági vállalkozó akár öntözés nélkül is sikeresen javíthat az egyéb vízgazdálkodási problémákból adódó kár mértékén. A talaj esetében szükséges felmérni annak talajfizikai jellemzőit melyek a szemcseösszetétel, térfogattömegből, sűrűségből, porozitásból és egyéb vízgazdálkodási tényezőkből tevődnek össze.

A három talajfrakció -agyag, iszap, homok- előfordulási aránya nagyban befolyásolja a talaj vízgazdálkodási tulajdonságait. Egy táblán belül célszerű több mintavételezéssel dolgozni ugyanis a textúrák igen diverzek lehetnek akár pár méteres területen belül is. Agyagtalajról beszélünk, ha az agyagfrakció aránya 40% feletti, míg az iszap 40% a homok pedig 45% alatti. Homoktalajoknál a homokfrakció aránya 85% feletti, az agyag 10% alatti. Vályogtalajról pedig akkor beszélhetünk, ha az agyag 7-27% között mozog, az iszap 25-50%, míg a homok 23-50% között (Fülek 2004). Ezek egyszerű gyűrőpróbával akár a mintavételezés helyszínén is megállapíthatók, laborban pedig kiegészíthető ülepedési vizsgálatokkal is.

A homoktalajokra jellemző, hogy gyorsan, akár nagyobb mennyiségű víz képes beszivárogni míg mindeközben ugyanekkora mértékű víz egy erősen kötött vályogtalajon tócsák kialakulásához vezethet. Kötöttebb talajaink jobban raktározzák a vizet és az hosszabb ideig felhasználható a termesztett kultúrák számára. Ezzel szemben a homoktalaj egyik ismertetője, hogy kevés kolloidot tartalmaz ezért nem jó vízraktározó talajtípus (Fülek 2004). A talaj szemcseösszetétele tehát nagyban befolyásolja a szükséges öntözővízadagot és az öntözés gyakoriságát is.

Ugyancsak hasznos információval szolgálhat a talajok sűrűségének (Fs) és térfogattömegének (Ts) ismerete. Ezek értékeire ugyanis részben hatással van a talaj víztartalma is. A talaj sűrűségének mérésére a piknométer használatos a gyakorlatban (Fülek 2004).

A pórustérfogat (P) azaz az összporozitás segítségével a talaj mikro- és mezopórusainak felmérése lehetséges. Ezek felelnek a talajban történő víz visszatartásért és raktározásáért. Az optimális porozitás nagyságrendileg 50-60% közötti értékre tehető. Homoktalajoknál ez az érték 42%/+/-7%, vályog esetében 45%/+/-8% míg agyag esetében 55%/+/-5%. Ennek számítására az alábbi képlet használatos (1.egyenlet):

1. egyenlet: Pórustérfogat számítása

$$P = 1 - \frac{T_s}{F_s} * 100$$

ahol,

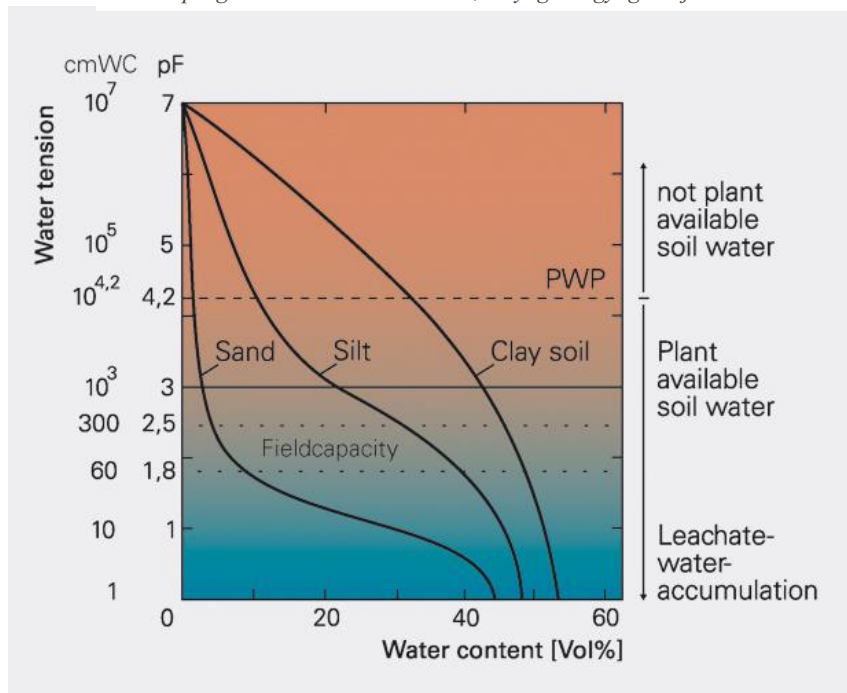
P- a pórustérfogat

Ts- Talaj térfogattömege

Fs- Talaj sűrűsége.

Mindemellett kiemelten szükséges vizsgálni azt is, hogy a kiadagolt öntözővíz, vagy természetes csapadék mennyisége mennyire elérhető a növények számára. Ez legjobban a pF görbék (1. ábra) segítségével ismerhető meg, melyek kifejezik, hogy mekkora szívóerőt (tenziót) szükséges kifejtenie egy növénynek a vízfelvételhez. (Füleky, 2004)

1. ábra: pF görbe szemléltetése homok, vályog és agyag talaj esetében



A talajban található összes nedvesség egy része ugyanis nem felvehető a növény számára. Ennek magyarázata a talajkolloidok felszínén jelen levő adhéziós és kohéziós erők hatása. A növény nem képes olyan szívóerőt kifejteni, ami a szemcse felszínéhez tapadó vizet fel tudná használni. A pF görbe segítségével tehát a víz elszívásához szükséges erő vízoszlopon jelölt centiméterben kerül kifejezésre. Különböző információk olvashatóak le egy ilyen görbe segítségével például, hogy a hervadásponthoz a pF görbe 4,2-es értékénél következik be, afeletti értéknél a növény számára nem felvehető vagy nem elérhető, azaz holtvízről (HV) beszélünk. A vízzel telített talaj pF értéke nulla. Ez a maximális vízkapacitás (V_{kmax}), az ilyen talaj kétfázisú és a nem szakszerű agrotechnikák alkalmazása miatt vagy túl nagy mennyiségű természetes csapadék esetében fordul elő. Azt, hogy a talaj a gravitációs erővel szemben mekkora vizet képes visszatartani a szabadföldi vízkapacitás (V_{Ksz}) jelöli. A diszponibilis víz (DV) a pF görbén 2,5 és 4,2 érték közé tehető, a szabadföldi vízkapacitás és a holtvíz különbsége. Ez lényegében a növények számára tényleges hozzáférhető és felvehető vizet jelöli. Összességében a homoktalajokról elmondható, hogy jó víznyelő képességűek, de a vízvisszatartásuk gyenge, míg ezzel szemben az agyag közepes víznyelő képességű, azonban a vízvisszatartó képessége nagyon jó. A vályogtalaj mindkettő tulajdonságban közepesnek tekinthető (Várallyay, 1989).

2.1.2 Agrotechnika

Az agrotechnika helyes megválasztása elősegítheti a megfelelő nedvességgazdálkodást a talajban (Szalai, 2009). Ebbe beletartozik az adott agrotechnikai módszer időpontjának helyes kijelölése is. Különböző talajművelő eljárások előtt ismerni szükséges a talaj fizikai féleségét és éppen aktuális nedvességtartalmát. A nedvességmegőrzés érdekében kerülni kell a talaj termőrétegének tömörödését és az olyan talajművelő eszközök használatát, amelyek a talajt porosítják (Nyíri et al. 1993). Ahhoz, hogy a lehulló természetes csapadék minél nagyobb arányban és megfelelő intenzitással tudjon a talajba szivárogni, kerülni kell a talajban kialakuló eke és tárcsatalp kialakulását is (Fülek, 2004).

Jelentős előnyökkel járhat a talajtakarás (Tóth, 2002), mely történhet zöld-takarónövényekkel, de betakarítás után maradt tarlómaradványok fennhagyásával is. A zöld-takarónövények és a tarlómaradványok nem csak a szél eróziós és szárító hatása ellen védenek, hanem beforgatásukkal/fennhagyásukkal a talaj szervesanyag tartalmát is növelhetik, vízgazdálkodási szempontból pedig a felszíni lefolyás mértékét csökkenthetik (Tamás, 2008). A humuszban

gazdag talaj jobban megtartja a nedvességet és segít megelőzni a kiszáradást, zsugorodást (Fülek, 2004)

Öntözés szempontjából például a zöldrozs és facélia (Antal, 2000) bizonyulnak pozitív hatással rendelkező zöldtrágya növénynek ugyanis nagy zöldtömegükkel képesek a talaj vízháztartásának javítására is (Antal, 2000). A zöld-takarónövényektől elvárt, hogy jó talajfelszín borítottságot biztosítsanak és a kelést követően a fejlődésük gyors legyen (Antal, 2000). Betakarítást követően a tarlómaradványok a következő kultúrnövény vetéséig tartó fennhagyásával is jelentősen csökkenthető a talajnedvesség veszteség. A gazdálkodók számára ez nemcsak környezeti, de pénzügyi szempontból is előnyös lehet. Ugyanis az új KAP támogatási rendszer Agrár Ökológiai Program (AÖP) keretében egy pontért van lehetőségük a tarló fennhagyását vagy takarónövény vetését elszámolni. A tarlómaradványok szecskázásával és területen hagyásával mérsékelhető a talaj szerkezetkárosodása, és kielégítő szinten fenntartható a talaj művelhetősége (Birkás, 2017). Ezzel szemben azonban a tarló fennhagyásánál célszerű előre gondolni a gyakoribb növényvédelmi problémák megjelenésére is. Jelentősebb gondot okoznak ezekben az években az árvaélések és a rágcsálók (Birkás, 2017), de legfőképpen a növényi kórokozók.

A gyomszabályozás gyakorlatainak helyes betartásával is pozitív eredmény érhető el a vízgazdálkodást tekintve (Birkás, 2017). Ugyanis a gyomok nagy mennyiségben előfordulva konkurens társnak számítanak a területeken, lévén, hogy jóval agilisabban, gyorsabban felveszik a vizet a talajból a termesztett növénykultúrák elől (Szalai, 2009). Fontos kiemelni, hogy öntözéssel növénytermesztés esetében minden esetben egy teljesen ehhez igazított agrotechnikát és növényvédelmet kell kialakítani (Tóth, 2002). A talajt fel kell készíteni a bizonyos időközönként érkező beállított vízáradatokra, ezt képes legyen befogadni és jól hasznosítani, illetve tározni. A vízpótlás mellett tehát törekedni kell a talajtömörödés megelőzésére és megszüntetésére. Kerülni kell az eke- és tárcsatalp kialakulását (Fülek, 2004) és a talaj felszínén megjelenő cserepedést is (Tamás, 2008).

2.1.3 Növény faj és fajta

Bár illeszkedni kell a gazdasági és piaci viszonyokhoz, valószínűsíthető, hogy a jövőben az agráriumban elkerülhetetlen lesz az olyan fajták előtérbe kerülése, melyek jól alkalmazkodnak a hazánk területére jellemző időjárási változásokhoz. A megfelelő vetésszám (Tóth, 2002) és a jól összeállított elő- és utóvetemény kombinációval akár öntözés nélküli területen is jobb

eredmények érhetőek el. Lényegében tehát adott területen egy a talaj vizét jelentősen felhasználó növény után célszerű olyan kultúrát vetni, amely kevésbé vízigényes. Ez nagyban függ attól is például, hogy milyen gyökérszettel rendelkezik a növény. Jellemzően a sekélyen gyökerező növények, mint a burgonya és a borsó kevésbé használják a talaj vízkészletét (Antal 2000) ellenben a kalászosokkal, amelyek viszont jelentősebben. A kalászosokon belül is felfedezhető eltérés, példa erre, hogy a tavaszi árpa nem túl vízigényes ezzel szemben a zab igen. Abban az esetben, ha van lehetőség az öntözésre akkor is célszerű és gazdaságilag előnyös lépés átgondolni a lehetséges kultúrnövény fajtáját (Szalai, 2009), ugyanis két különböző fajta máshogy reagálhat az öntözésre a hozam mennyiségét és minőségét tekintve. A megfelelő vetésforgó és fajta megválasztása mellett gondolni kell a sor- és tőtávolság beállításokra is. Öntözés mellett sűrűbb növényállomány alakítható ki (Szalai, 2009) például öntözött kukoricánál a beállított tőszám 20-25%-kal lehet nagyobb (Antal,2000), míg nem túl jó vízellátottságú talajok esetében a gyéresebb állomány vetése az ajánlatos. Meglévő öntözőrendszerek esetében a növényi vetésforgó összeállításánál törekedni kell arra, hogy az öntözési beruházás a kiválasztott növények vetésével megtérülő legyen. Szántóföldi növényeink közül a kukorica, szója és burgonya jól meghálálják az öntözést. A kiválasztott növényeknél figyelembe kell venni továbbá, hogy melyek azok a kritikus szakaszok amikor a kultúrnövény öntözése kiemelten okszerű. Kukorica esetében ez három időpontra bontható: címerhányás előtt 10 nappal, nővirágzat bibéjének megjelenésekor és a bibe beszáradásakor a szemképződés megkezdésekor (Almási et al., 1968). Burgonyánál a legkritikusabb a június és július hónapok lévén, hogy a gumókötés ekkor van. A burgonya az öntözést nemcsak mennyiségben, hanem minőségben is meghálálja. Öntözött körülmények között bizonyos fajtákkal, mint a Gülbaba, Kisvárdai rózsza, Korai rózsza 10% alattira redukálható a kis gumóméretű termés aránya (Almási et al., 1968)

2.1.4 Domborzati adottságok

A domborzati adottságok ismerete azért fontos mert ebből információ nyerhető a belvíz kialakulásának valószínűségéről, a talajvíz elhelyezkedéséről és mozgásáról, az eróziós mozgások irányáról és nagyságáról. A mezőgazdasági vállalkozók egy egyszerű regisztráció után akár ingyenesen is megismerhetik saját tábláik domborzati jellemzőit a Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer (MePAR) segítségével. A MePAR felületén való belépést követően a felhasználó helyrajzi szám vagy koordináta alapján megkeresheti tábláit és az

ortofoto beállítása után kijelölhet különböző fedvényeket. Domborzati szempontból a 12%-os és 17%-os lejtők, belvízzel és erózióval veszélyeztetett területek fedvényeit érdemes használni.

A vízerózió mértéke leginkább a lejtők tulajdonságaitól függ így a lejtő meredekségétől, irányától, alakjától és hosszától (Thyll, 1992). Sík területnek tekinthető a 0-5%-os enyhén lejtősnek az 5-12% közötti, közepesen lejtősnek a 12-17% és erősen lejtősnek 17-25% közötti meredekség. (Thyll, 1992) Szükséges ismerni továbbá a talajvíz elhelyezkedést és mozgását. A talajvízről általánosan elmondható, hogy bizonyos mértékig követi a domborzati viszonyokat (Yao et al. 2019), szintjének monitorozását leggyakrabban talajvízszint figyelő kutakkal látják el.

Abban az esetben, ha a területre öntözőrendszer kerül telepítésre, a lejtő meredekségének mérése a tervezés egyik alappillére. A hazánkban elterjedt öntözőberendezések nagy része szinte teljesen sík területeken használható biztonságosan. A csévéldobos megoldások ugyan nem érzékenyek a lejtőesésre oly módon, mint a lineár system és center pivot, mégis a felszíni elfolyás veszteségei miatt át kell gondolni az öntözés szükségességét bizonyos lejtőszöggel rendelkező táblák esetében. Manapság már a center pivot öntözőberendezés is biztonságosan használható akár kisebb lejtőszögű területeken. Ez körülbelül 10-15% közé tehető maximálisan (Szalai, 1989). Efölött már jelentős a lecsúszás veszélye.

2.1.5 Meteorológiai adatok használata

Mind a talajtulajdonság, az agrotechnika a növényi adatok és a domborzati viszonyok stabil pontokként értelmezhetőek a mezőgazdaságban. Az utolsó tényező azonban a gazdálkodó által nem befolyásolható és igen kis időintervallumban roppant változékony, ez az időjárás. A meteorológiai adatok bár folyamatosan módosulnak, monitorozásukkal mégis jelentős többletkiadást kerülhetünk el, legyen az például egy rossz kelés vagy túlóntözés kérdésköre. Öntözés hiányában is érdemes figyelni a várható csapadék érkezésének idejét és nagyságát például a vetés tekintetében. A csapadékérkezés szempontjából megfelelő időben elvégzett vetés jelentősen növelheti a kelés százalékos arányát.

Az időjárás folyamatos monitorozása magába foglalja a hőmérséklet, a páratartalom, a légnyomás és talajhőmérséklet, valamint szélsébség mérését is. Öntözés esetében ezek megfigyelése kiemelten fontos feladat, ugyanis ezen adatokból folyamatosan kalkulálható például az evapotranszpiráció értéke és a szélsébség változásának aránya is. A szélsébség növekedésével szükségessé válhat az öntözőrendszer leállítása is, a szél negatív hatása ugyanis,

hogy a szórófej szórásképe torzul a cseppek eltolódnak ez pedig jelentős öntözési egyenetlenséget okozhat. Körülbelül 5m/s szélesség felett az öntözést nem érdemes folytatni. Kisebb szélesség mellett azonban a külső környezeti tényezők hatásai (szórási kép deformitása, párolgási veszteség, cseppméret) mérsékelhetőek a megfelelő fúvóka alkalmazásával esőztető rendszerek esetében. (Tóth, 2005) (Szalai, 1989)

2.2 Belvízkezelés lehetőségei

Magyarország mezőgazdasági területeire elmondható, hogy közel azonos mértékben érinti mind a belvíz és az aszály. Belvíz megjelenéséről akkor beszélünk amikor a lehulló természetes csapadék mennyisége akkora, hogy azt a talaj nem képes befogadni és elvezetni a felszínről. (Tamás et al. 2008) Állandó és változó tényezők befolyásolják kialakulását úgy, mint a domborzati viszonyok, a talajvíz magassága (Pálfai 1993) és a csapadék mennyisége, eloszlása és formája (Pálfai,1993; Tamás et al. 2008). Pálfai (2004) megfogalmazása szerint a mikrodomborzat a belvíz kialakulását míg a makrodomborzat a belvíz lefolyását befolyásolja. A túl intenzív csapadék lehullásánál a talaj nedvességtartalma hirtelen megnő, vízbefogadó képessége így viszont csökken. Tartós vízborítás esetében a talaj kézfázisúvá válik melyből közvetlen negatív hatásként említendő a talajélet és növényállomány pusztulása is. A homoktalajok kevésbé míg az agyagtalajok sokkal inkább kitettebbek a belvíz kialakulásának. Jelentősen csökkenthető a belvíz kialakulásának lehetősége abban az esetben, ha a területen növényi borítás található, különösen igaz ez az erdős területekre (Pálfai 2004), de javulás érhető el, ha a felszíni vízlevezetés különböző vízlevezető elemek, rendszerek kiépítésével megoldott. Agrotechnikai szempontból ajánlatos az olyan műveletek kerülése melyek tömörödött, vízfelvétele nem alkalmas talajokat hoznak létre és előnyben részesítendő a területek mélylazítása (Tamás et al. 2008)

2.3 Aszálymonitorozás lehetőségei

Az aszály megfogalmazására több lehetőség adott, de ezek területenként az éghajlati változatosság miatt igen diverzek. Hazai viszonylatban szárazságnak nevezzük azt a folyamatot amikor rövidebb ideig vízhiány lép fel. Az, hogy meddig beszélünk szárazságról nagyban függ a termesztett növény fajtától (Tamás et al. 2008) és például az alkalmazott technológiáktól is. Aszályról csak abban az esetben beszélhetünk, ha ez a szárazság már tartósan fennáll (Tamás et al. 2008). Mérésére többféle eljárás alkalmazható. Alapvetően az aszály jelenlétének hosszúsága, súlyossága területi kiterjedése és előfordulási gyakorisága mérhető (Tamás et al.

2008). Az eljárások két fő csoportra oszthatóak, ezek az indikátorok és az ezekből matematikai módszerekkel készíthető indexek, melyek mutatószámként funkcionálnak (Fiala et al., 2018).

Nemzetközileg főleg az SPI-Standardizált csapadék index az elterjedt (Fiala et al.2018; Tamás et al. 2008; Pálfai 2004), de használatos még a Palmer- (PDSI) index is bár utóbbi inkább az Amerikai Egyesült Államok területén populárisabb (Fiala et al. 2018). Hazánkban ezzel szemben inkább a Pálfai-féle (PAI) aszályindex (2.egyenlet) terjedt el a gyakorlatban (Tamás et al.2008) (Fiala et al. 2018) melynek számítása az alábbi módon történik (Pálfai 2004):

2. egyenlet: Pálfai-féle aszályindex

$$PAI_0 = \frac{t_{\text{apr-aug}}}{P_{\text{okt-aug}}} * 100$$

ahol,

PAI₀- az aszályindex alapértéke (°C/100mm)

t: Áprilisi-augusztusi időszakban a levegő középhőmérséklete (°C)

P: Október-augusztusi időszak súlyozott csapadékösszege (mm)

Az ezzel megkapott alapértéket ezekután szükségszerű három korrekciós tényezővel, a hőmérsékleti (k_t), a talajvizes (k_{gw}) és a csapadékkorrekciós (k_p) tényezővel megszorozni (Kozák et al. 2012)(3.egyenlet). A hőmérsékleti tényező alkalmazása azért célszerű mert a legmelegebb időszakban a párolgás és a növények vízigénye nő ezt pedig az április-augusztus közötti időszak középhőmérséklete nem tükrözi(Pálfai, 2004).A csapadékkorreckiós tényező lényegében azért szükséges mert bár előfordulhatnak nagy havi csapadékösszegek mégis a hazánkra jellemző egyenlőtlen csapadékeloszlás miatt kialakulhatnak hosszabb csapadéktelen időszakok(Pálfai 2004). Főleg síkvidéki területeknél kihagyhatatlan a talajvizes korrekció, lévén, hogy a domborzati eltérések miatt igen eltérő talajvíz ingadozás figyelhető meg az országos átlaghoz képest (Pálfai 2004)

3. egyenlet: Korrekciós Pálfai-féle aszályindex

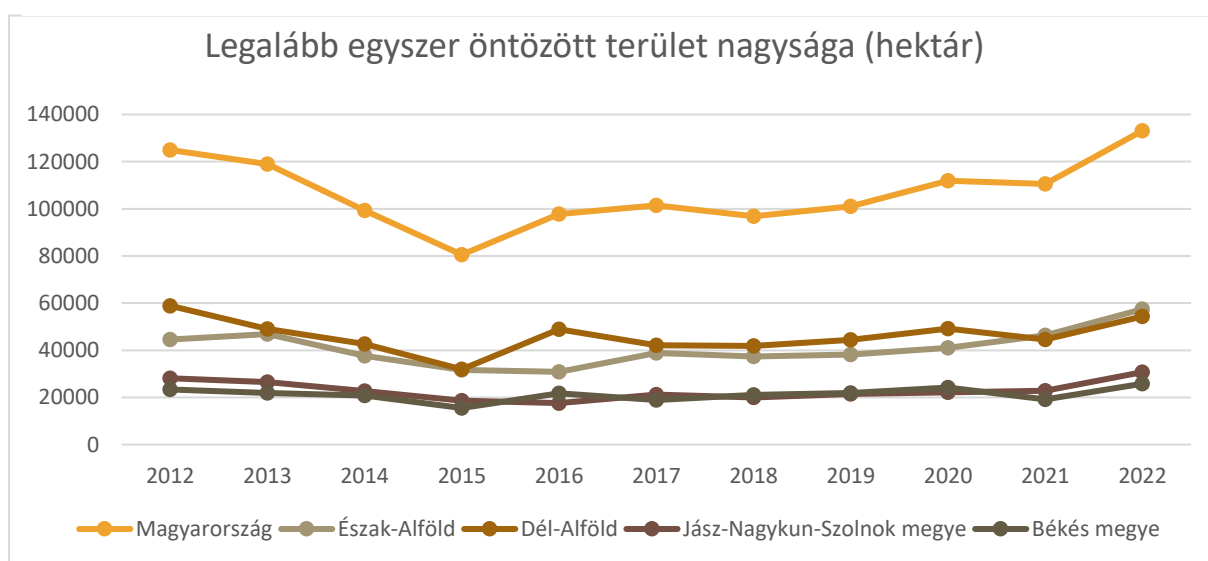
$$PAI = PAI_0 * k_t * k_{gw} * k_p$$

Az ebből kapott értékek alapján mérsékelt aszályról beszélhetünk, ha PAI=6-8, mérsékeltről PAI=8-10, súlyosról PAI=10-12 és nagyon súlyosról, ha a PAI értéke nagyobb mint 12(Tamás et al. 2008; Pálfai 2004).

2.4 Öntözés

Magyarország összes jelenlegi öntözésbe vont területe nagyságrendileg 130.000 hektárra tehető (2. ábra). Főleg Jász-Nagykun-Szolnok, Békés és Hajdú- Bihar megyékre jellemző az öntözéses gazdálkodás nagyobb arányú előfordulása. Ennek magyarázata nagyrészt abban keresendő, hogy az Alföldi részeken a klimatikus viszonyok miatt az öntözéssel pótlandó csapadékhiány lényegesen nagyobb, a tájegység sík domborzata pedig könnyebb elterjedést biztosított a lejtősebb jellegű területekkel szemben.

2. ábra: Legalább egyszer öntözött terület nagysága hektárban kifejezve



Az öntözés elsődleges szerepe a hiányzó csapadék pótlása, valamint az aszály közvetlen elkerülése (Szalai, 2009). Üzemi szinten a ráfordítás egy olyan formája mely hozam- (Lengyel et al. 2008; Radics et al. 2003) és minőségfokozó hatással is bír, ezzel jelentősen megnövelve a lehetséges bevétel volumenét. Alkalmazása során ügyelni kell a szakszerű kivitelezésre, mely a környezeti tényezők mellett a vállalkozó pénzügyi és üzemi adottságaitól is függ (Lengyel et al. 2008). Az öntözéssel biztosítható továbbá a jó kelési arány, a nagyobb tőszám alkalmazása hektáronként, illetve a tápanyag jobb hasznosulása is (Lengyel et al. 2008).

Hazánkban az öntözésben gondolkozó gazdálkodók összefogásával öntözési közösségek hozhatóak létre. Ez lényegében egy minősítés, amelyet gazdasági társaság vagy szövetkezet hozhat létre. Alapításához legalább két tag szükséges és az öntözött területek nagysága el kell érje szántóföldi termesztésnél 100, kertészeti kultúráknál a 10 hektárt. Az alapítás kérelmét a Nemzeti Földügyi Központhoz kell benyújtani, amely felterjeszti azt az Agrárminisztériumhoz,

majd a döntést az agrárminiszter hozza meg. A megalakult közösséghez később is csatlakozhatnak új gazdák, ez alól csak az képez kivételt, ha az így igényelt vízigény már nem állna rendelkezésre vagy a műszaki rendszerek kapacitása nem lenne megfelelő. A későbbiek folyamán az öntözési közösségben való részvétel a földterületek tulajdoni lapján is megjelenik. Készült egy webfelület (<https://ontozesikozosseghu/OntozesiKozosseghu>) is az öntözést tervező gazdálkodók részére melynek segítségével információt nyerhetnek területeik öntözhetőségéről és kapcsolatba léphetnek más öntözési fejlesztésben gondolkozó területszomszédaikkal.

2.4.1 Önjáró öntözőberendezések ismertetése

Hazánkban szántóföldi körülmények között a három öntözési mód közül az esőztető berendezések a legelterjedtebbek, míg világviszonylatban még mindig jelentős előnyben van a felületi öntözési mód (Szalai, 1989) Ez főleg az éghajlati különbségekkel magyarázható, de összefüggések mutathatóak ki az adott ország gazdasági és munkaerőpiaci helyzetével is. Semi.arid és arid jellegű térségekben az esőszerű öntözés jelentősebb párolgási veszteséggel párosulhat (Abo-Ghobar 1992; Tóth 2005) mint más nem arid jellegű területek esetében. Másrészt a rendelkezésre álló munkaerő száma megfelelő, ellentétben olyan területekkel, ahol az öntözésben akár elsőszámú problémaként jelenik meg a képzett szakmunkások hiánya. Mikroöntözés jellemzően inkább Magyarország zöldség és gyümölcstermesztéssel foglalkozó területein fordul elő míg a felületi öntözés igencsak visszaszorult a korszerű precíziós technológiák megjelenésével. Ez főleg azzal magyarázható, hogy az esőszerű öntözés alkalmazásával és fejlesztésével a termőterületekre jellemző talajtípusokhoz jobban illeszkedő öntözési terv alakítható ki, redukálható az élők munkáigény és az öntözési költségek volumene is.

Magyarországon az öntözőrendszerek megoszlását tekintve még jelenleg is a dobra felcsévélhető tömlős berendezés az egyik leggyakoribb. Elterjedésének egyik legfőbb oka, hogy a csévélődob egy kerek alvázra van helyezve, ezzel a rendszer sokkal mobilisabbnak tekinthető (Tóth 2005; Silva et al 2007; Szalai 1989). Ezen tulajdonsága miatt hazánkban sokkal több területen beilleszthető az öntözési projektekbe. További előnye, hogy nem különösebben érzékeny az öntözött terület alakjára így akár szabálytalan táblák vagy azokon található akadályok (facsoport, villanyvezeték stb.) esetében is jól megoldható a kalkulált vízkijuttatás (Maosheng et al. 2020). Meghajtása mechanikus, hidromechanikus vagy elektromechanikus módokon történhet meg (Szlivka, 2003; Szalai, 1989). Az elektromechanikus hajtás nem túl

elterjedt komplikált csatlakoztatási lehetőségei miatt (Szlivka, 2003). A mechanikus és hidromechanikus eljárások közül előbbi nagy hátránya, hogy a csévézés energiaigényét egy másik munkaerőgép szolgáltatja, ezzel az öntözés teljes ideje alatt leköti azt (Szlivka, 2003). Hidromechanikus felcsévézésnél egy csörlőszerkezet biztosítja az energiát, melyet az öntözővíz nyomásából nyer. Erre az energiaelőállításra fő- és mellékáramú turbinák, például a jó hatásfokú Pelton-vízturbinák használhatóak (Szlivka, 2003). Korszerű dob esetében a felcsévézési sebesség 5-100 méter/óra között (Tóth, 2005) állítható, ez hatással van a kijuttatandó öntözővíz mennyiségére is. A megfelelő sebesség, számítás alapján is meghatározható, de legtöbbször a gépen elhelyezett teljesítmény táblázat is segíthet az ideális értékek beállításában. A dobon mindemellett található nyomásmérő óra, hibáscsévézés érzékelő és leállító műszer is (Tóth, 2005). Napjainkban még mindig használatos a vízágyúval felszerelt tömlő, de előnyösebb tulajdonságai miatt sokkal elterjedtebb a konzolos verzió. A vízágyú ugyanis nagy üzemi nyomást igényel (Silva et al. 2007) és nagyobb méretű cseppeket hoz létre az öntözés során, ezzel jobban károsíthatja a növényzet levelét és a talajromboló hatása sem elhanyagolható (Budavári, 1978) (Silva et al. 2007). Konzolos vízkijuttatásnál kisebb a nyomásigény, ezzel számottevő energiakiadás takarítható meg. A létrehozott cseppek kisebbek, nincs akkora talajromboló hatás és a cserepedés mértéke is visszafogottabb (Silva et al. 2007).

A center pivot az 1970-es, míg a linear rendszerek pedig inkább az 1980-as években terjedtek el szélesebb körben (Szalai, 1989). A korábbi öntözőberendezésekhez képest kisebb nyomással is képesek működni (Szalai 1989) és nagy előnyük, hogy hasznosíthatóak akár műtrágyák és növényvédőszeres kijuttatásához is (New és Tipps, 1976). Prioritást élvez alkalmazásuk több fejlődő országban, különösen az Afrikai kontinensen (Almeida et al. 2022), ahol helyi sajátosság az öntözési közösségek szerveződése (Berkland, 2018). Ezen társulási körökön belül az jellemző, hogy bár a gazdálkodók a területeiket saját maguk önállóan művelik, maga az öntözőberendezés használata osztottan történik. Az egyéb felmerülő kiadások-mint például a karbantartási és üzemeltetési költségek- pedig a felhasználók között megoszlik. Ez a megoldás könnyebbé teszi az öntözéstechnikai fejlesztéseket egy térségen belül, illetve az öntözőrendszer üzemeltetése sokkal gazdaságosabb.

Napjainkra a korszerű center pivotra jellemző könnyű kezelhetőség jobb teljesítménnyel párosul, amellyel a gazdálkodó vizet, időt és energiát spórol meg (New és Fipps, 1976). Kiemelkedő előnyük, hogy sokkal nagyobb területek beöntözésére képesek, ámbar ezzel együtt érzékenyek a vízkijuttatás helyének akadálytalanságára is (Szalai, 1989). Mozgatásukra két alternatíva jellemző a piacon: elektromos és hidraulikus motormeghajtás (Tóth, 2005). A

hidraulikus motorral ellátott rendszerek általánosságban véve drágábbak a piacon, bár előfordulhat, hogy hosszabb távon ezek alkalmazásával az üzemelési és karbantartási költségek alacsonyabban tarthatóak mint elektromos társaik esetében (Evans, 2001). Az elektromos egység minden toronynál nagyságrendileg 1-1,5 lóerő kifejtésére képes (Evans, 2001). A mozgás során a külső torony folyamatosan egy következő pozícióba lép, majd ezután megáll és ehhez igazodva követik a további álványtoronyok. A panelek közötti elmozdulást a gömbcsukló teszi lehetővé (Tóth, 2005). Hidraulikus hajtás esetében a tornyok egyvonalban haladnak. Mivel a kijuttatott víz mennyiségére a szerkezet sebessége is hatással van, ezért hidraulikus motornál a panelek sebessége a center felé haladva csökkenő (News és Fipps 1976). A szerkezet vezérlőegysége a központi tornyon kerül elhelyezésre, ezzel szabályozható a sebesség, amely 0-120 méter/óra közötti fokozatokból áll (Tóth 2005). A vezérlőegységgel a nyomásesés vagy vízhozam-elégtelenség esetén le is állítható a teljes berendezés mozgása és vízadagolása (Tóth 2005). Ahhoz, hogy az öntözőrendszer mozgása és sebessége megfelelő legyen ügyelni kell a keréknyomok időszakos átvizsgálásra is. Abban az esetben, ha a nyom mélysége meghaladja a körülbelül 15 centiméteres értéket akkor azt célszerű vagy talajlazítással vagy betöltéssel megszüntetni (Tóth 2005)

A lineár rendszerek a szárnyvezeték tengelyére merőleges irányú mozgást végezve öntöznek. Alkalmazásuk főleg szabályos, téglalap alakú tábláknál jellemző (Evans 2001), üzemelésük nem különösebben munkaigényes. Hajtásuk többnyire már kifejezetten csak elektromos rendszerek segítségével történik, lévén, hogy ezzel könnyebben változtatható a mozgás iránya és a sebesség mértéke. Eltérően a Center Pivot rendszertől, a vízellátást itt a tábla szélén vagy közepén található hidráns sor vagy csatorna biztosítja. Az, hogy pontosan honnan történik a vízkivétel attól függ, hogy egy- vagy többszárnyvezetékes tervezésről van-e szó

2.4.2 Öntözés automatizálása

Az öntözés automatizálásával ma már van lehetőség olyan öntözőrendszerek kialakítására melyek víz és energiatakarékos módon képesek üzemelni, továbbá működtetésükhöz kevésbé szükséges az emberi jelenlét a humán munkaerő (Tripathi 2019). Az automatizálás kialakítása mérést és ellenőrzés végző rendszerekkel vagy automatikus irányító rendszerekkel lehetséges (Tóth, 2002).

Üzemellenőrző kialakításnál egy elektronikai eszköz segítségével különböző az öntözés kivitelezése során fellépő hibát érzékel és jelez az öntözőrendszer. Ezek lehetnek például az

üzemi nyomásesés vagy a víz áramlási sebességének lassulása (Tóth, 2002). A rendszer tehát bármilyen hiba esetén jelez és akár beavatkozásra is képes (Imam, 2021), erre a programozható logikai vezérlés (Programmable Logic Control), rövidebb nevén PLC használatos (Tóth, 2002; Imam, 2021).

A mezőgazdasági vállalkozó az öntözéshez nagy PLC választékból választhat a teljesség igénye nélkül: *Siemens Micro Master, MicroLogic 1400, SIEMENS LOGO 230RC* (Imam, 2021; Maheswari, 2016).

Irányító rendszerek esetében vagy egy beállított programvezérlés elvén történik az öntözés (*HUNTER ICC, NELSON SMART ZONE* (Tóth, 2002), *EZ Pro Junior* (Tóth, 2010)) vagy a talajban elhelyezett szenzorok méréseinek segítségével (Zazueta és Xin 1993; Dobriyal et al. 2012). azokhoz kapcsolódóan indul be vagy áll le az öntözőrendszer (Tóth, 2002). Ezeket a szenzorokat célszerű különböző mélységekben elhelyezni, a műszer kiválasztását pedig ésszerű több szempont alapján végig gondolni. A szenzorok két nagy csoportra oszlanak, egyik csoportba azok tartoznak melyek a víz mennyiségét/arányát adják meg, ezzel pedig átfogóbb kép kapható a talajalkotók arányáról így tehát a víz mennyiségéről is. Ezt volumetrikus vízmennyiségnek vagy volumetrikus talajnedvességnek nevezzük. Pontosabb eredmények a TDR (Time Domain Reflectometry) és az FDR (Frequency Domain Reflectometry) szenzorok alkalmazásával érhető el, ugyanis ezek nagyon érzékenyen reagálnak a víz mennyiségének változására a talajban. Nagy hátrányuk azonban, hogy jelentős mértékben drágábbak társaiknál (Tóth, 2002). A másik csoportba tartozó szenzorok lényegében a mátrixpotenciál (Ψ) értékét határozzák meg. A kinyert információkból arra következtethetünk, hogy a talajban található nedvesség felvételéhez a növénynek mekkora szívóerőt (tenziót) szükséges kifejeznie (Sitkei, 2004). Erre használatosak a könnyen és olcsón beszerezhető tenzióméterek. A mérés során a folyamatosan változó víztartalomnak köszönhetően eltérő nyomásértékek alakulnak ki a mérőműszer közelében. Ez a vízmolekulák talajszemcsék felületéhez való kötődésével magyarázható melyet az adhéziós és kohéziós erők okoznak (Füleky, 2004). Minél kevesebb a felvehető víz mennyisége, annál nagyobb szívóerő kifejtése szükséges a növénynek.

Van lehetőség egy olyan kombinációra is amikor egy adott mérési eredményhez kapcsolódóan egy előre beállított program indul el. Az automatizálás hatékonysága tovább növelhető amennyiben a talajnedvesség mérések mellett valamilyen vízhasznosítási modell is applikálásra kerül (Tóth, 2002). Ilyen alkalmazható modellek például a *SOIL*, *CLASS* és a *LINKFLOW* modell.

2.5 Vízgazdálkodási szoftverek

Az öntözrendszerek automatizálása mellett már van lehetőség olyan vízgazdálkodási szoftverek használatára is melyek nem csak az öntözésben, de az aszály és belvízkezelésen is a gazdálkodók segítségére lehetnek. Az AquaCrop 7.1-es verziója a FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) által kifejlesztett szimulációs rendszer, amely a növény, talaj és egyéb környezeti tényezők kölcsönhatásait modellezi. Az alapadatok mellett számításba veszi a légköri és agrotechnikai sajátosságokat is. Előnyei közé sorolható, hogy használata egyszerű, pontos és kevés paraméterrel dolgozik (Vanuytrecht et al 2014; Raes et al. 2009) ezért könnyebben átlátható. A szimulációba akár saját adatok betáplálása is lehetséges. Az AquaCrop használható oktatási célokra, elvégezhető vele hozamkalkuláció, növényi felszínborítottság előrejelzés is (Vanuytrecht et al. 2014). A bemeneti szükséges adatok az időjárás paraméterei, növényi és talajjellemzők, gazdálkodási gyakorlat (agrotechnika), szántóföldi kezelések és öntözési eljárások. A szimuláció a beállított adatok alapján képes elkészíteni az evapotranszpiráció és a növényi transzpiráció kalkulációját is (Foster et al. 2017). Ezek alapján akár vízgazdálkodási, öntözési eljárások összehasonlító szimulációja is elvégezhető vele (Araya et al. 2010). Kiegészíthető további különböző stressz-együtthatókkal például víztöbblet, vízhiány, só, és hőmérsékleti stressz. Nagy hátránya azonban, hogy csak a vertikálisan belépő és kilépő vízáramot veszi figyelembe úgy, mint a csapadék, öntözés, kapilláris emelkedés és transzpiráció.

Újgenerációs vízgazdálkodási szoftvernek számít az izraeli székhelyű CropX. A szoftver lényegében egy olyan komplex rendszer, amely valós idejű meteorológiai adatokkal, talajszenzoros mérésekkel és műholdas felvételekkel dolgozik. Segítségével ezek mind összekapcsolhatóak és végül egy összetett gazdaságirányítási rendszerként funkcionálnak. A csomagok kiterjednek akár a növényvédelem, de a precíziós öntözés területeire is. A CropX NDVI felvételekkel növényegészségügyi állapotról tájékoztat és akár előrejelzéseket készít, szenzorok segítségével pH értéket monitoroz, valamint VRI (Variable Rate Irrigation) változó arányú öntözésre is alkalmazható. Az öntözésnél elmenti és hosszútávon visszakereshetővé teszi az addig kijuttatott vízádagok mennyiségét, de segít az öntözés adagjának és a kijuttatás idejének pontos meghatározásában is. CropX-felhasználó weboldala: <https://cropx.com/>

3 Alkalmazott módszerek

A szoftver kidolgozása után lehetőségem nyílt részt venni egy hazai innovációs versenyen. A Hungarian Startup University (HSUP) versenyének keretében a szoftvertervezet bemutathattam és az első kiválasztási körön túljutottam. A HSUP program során kötelező volt fél éves oktatáson részt venni mely során érintőleg megtanulhattam egy startup indításának lehetőségeit pénzügyi és jogi szempontból egyaránt. A képzés során egy mellém rendelt mentorral kellett együtt dolgoznom ez a későbbiekben a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem Innovációs központja által kirendelt mentorral is kiegészült. A szoftvertervezés kezdeti időszakában szoros ütemterv szerint volt kötelező haladni, folyamatos jelentéseket és összefoglalókat kellett elkészíteni a fejlesztési lépésekről. 2023. márciusáig kötelező volt egy legfeljebb öt fős fejlesztői csapat kialakítása. A tagok kiválasztása célszerűen a HSUP programban résztvevő hallgatók közül történt, ugyanis külsős hallgató esetében az ösztöndíj összege csökkent. A megalakulás után három fő módszer mentén indítottuk el a szoftverfejlesztést:

- Felhasználói kérdőív-Piackutatás
- Versenytárs-elemzés
- Szükséges kezdeti adatok felmérése.

A kérdőív összeállítására a Google Forms űrlapkészítőjét használtam, amely nemcsak a megszerkesztést, de az eredmény adatainak diagramba rendszerezését és százalékos, valamint darabszám szerinti eloszlását is megmutatta. Az elemek száma 26 darab volt és három fő pilléren alapult: agrár, pénzügyi, és technológiai szekció. Ebben nem csak kérdések szerepeltek, hanem különféle témák vélemény kifejtésére is volt lehetőség a kitöltőknek. Az idő rövidsége miatt 52 darab kitöltő adataival dolgoztam. A kérdőív tematikai felépítése az alábbiakat tartalmazta:

- Hány éve gazdálkodik?
- Nagyságrendileg mekkora területen gazdálkodik?
- Mennyire nyitott az új megoldások iránt az agráriumban?
- Fontosnak tartja-e más -például: szomszédos gazdákkal- a kommunikációt/együttműködést?
- Milyen szakemberek segítségét veszi igénybe? (Évente legalább egyszer.)
- Kérem sorolja fel milyen öntözési módszereket ismer!
- Kérem sorolja fel milyen öntözéshez köthető negatív hatásokat ismer!
- Van-e az ön területeinek közelében öntözésre használható vízkivételi lehetőség?

- Alkalmasnak tartja-e területeit az öntözésre?
- Az utóbbi 5 évben átlagosan mennyire érintette aszály az ön területeit?
- A 2022-es évben mennyire érintette aszály az ön területeit?
- Ismer-e bármilyen aszálykezelési módszert?
- Átlagosan milyen növények termesztésével foglalkozik? (Több válasz volt megadható)
- 1-10-ig terjedő skálán mennyire tartja jártasnak magát a digitális rendszerek használatában?
- Milyen nehézségei akadnak a digitalizált rendszerek használata során?
- Hogyan részesítené előnyben az Ön által kezelt alkalmazás használatát? (Több válasz volt megadható)
- Milyen operációs rendszert használ? (Több válasz megadható)
- Egyetért-e azzal, hogy az adatgyűjtés automatizált rendszeren keresztül szenzorok segítségével történjen, és azokról biztonsági mentés készüljön, amihez hozzá tud férni bármikor egy alkalmazás segítségével?
- Fontosnak gondolja-e, hogy az Ön által gyűjtött adatok hozzájáruljanak a magyar mezőgazdaság fejlődéséhez?
- Fontosnak gondolja, hogy az Ön által termesztett növényekről, tapasztalatairól stb. visszajelzést tudjon adni és ezáltal segíteni a területre vonatkozó termesztést a tapasztalatai megosztásával?
- Használna-e egy letisztult, átlátható és könnyen kezelhető rendszert, amelynek szolgáltatásai az Ön számára megfelelő és igényei szerint kialakított információkkal látná el?
- Mit gondol, Ön nyitott az innovatív technológiák alkalmazására, a termelés hatékonyságának növelése érdekében?
- Amennyiben igen, mi az a maximális összeg, amit befektetne, és milyen arányú megtérülést várna?
- 1-10-ig terjedő skálán mennyire tartja fontosnak, hogy a vízgazdálkodási tevékenységei összefüggésben legyenek különböző igényelhető agrár támogatásokkal? (AKG, AÖP, BISS-alaptámogatás, Termeléshez kötött stb.)

A felhasználói kérdőívet kiegészítettem piackutatással melyet a TAM (Total Available Market- teljes piac) SAM (Serviceable Available Market-potenciális piac), SOM (Share Of Market- tényleges vevő) bontással végeztem el.

A versenytárs elemzéshez a már tervezett program-tulajdonságokat összegyűjtöttem és ezek alapján vizsgáltam meg az AgroVodán kívül négy másik már forgalomban lévő szoftvert, ezek a FarmLogs, CropX, Arable és AquaCrop programok voltak.

Végül a szükséges kezdeti adatok felméréséhez célszerű volt létrehozni dolgozói felületeket, ehhez a Jira és Confluence weboldalakat jelöltem ki. Elsődleges lépésként az evapotranszpiráció számításához beágyazható programmodult készítettem el melyhez szükséges volt áttanulmányozni és megismerni a FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) ET₀ -Evaporation from the reference surface 2012-es 3.2 verzióját (3. és 4. ábra)

3. ábra: Tesztgyakorlatok elvégzése FAO ETo rendszerében, induló adatok

Create menu

File name: Test 0.3

Station description

Station: 1

Country: 1.1

Location: ☒ Degrees and Minutes ☐ Decimal degrees

Latitude: 22 degrees 22 minutes North

Longitude: 22 degrees 22 minutes East

Altitude: 222 meter above sea level

Meteorological Data

Type: ☐ Daily ☒ 10-daily ☐ Monthly

Time range: ☐ not linked to a specific year

First Dec: 1 Last Dec: 3

First Month: January Last Month: December

First Year: 2023 Last Year: 2023

Cancel Create

4. ábra: Tesztgyakorlatok a FAO ETo rendszerében, meteorológiai adatok

Data and ETo menu

Station 1 Country 1.1 File Test0.3.DTA

Input data description Meteorological data and ETo Plot data Export results

Air temperature ☒ °Celsius ☐ °Fahrenheit

☐ Mean temperature [°C]

☒ Minimum and Maximum temperature [°C]

Air humidity

☐ Mean Relative Humidity [%]

☐ Minimum and Maximum Relative Humidity [%]

☐ Mean dew point temperature [°C]

☐ Mean actual vapour pressure [kPa]

Psychrometric data

☐ Mean dry and wet bulb temperature [°C]

☐ Ventilated ☒ Natural ventilated ☐ Indoors

Coefficient psychrometer 0.000800

IF missing air humidity

Tdew = Tmin + subtract 0.0 [°C] (sub)humid

Wind speed

☒ Mean wind speed [m/sec]

height of measurement 2.0 [meter]

IF missing wind speed

U2 = 0.5 m/sec light wind

Sunshine and Radiation

☐ Hours of bright sunshine (n) [hours]

☐ Relative sunshine hours (n/N) [-]

☐ Solar radiation (Rs) [MJ/m2.day]

☐ Net radiation (Rn) [MJ/m2.day]

Coefficients Angstrom equation

IF missing radiation

Rs = 0.16 x SQRT(Tmax - Tmin) x Ra

Cancel Main menu

A referencia evapotranspiráció számításához a Penman-Monteith egyenletet használtam, ami az alábbi módon írható le

4. egyenlet: Penman-Monteith-egyenlet

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 * u_2)}$$

ahol,

ET₀= referencia evapotranspiráció (mm/a)

R_n= nettó sugárzás a felszínen (W m⁻²)

G= Talaj hőáram sűrűsége (W/m²)

T= Levegő hőmérséklete 2 méteres magasságban (°C)

u₂= Szélsebesség 2 méteres magasságban (m/s)

e_s = telítési gőznyomás (kPa)

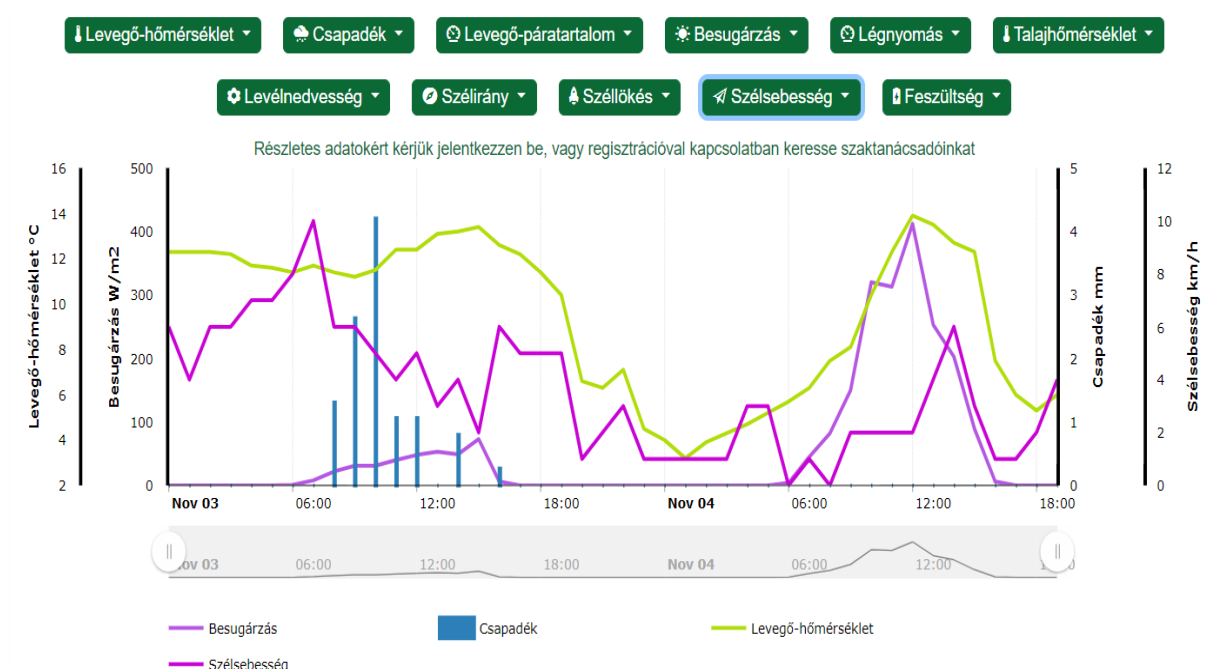
e_a =tényleges gőznyomás (kPa)

Δ =gőznyomás görbe (kPa/°C)

γ =pszichometrikus állandó (kPa/°C)

Az elkészített programmodul első öt tesztje kizárólag manuális adatbeírással történt meg. Ezt követően a modul kiegészült automatizált adatbegyűjtéssel mely ingyenes meteorológia adatszolgáltatást nyújtó oldalakkal volt lehetséges. Erre elsősorban a KITE Zrt. KITE PRG-PrecMet agrometeorológiai hálózata bizonyult használhatónak (5.ábra).

5. ábra: Precmet alkalmazás felülete



A PrecMet segítségével lehetőségem nyílt a választott településhez legközelebb eső mérőállomás olyan adatait felhasználni, mint a szélsebesség, besugárzás, levegő-hőmérséklet, csapadék stb. Az evapotranszpirációhoz hozzákapcsoltam a FAO által meghatározott növényi faktor (K_c) értékeit. Ehhez mind az átlag (6. ábra) mind az olajnövények és gabonák tényleges K_c értékeit összegyűjtöttem és használtam.

6. ábra: Átlag Kc értékek

Szakasz	Nap	Kc
Kezdeti	20	0,35
Növekedési	35	0,35-1,25
Teljes kifejllettség	40	1,25
Érés	30	0,6

Gabonák esetében tényleges növényi faktorok értéke eltérő fenofázis szakaszokban: $K_{c_{ini}}=0,3$, $K_{c_{mid}}=1,15$ és $K_{c_{end}}=0,4$. Növényi faktorok olajnövények esetében: $K_{c_{ini}}=0,35$, $K_{c_{mid}}=1,15$ és $K_{c_{end}}=0,35$. Átlag Kc értékeknél 125 napos tenyészidővel számoltam, de a FAO által meghatározott tenyészidő-hossz alkalmazására is van lehetőség. Az összeszedett adatok egyszerű Excel fájlba lettek felvezetve és az alábbi módon (5.egyenlet) számoltam ki a tényleges evapotranszpirációt(mm/nap)

5. egyenlet: Tényleges evapotranszpiráció kiszámítása

$$ET_c = ET_0 * K_c$$

Továbbiakban egy egyszerű adatbázis tervezetet készítettem el szoftverfejlesztőimmel, amelyben létrehoztuk az egyes modulokat. Végül az ösztöndíjprogram keretében sikeresen elkészítettük a lógó és a felhasználói felület sablonokat.

4 Eredmények és értékelésük

4.1 Felhasználói kérdőív és piackutatás

4.1.1 Felhasználói kérdőív

A kérdőívet legnagyobb arányban kitöltők átlagosan a 26 és 45 év közötti korosztályba tartoztak. Többnyire ebből a korosztályból kerültek ki azok a gazdálkodók is, akik közepes vagy nagy gazdaságokkal rendelkeznek. A megközelítőleg 100-200 vagy akár 1000 hektáros területeken gazdálkodók között nagy arányban megfigyelhető az egyetemi vagy főiskolai agrár végzettség, míg csupán pár fő nyilatkozott úgy, hogy OKJ Aranykalászos tanfolyam vagy mezőgazdasági technikus a legmagasabb fokú agrár végzettsége. Kisebb, 100 hektár alatti gazdálkodók esetében azonban jóval nagyobb arányú volt az agrár főiskolai vagy egyetemi végzettséggel rendelkezők aránya a többi, alacsonyabb szintű végzettséghez képest.

Az új technológiák iránti nyitottság igen eltérő eredményeket hozott. Jellemzően a kisk gazdaságok és a nagy gazdaságok nyitottabbak az új technológiák iránt. Utóbbi valószínűsíthetően a humán erőforrás folyamatos instabilitása miatt látja nagyobb szükségét ezeknek, míg a kisk gazdaságok a versenyképességük növelésének lehetőségét látják az új technikák alkalmazásában. Életkor szempontjából inkább a fiatalabb gazdálkodói generációról mondható el az új technológiák iránti nyitottság, az idősebbek feltételezhetően az informatikai ismeretek szűkében kevésbé látják ennek létjogosultságát.

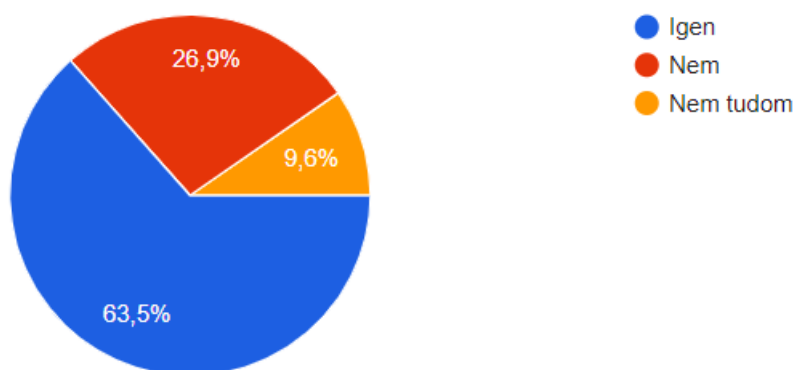
Nem meglepő módon a gazdálkodók jelentős része fontosnak vagy nagyon fontosnak tartja a többi gazdálkodóval való kommunikációt és együttműködést. Érdekes jelenség, hogy a válaszadók közül a fiatalabb (18-25 év) illetve az idősebb (50 év felett) korosztály kisebb jelentőséget tulajdonít az együttműködésnek, mint a középkorúak általában.

A várakozással egyező eredményt hozott a szakemberek igénybevételével kapcsolatos felmérés. A válaszadók 51,9 % veszi igénybe évente legalább egyszer növényorvos munkáját. Szaktanácsadó segítségét összesen 44,2% ami tulajdonképpen a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara Falugazdász hálózatát is magába foglalja, ez pedig nem minden esetben jelent ma már tényleges szaktanácsadást a gazdálkodó felé. Bizonyára ez a területalapú támogatások igénylésének nagy arányával magyarázható. Agronómus segítségét 17,3% veszi igénybe ezzel egyezően szintén 17,3% saját végzettsége révén (öntözési szakmérnök, növényorvos, agrármérnök stb.) nem él más szakértő szaktudásával. Vízgazdálkodási ismerettel rendelkező szakembert csak ritkán alkalmaznak még öntözéses gazdálkodás esetében is.

Abban az esetben amikor a gazdálkodókat öntözési módok felsorolására kértem, megfigyelhető volt, hogy az idősebb korosztály kiter a csepegtető, árasztásos és esőszerű öntözési módokra. A fiatalabb korosztály kivétel nélkül lineár system, center pivot vagy csévélődob rendszereket adott meg válaszul és egyáltalán nem tért ki az esőztető módon kívül másra. Az 50 év alattiak tehát mind elméletben mind gyakorlatban már csak az esőztető öntözési módokkal találkoznak leginkább. Sokkal diverzebb képet mutatott az eredmény akkor mikor az öntözéshez köthető negatív hatások felsorolására kértem a válaszadókat. Nagy arányban ismeretes a gazdák körében a talajtömörödés és cserepesedés problémája, de a szikesedés is igen nagy számban jelent meg a válaszok között. Egyéb visszajelzések voltak a talajerózió, és a gyomnövekedés intenzívebbé válása. A válaszok között egyszer sem jelent meg a szakszerűtlen öntözés többletköltsége mint negatív hatás.

Arra a kérdésre, hogy a gazdálkodók alkalmasnak találják-e területeiket öntözésre a válaszok eredményeit az 7. ábra segítségével ismertetem. A válaszadók 90,4% biztos benne, hogy öntözhetőek vagy sem a területeik, csupán 9,6 % nyilatkozott úgy, hogy ezt nem tudja.

7. ábra: Az "Alkalmasnak találja-e területeit az öntözésre" elem válaszainak százalékos eloszlása

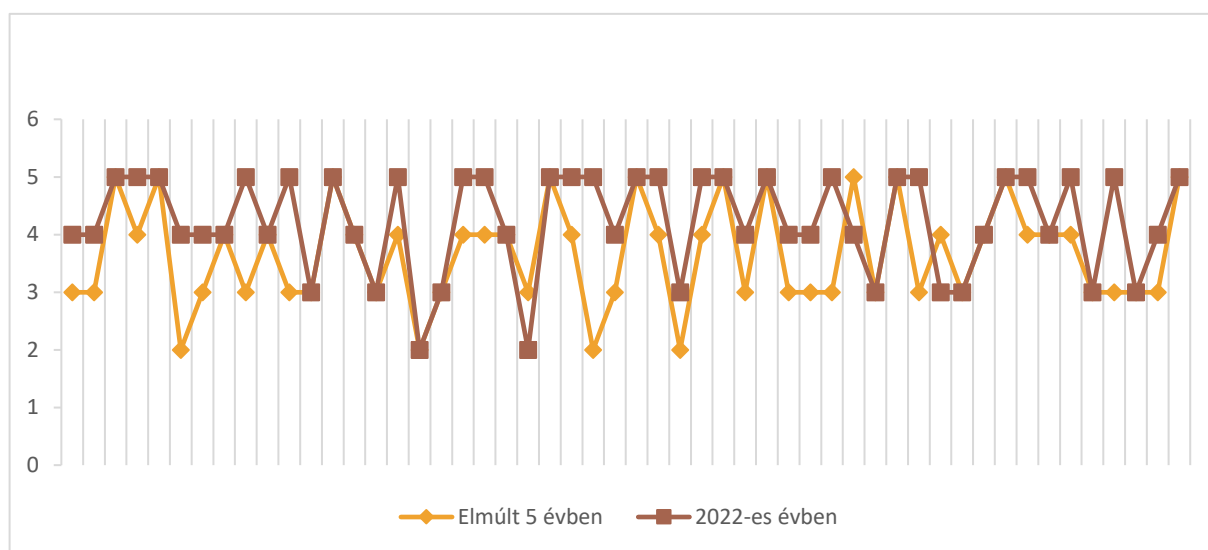


Ezzel együtt a megkérdezettek 46,2% nyilatkozott úgy, hogy található öntözéshez megfelelő vízkiviteli lehetőség a környezetében, nagy részük azok közül kerültek ki, akik alkalmasnak találták területeiket öntözésre. Nagyobb arányban fordult elő az, hogy a gazdálkodó nem tudott vízkiviteli lehetőségről és ezzel együtt nem is találta alkalmasnak területeit az öntözéses gazdálkodáshoz. Megfigyelhető volt továbbá, hogy a fiatalabb gazdák (25-50 év között) bizonytalanabbak az öntözhetőség kérdéskörében még akkor is, ha a gazdálkodással töltött éveik elérték az akár 10-20 évet is. Ezzel szemben az idősebb gazdálkodók szinte kivétel nélkül

biztosak voltak abban, hogy öntözhető vagy sem a területük, még abban az esetben is, ha a gazdálkodást tíz éven belül kezdték el.

Az aszályal kapcsolatos kérdések esetében a gazdálkodók jelentős része nyilatkozta azt, hogy területeit csak közepesen vagy erősen érintette a jelenség, míg 2022-es évet tekintve már 48,1% értékelte úgy, hogy területeit nagyon erős aszály fenyegette. A két adathalmaz összehasonlító elemzését az 8. ábra segítségével szemléltetem.

8. ábra: Az elmúlt 5 év és a 2022-es év aszálybesorolásának összehasonlítása



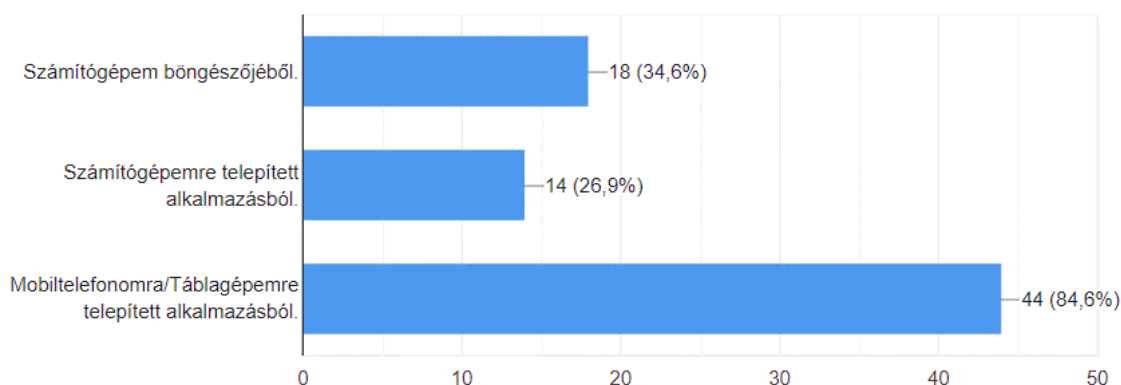
Ebből jól kivehető, hogy bár a gazdatársadalom a 2022-es évet súlyos aszályos időszaknak tekintette, jelentős hányaduk már az azt megelőző években is tapasztalt legalább közepes aszályal összeköthető problémákat a területein. Mindemellett érdekes eredmény, hogy a válaszadók negyede nem ismer semmilyen aszálymérséklési/megelőzési módszert, habár akik ismernek azok is kifejezetten csak az öntözést jelölték meg lehetséges aszálykezelési módszerként. A visszajelzések között egy személy sem említette a faj és fajtaválasztás jelentőségét vagy a megfelelő agrotechnika kiválasztását, alkalmazását.

A növényi adatok összegyűjtéséhez a leglényegesebb lépés az volt, hogy a leggyakrabban termesztett növénykultúrákat összegyűjtsem. Az AgroVoda szoftver a projekttervezete szerint az első időszakban egy próbaverzió összeállításán alapszik, ehhez pedig az egyszerűség kedvéért csupán pár, körülbelül négy darab kultúrnövény termesztési adatbázisát tervezem összeállítani. Kérdésként tettem fel tehát, hogy milyen kultúrák termesztésével foglalkoznak a kitöltők melyekre egy válaszadó több lehetőséget is megjelölhetett. A gazdálkodók 67,3% termeszt kukoricát, 65,4% búzát és napraforgót, valamint 42,3% árpát. Kisebb, 50 hektár alatti

gazdaságok esetében főleg borsó, kukorica, búza, paprika, és paradicsom termesztése a jellemző, míg 200 hektár feletti gazdaságoknál gyakrabban jelöltek szóját, cirkot és repcét. Ezen adatok segítségével már elkészíthető volt a szoftvercsomagok kialakítása, illetve a vásárlói personák létrehozása.

Ahhoz, hogy megfelelő alkalmazást tudjunk tervezni a programozói csapat segítségével a jövőbeli ügyfeleink részére, célszerű volt a felhasználók digitális ismereteit, kényelmi elvárásait felmérni. Ebben megmutatkozott, hogy a gazdálkodók kifejezetten a mobiltelefonra vagy táblagépre telepített alkalmazást preferálnák (9 ábra) és ez nincs összefüggésben a válaszadók életkorával és gazdaságuk területének nagyságával. Többségük Windows és Androidos operációs rendszert használ.

9. ábra: A "Hogyan részesítené előnyben az Ön által kezelt alkalmazás használatát?" kérdésre érkezett válaszok szám és százalék szerinti arányának megoszlása



Különösen fontos információkkal szolgált a szoftvertervezés szempontjából, hogy a gazdálkodók megosztották az agrárdigitalizációs rendszerekhez kapcsolódó nehézségeiket. Említésre került a struktúra átláthatatlansága, a menüpontok értelmetlen elrendezése. Nagyobb területtel rendelkező vállalkozók nehézségként élik meg a különböző digitalizációs rendszerek használatát a megnövekedett adminisztrációs terhek miatt, emiatt ők nyitottabbak lennének olyan rendszerek használatára, amelyek összekapcsolása lehetséges az elektronikus gazdálkodási napló és permetezési napló felületeivel. Kortól függetlenül igényként merül fel a válaszadók részéről a szoftverhasználat oktatás szükségessége.

A felhőalapú központi adatbázishoz szükséges volt felmérni a gazdálkodók adatgyűjtési hajlandóságát is. Ebben az mutatkozott meg, hogy a válaszadók 88,5%-a használna egy olyan rendszert, amely automatizált adatgyűjtésre is támaszkodik és ezzel együtt nagy részük hozzájárulna ahhoz, hogy az általuk mért manuális vagy szenzoraiktól érkező automatikus adatokat a központi adatbázisba beszoigáltassák. A kitöltők összességében már nyitottabbnak

mutatkoztak az innovációs technológiák iránt abban az esetben, ha az nagy biztonsággal növeli a termelés hatékonyságát. Fontosnak tartják továbbá, hogy a vízgazdálkodási tevékenységeik összeegyeztethetők legyenek a különböző uniós területalapú támogatásokkal (Agrár Ökológiai Program, BISS stb.) is.

4.1.2 Piackutatás

A piackutatás eredményei az alábbi módon alakultak

TAM-teljes piac:

- 460.742 mezőgazdasági cég (KSH adatok)
- 23.000 mezőgazdaságban dolgozó egyéni vállalkozó
- 6 egyetem (1000 mezőgazdasági hallgató)
- 500-1000 fő közé tehető szaktanácsadói hálózat, őstermelők

SAM-potenciális piac:

- 200.000 mezőgazdasági cég
- 5000 mezőgazdaságban dolgozó egyéni vállalkozó
- 6 egyetem (1000 mezőgazdasági hallgató)
- 200 szaktanácsadó, őstermelők 50%-a

SOM-tényleges vevőpiac:

- 1000 mezőgazdasági cég
- 500 mezőgazdaságban dolgozó egyéni vállalkozó
- 2 egyetem (200-500 hallgató)
- 50 szaktanácsadó, megynként körülbelül 50 darab őstermelő

4.2 Versenytárs elemzés

A kezdeti ötletek piaci validáción való átesése után a következő tulajdonságok jellemzőek a prototípusra:

- Magyar nyelvű
- Komplex vízgazdálkodás
- Felhasználói adatok használata
- Hozzáférhetőség

- Személyre szabott javaslatok
- EU támogatási információk integrálása

Ezek a tulajdonságok a másik négy szoftverrel összehasonlítva az alábbi eredményeket hozták (10.ábra)

10. ábra: Versenytárselemzés eredményei

	AgroVoda	FarmLogs	CropX	Arable	AquaCrop
Magyar nyelvű	Igen	Nem	Nem	Nem	Nem
Komplex megoldás	Igen	Nem	Igen	Igen	Igen
Felhasználói adatok alapú	Igen	Igen	Igen	Igen	Igen
Hozzáférhetőség	Bármilyen eszköz	Csak PC	Bármilyen eszköz	Bármilyen eszköz	PC
Személyre szabott javaslatok	Igen	Igen	Igen	Igen	Igen
EU támogatási információk	Igen	Nem	Nem	Nem	Nem

A legtöbb versenytárs kifejezetten csak az öntözéssel kapcsolatban segít a felhasználóknak. Többségük angol nyelven érhető el, esetleg nyersfordításos rendszert van lehetőség használni, amely sok esetben a rendszer átláthatóságát visszaveti a felhasználó szemszögéből. Külön kiemelendő, hogy a piacon található szoftverek jelentős része bár egy szakavatott szem számára kitűnően használható eredményeket és jól átlátható grafikonokat hoznak létre, lényegében csak adatok közlésével segítik a felhasználót. Összefoglalva tehát nem mutatják meg az összefüggések mértékét és az adatokból levonható konzekvenciákat, megoldásokat se készítenek el a felhasználó részére. Az AgroVoda rendszer a felhasználói kérdőív adataiból kiindulva az első validációt követően EU-s támogatási információk szolgáltatásának tervezetével bővült, amely a piacon található szoftverek egyikéről se mondható el.

4.3 Kezdeti adatok felmérése

A Penman-Monteith egyenlet alapján elkészült programmodult az alábbi 11. ábra segítségével ismertetem.

11. ábra: Evapotranszpirációt számító modul felülete

Budapest

Hőmérséklet (C°): 10.72

Páratartalom (%): 82

Szél sebesség(km/h): 3.6

Felhőréteg (%): 98

Adott régióra vonatkozó adatok lekérdezése

Evapotranszpiráció számítás

Evapotranszpiráció: 0,2887348046731502 mm/nap

A kezdeti manuális adatbeírás bár a tesztfelülethez még elfogadható volt, kijelenthető, hogy a gazdálkodók visszajelzései alapján okszerű olyan meteorológiai adatokkal dolgoznom, amelyek folyamatosan frissülnek és automatikusan generálják a napi evapotranszpiráció értékét. Ez főleg azért célszerű mert a rendszer így sokkal felhasználó-barátabb. A referencia evapotranszpiráció teszt számításai megfelelőek bizonyultak a további öntözési számításokhoz is. Értelemszerűen magasabb Kc értéknél nagyobb növényi párolgással kell számolni. A kapott Etc értékek (12. ábra) és napi lehulló csapadék mennyiségéből már elvégezhető egy öntözővíz szükséglet kalkuláció.

12. ábra: Különböző FAO-Kc értékekkel számolt Etc eredmények

Napi Eto	Kc érték	Etc
0,288873	0,35	0,101106
0,288873	1,25	0,361092
0,288873	0,6	0,173324
0,288873	0,35	0,101106
0,288873	1,15	0,332205
0,288873	0,35	0,101106
0,288873	0,3	0,086662
0,288873	1,15	0,332205
0,288873	0,4	0,115549

Lényegében a rendszer legnagyobb előnye, hogy a kezdeti adatbázis létrehozása után, hazai adatokkal fog dolgozni olyan szintig amennyire arra lehetőség van. A felhasználók saját méréseiket, eredményeiket és tapasztalataikat visszaszolgáltathatják a rendszerbe, ahol a beérkező adatokat egy hátsó fejlesztői gárda ellenőrzi és illeszti be a központi szisztémába. Akiknek problémája akad bármilyen szinten a rendszer használata közben azoknak valós idejű 0-24-es segítségnyújtás biztosítható az IT Supporttal, amely a mesterséges intelligencia integrációjával oldaná meg ezt a feladatot is.

A fejlesztés fő célja egy olyan szoftver létrehozása mely lényegében egy döntéstámogató rendszer. A felülete egyszerű, a kisebb területen és az alacsonyabb végzettséggel gazdálkodó embereket is beintegrálja a vízgazdálkodásba. Így lényegében a precíziós gazdálkodás fejlődése nem csak nagygazdaságok esetében lesz megfigyelhető. A többi szoftverrel ellentétben az AgroVoda nem csupán a beérkező eredményeket ismerteti, hanem azokat értékeli is, majd egyszerű és érthető utasításokat és javaslatokat készít a kapott adatok alapján. A mesterséges intelligencia tehát kalkulál egy rövid és hosszútávra alkalmazható mezőgazdasági tervet. Segít a betáplált és mért információk alapján a gazdálkodónak a növény faj és fajtájának megválasztásában, a helyes vetésidő kijelölésében, helyes agrotechnika megválasztásában stb. Lényegében az egész rendszer egy virtuális szaktanácsadónak tekinthető.

5 Következtetések és javaslatok

A felhasználói kérdőív, a piackutatás, a versenytárselemzés és a kezdeti adatok felmérésének segítségével a tervezett rendszerfelépítést az alábbi módon állítottam össze:

1. pillér-A felhasználó a saját területeit megadja, a rendszer számára szükséges kérdéseket megválaszol:
 - Milyen talajtípusok vannak a területein?
 - Van-e kiépített öntözőrendszere? Ha igen, milyen paraméterekkel rendelkezik? Mekkora terület öntözésére alkalmas? Milyen öntözőrendszer (csévélődő, lineár, center pivot, csepegtető)?
 - Milyen szórófejekkel és fűvókákkal rendelkezik? Milyen szivattyú áll rendelkezésre?
2. pillér- Benyújtja a rendszer számára csak manuálisan megadható adatokat:
 - Milyen növény van jelenleg a területeire vetve? (Jelenleg már műholdas ellenőrzéssel is megadható így tervezem a rendszerbe integrálását, mely kiegészül egy manuális javítási lehetőséggel is)
 - Mikor történt növény vetése? (Ebből az éppen aktuális fenofázis állapítható meg illetve a Kc érték (Crop coefficient))
 - Milyen talajfelszín-borítottság jellemző? (Jelenleg már ez is műholdas ellenőrzéssel megoldható, szintén integrálandó szegmens)
 - Részt vesz e bármilyen pályázatban, támogatásban?
 - Részt vesz-e a KAP területalapú támogatásban? Azon belül milyen egyéb támogatást vesz igénybe, ami hatással lehet a gazdálkodására (AÖP, termeléshez kötött, AKG)?
 - Milyen agrotechnikai módszereket tervez?
 - Van-e valamilyen egyéb eljárás, amit már alkalmaz például: mulcsozás, takarónövény?
 - Szenzorok által mért adatok manuális bevitele

3. pillér- A rendszer automatikus adatai

- Országos meteorológiai állomások adatai: a gazdálkodónak ezeket nem manuálisan kell beírnia, hanem a rendszer automatikus számítja a területhez legközelebb eső állomás mért adatai szerint
- Szenzorok automatizált módon beérkező adatai

Alacsony számban került kitöltésre a kérdőív, ezért lényegében az ebből kapott adatok nem tekinthetők teljesen reprezentatívnak. A megfelelő eredmények és a további kutatómunka érdekében célszerű a kérdőívet nyitottan hagyni és a folyamatos fejlesztésekkel párhuzamosan a felhasználók vízgazdálkodási szokásait és igényeit vizsgálni. Okszerűnek tartom a kérdőív szélesebb körben való terjesztését, ugyanis az online platformok jelentősen leszűkítették a válaszadók életkorát. Ez több személyes interjú és gazdálkodói fórumon való felmérések segítségével kiküszöbölhető és életkori szempontból diverzebb adatállomány kapható. Az eredmények alapján célszerű a rendszerhez Support háttérrel kialakítani, és különböző szoftverhasználati oktatóanyagokat létrehozni. A piackutatásnál kizárólag a top-down (fentről lefele) TAM, SAM, SOM került elemzésre, logikus lépés ennek bottom-up módszer szerinti elemzése is.

Versenytárselemzés segítségével bebizonyosodott, hogy az AgroVoda rendszernek több olyan tulajdonsága van, amiben innovatív tud lenni a piacon jelenleg is megtalálható szoftverekkel szemben. A versenytárselemzést tanácsos folyamatosan végezni a későbbi validációk során. Ezt értelem szerűen mindig új tulajdonságok felvételével érdemes kivitelezni és a piacon található előzőektől eltérő szoftverekkel összevetni. Lehetséges fejlesztési lépések lehetnek az öntözési közösségek szervezése, energia és víztakarékossági mérések elvégzése, az Európai Unió támogatások keretében meghirdetett Agrár-Ökológiai Program tanácsadás, valamint a gazdálkodási és permetezési napló integrálása is. Lehetőség szerint az elemzést mindig kövesse újabb validációs szakasz.

Az ET_0 kalkulátor a tesztek alapján kényelmi és időtakarékosági szempontból is előnyösebb egy közelben található mérőállomás automatikus adatainak átvételével és felhasználásával. A kalkulátor jelenleg átlagos K_c értékek segítségével számolja ki az ET_c -t. Ezt a továbbiakban a prototípus tervezett négy növényének (kukorica, napraforgó, búza, paradicsom) K_c értékeivel szükséges továbbfejleszteni. A kiválasztott fajokon belül a fajták és azok tenyészidejének összegyűjtése szükséges. Ezekből ugyanis kialakítható egy olyan adatbázis, amely a szoftverbe

betáplált algoritmusok segítségével a Magyarországon termesztett és forgalmazott fajták igényeit képes meghatározni.

6 Összefoglalás

Jelen korunk kiemelt feladata a helyes vízgazdálkodási gyakorlatok kialakítása, alkalmazása és monitorozása. Ehhez szükséges a komplex szemléletmód kialakítása. A gyakorlatban a technológiai fejlődése lévén már lehetőség van olyan automatizált rendszerek használatára, amelyek jelentősen könnyítik a gazdálkodók munkáját és optimalizálják a vízfelhasználást is. A hazai gazdálkodók részére azonban többnyire ezek nem magyar nyelven érhetőek el és nem hazai adatok vagy mérések alapján dolgoznak. Negatívumként kezelendő továbbá, hogy a rendszerek többsége kifejezetten csak az öntözéssel vagy ahhoz közvetlenül kapcsolódó munkafolyamatokkal foglalkozik, pedig a hazánk klimatikus adottságai megkövetelik a komplex vízgazdálkodási gyakorlat alkalmazását.

A fennálló problémára reflektálva állítottam össze a tervezett szoftver alappilléreit. A fejlesztéshez használt módszereket három fő csoportra osztottam, ezek a felhasználói kérdőív-piackutatás, a versenytárselemzés és a szükséges kezdeti adatok felmérései voltak.

A felhasználói kérdőív 26 elemből állt és három -agrár, pénzügyi, technológiai szekcióra alapult. Ebben a kitöltőknek nem csak válaszadásra, de vélemény kifejtésre, visszajelzésre is lehetőségük volt. Piackutatáshoz a TAM (Total Available Market), SAM (Servicable Available Market) és a SOM (Share of Market) bontást alkalmaztam. Versenytárs elemzéshez a szoftverhez tervezett tulajdonságokat összegyűjtöttem és négy másik a piacon jelenlévő szoftverrel -FarmLogs, CropX, Arable, AquaCrop összehasonlítottam. Végül az evapotranspirációt számító modult készítettem el, amelyhez a FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) ET_o- Evaporation from the reference surface 2012-es 3.2. verzióját tanulmányoztam. Az evapotranszspiráció számításához a Penman-Monteith-egyenletet alkalmaztam, a potenciális evapotranszspiráció értékeit pedig a FAO által meghatározott átlag növényi faktor, illetve az olajnövények és gabonanövények növényi faktor értékeivel szoroztam mellyel így a potenciális evapotranszspiráció határozható meg.

Kutatásaim alapján elmondható, hogy a gazdák nagy részét érinti az aszály és erre megoldásként kifejezetten csak az öntözés alkalmazását találják megfelelőnek jelenleg. A prototípus kezdeti verziójához négy növényrel célszerű dolgozni, ezek a búza, napraforgó, kukorica, és a paradicsom. Technológiai szempontból a táblagépen és telefonon használható rendszereket részesítik előnyben és negatívumként élik meg ha a rendszer túl bonyolult, nem magyar nyelvű, illetve, ha nem elérhető használati oktatóanyag vagy képzés. Nagy részük szívesen szolgáltatna vissza a felhőalapú rendszerbe saját maguk által mért adatokat,

eredményeket is. Összességében nagyon fontosnak tartják, hogy a vízgazdálkodási módszereik összhangban legyenek a területalapú támogatásaikkal. A tervezett tényleges piac 1000 mezőgazdasági cégből, 500 egyéni vállalkozóból, két egyetemből, 50 szaktanácsadóból és megyénként körülbelül 50 darab őstermelőből áll. A piacon szereplő vízgazdálkodási szoftverekhez képest az AgroVoda nagy előnye, hogy magyar nyelven készül, minden eszközön elérhető és integrálja az Európai Unió támogatási rendszert is.

A tényleges evapotranszpirációt számító kalkulátor manuális adatokkal az elvárt eredményt hozta, bár ezt felhasználói szempontból mérlegelve célszerű automatizált adatokkal a rendszerbe építeni. Ehhez megfelelőnek bizonyulnak az igen jó országos lefedettséggel rendelkező meteorológiai állomások eredményei. A próbaverzióknál használt Kc értékeket azonban időszerű a következő teszt előtt lecserélni a Magyarországon használatos fajták Kc értékeivel vagy tenyészidejével és ezeket egy adatbázisba összegyűjteni majd az algoritmusba beépíteni.

7 Irodalomjegyzék

- 1) Abo-Ghobar H.M. (1992) Losses from low pressure center pivot irrigation systems in a desert climate as affected by nozzle height
- 2) Almeida A.C.S, Mamédio M.R., Goelzer A., Rodrigez L. A., Mateos L. (2022) Agricultural Water Managment, Volume: 107
- 3) Araya A., Keesstra S.D., Stroosnijder L. (2010) Simulating response to water Teff (*Eragrostis tef*) with FAO's AquaCrop. Field Crops Research Volume: 116, Issues 1-2, o:196-204
- 4) Berkland, R., (2018) Shared or Community Center Pivot Projects. Farmer-Led Irrigated Agriculture: Seeds of Opportunity. Water for Food International Forum
- 5) Birkás M. (2017) Talajművelési ABC. Mezőgazda Lap- És Könyvkiadó Kft.
- 6) Budavári K. (1978) Mezőgazdasági vízhasznosítás: I. Öntözés. Mezőgazdasági Kiadó Budapest
- 7) Delirhasannia R, Sadraddini A.A., Nazemi A.H., Farsadizadeh D., Playán E. (2010) Dynamic model for water application using centre pivot irrigation. Biosystems Engineering, Volume 105, Issue 4, o.: 476-485
- 8) Dobriyal P., Qureshi A., Badola R., Hussain S.A. (2012) A review of the methods available for estimating soil moisture and its implications for water resource managment. Journal of Hydrology, Volumes 458–459
- 9) Evans R.G (2001) Center Pivot Irrigation
- 10) Fiala K., Barta K., Benyhe B., Fehérvári I., Lábdy J., Sipos Gy., Györffy L. (2018) Operatív aszály- és vízhiánykezelő monitoring rendszer Hidrológiai Közlöny 98. évf. 3. sz.
- 11) Foster T., Brozovic N., Butler A.P., Neale C.M.U., Raes D., Stedutoe P., Fereres E., Hsiaog T.C. (2017) AquaCrop-OS: An open source version of FAO's crop water productivity model. Agricultural Water Managment Volume: 181, p: 18-22
- 12) Füleky Gy. (2004) Talajvédelem, talajtan.
- 13) Iglesias A., Garotte L. (2015) Adaption strategies for agricultural water managment under climate change in Europe. Agricultural Water Managment, Volume:155, o.:113-124
- 14) Imam A., Francis S. (2021) PLC based Automated Irrigated System. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology. Volume: 9
- 15) Kereszturszky J., Pálfi J., Szilárd Gy., Thyll Sz., Vermes L. (1998) Mezőgazdasági vízhasznosítás
- 16) Kozák P., Pálfi I., Herceg Á. (2012). Palfai Drought Index (PaDI) – A Pálfi-féle aszályindex (PAI) alkalmazhatóságának kiterjesztése a délkelet-európai régióra. DMCSEE projekt tanulmány. 21-26.

- 17) Láng I., Csete L., Jolánkai M. (2007) A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok, A VAHAVA jelentés Szaktudás Kiadó Ház
- 18) Lengyel L., Magda S., Nemessályi Zs., Széles Gy. (2008) Üzemtan I. Szaktudás Kiadó Ház Budapest
- 19) Maheshwari C.V., Sindha D. (2014) Water Irrigation System using controller. International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science. Volume:02
- 20) Maosheng G., Pute W., Delan Z., Lin Z., Yaohui C. (2020) Optimized configuration of a hose reel traveling irrigator
- 21) Moreno M.A., Medina D., Ortega J.F., Tarjuelo J.M. (2012) Optimal desing of center pivot systems with water supplied from wells. Agricultural Water Managment, Volume:107, o.:112-121
- 22) New L.L., Fipps G. (1976) Center Pivot Irrigation. AgriLIFE EXTENSION Texas A&M System
- 23) Pálfa I. (1993) Belvizek keletkezése és szabályozása. Hidrológiai Közöny 73. évfolyam 1.szám
- 24) Pálfa I. (2004) Belvizek és aszályok Magyarországon. Hidrológiai tanulmányok KÖZDOK Kft., Budapest
- 25) Radics L., Ertsey A., Gál I., Pusztai P., Szemán B. (2003) Szántóföldi növénytermesztés. Szaktudás Házi Kiadó Budapest
- 26) Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E., (2009). AquaCrop–the FAO crop model to simulate yield response to water: II. Main algorithms and software description. Agron. J. 101, 438–447.
- 27) Sitkei Gy. (2004) Mezőgazdasági műszaki ismeretek. Szaktudás Kiadó Ház
- 28) Szalai Gy. (1989) Az öntözés gyakorlati kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó Budapest
- 29) Szalai J. (2009) Növények fenntartható Termesztése, Szaktudás Kiadó Ház Budapest
- 30) Szlivka F. (2003) A vízgazdálkodás gépei FVM Budapest- Gödöllő
- 31) Thyll Sz., Bukovszky L., Madarassy L., Sipos A. (1992) Talajvédelem és vízrendezés dombvidéken, Mezőgazda Kiadó
- 32) Tóth Á. (2005) A XXI. század öntözőrendszerei. VisionMaster Kiadó Gödöllő
- 33) Tóth Á. (2010) Öntözési praktikum. Aquarex'96 Kft. VisionMaster Kiadó Gödöllő
- 34) Tóth L. (2002) Elektronika és automatika a mezőgazdaságban Szaktudás Kiadó ház Budapest
- 35) Vanuytrecht E., Raes D., Steduto P., Hsiao T.C., Fereres E., Heng L.K., Garcia Vila M., Mejuas Moreno P. (2014) AquaCrop: FAO's crop water productivity and yoiield response model. Environmental Modelling& Software, Volume: 62, o: 351-360

- 36) Várallyay Gy. (1989) A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Agrokémia és talajtan, 38 (1-2). pp. 33-50. ISSN 0002-1873
- 37) Yao X., Zhang Y., Gao L., Yang Y. Yin W., Wang C., (2009) Ground water level measurements using a segmented resistance sensor. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference
- 38) Zazueta F.S., Xin J., (1993) Soil Moisture Sensors. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: Valasek Mónika

A Hallgató Neptun kódja: IJ85W5

A dolgozat címe:

Az AgroVoda vízgazdálkodási szoftver tervezése és használhatóságának lehetőségei

A megjelenés éve: 2023

A konzulens intézetének neve: Környezettudomány Intézet

A konzulens tanszékének a neve: Öntözésfejlesztési és Meliorációs tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan 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 mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori 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 repozitori rendszerében.

Kelt: Szarvas, 2023. év 11. hó 07. nap



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Valasek Mónika (hallgató Neptun azonosítója: IJ85W5) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Szarvas 2023. 11. 07.



belső konzulens