

OTDK-dolgozat

2025.

Budapesti Corvinus Egyetem

Elméleti modell a klímaváltozás hatásainak mérséklésére a magyar
vízgazdálkodásban

-

Theoretical model for mitigating the effects of climate change in the Hungarian
water management

Gémes Imre és Magyar Gergely

Konzulens: Ungvári Gábor

Kézirat lezárásának dátuma: 2023.04.17.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	1
2. Szakirodalom áttekintése.....	2
2.1. Magyarország vízrajzi sajátosságai.....	2
2.2. Célzott felszínalatti vízutánpótlás (MAR).....	3
2.3. Magyar vízügyi infrastruktúra.....	6
2.4. Közös Agrárpolitika	6
2.5. Termőtalajok minősége	8
3. Problémafelismerés és elméleti háttér.....	9
3.1. A fenntartható vízgazdálkodás akadályai.....	9
3.2. Jelenlegi helyzet felvázolása	10
3.3. Elméleti modell, megoldási keret lefektetése.....	12
4. Modellalkotás	13
4.1. Jelenlegi állapot modellezése	13
4.2. A közvetlen támogatási rendszer kiterjesztése.....	14
4.3. Kompenzációs rendszer bevezetése	17
4.4. A modell összefoglalása	19
5. A modell korlátjai, bővítési lehetőségek	19
6. Összegzés	21

1. Bevezetés

A klímaváltozás jelenlegi tendenciái Magyarországon is jelen vannak. Ennek hatására a jövőben egyre szélsőséesebb időjárási viszonyok várhatóak. A mezőgazdaságot érintő egyik legsúlyosabb probléma az aszály, a területek elsivatagosodása lesz (OVI, 2022). Ebből adódóan ahogy súlyosbodnak ezen hatások, a jövőben fokozottan felértékelődik a víz, mint természeti erőforrás szerepe. A helyes vízgazdálkodás segítségével ezek a környezeti problémák mérsékelhetőek, megfelelő tevékenységek kialakításával képesek lehetünk hosszú távon előre tervezni. Ez azért is fontos, mert a mezőgazdaság fokozottan kitett az időjárás viszontagságainak, a mezőgazdasági környezet kiszámíthatóbbá tétele fontos az ágazat számára.

Az aszály termőföldre gyakorolt negatív hatásainak elkerülésére léteznek megoldások, erre nemzetközi szinten számos példa található. Ennek egyik legköltséghatékonyabb módszere a felszíni beszivárogatás alkalmazása, amely emellett kiemelkedően eredményes a talaj vízkészleteinek feltöltésében is (Dillon és társai, 2019). Magyarországon nagy potenciál van ennek fejlesztésében, mivel jelenleg nem valósul meg széleskörű alkalmazása.

A második fejezetben összefoglaljuk a témában releváns szakirodalmat, kitérve az árasztásos technológia előnyeire, a magyar vízgazdálkodás sajátosságaira, valamint a mezőgazdasággal kapcsolatos vonatkozásaira. Ezt követően megvizsgáljuk, melyek azok a tényezők, amelyek hozzájárulnak ahhoz, hogy az árasztásos módszer nem terjedt el szélesebb körben. Egy elméleti modell segítségével javaslatot teszünk a problémák megoldására. A negyedik fejezetben felépítünk egy közgazdasági modellt, amely részletezi a mezőgazdasági termelők jelenlegi pénzügyi motivációit. A modell segítségével javaslatot teszünk a Közös Agrárpolitika közvetlen támogatási rendszerének kiterjesztésére, valamint létrehozunk egy kompenzációs rendszert, amely keretet biztosít a gazdák tevékenységének koordinációjához. Az ötödik fejezet kitér a modell esetleges korlátjaira és bővítési lehetőségeire.

Megállapítható, hogy a talajvíz feltöltő technológiák alkalmazásának útjában leginkább a jelenlegi mezőgazdasági támogatási rendszer, valamint az egyéni érdekellentétek állnak. Egy elméleti modell segítségével feloldjuk ezen problémákat, pénzügyi motivációt teremtve a valós termelési folyamatok melletti tevékenységek megválasztására.

2. Szakirodalom áttekintése

2.1. Magyarország vízrajzi sajátosságai

Magyarország kedvező vízrajzi adottságokkal rendelkezik: mind felszíni, mind pedig felszín alatti vízkészletekben bővelkedik. Az ország medence jellege és éghajlati tényezői meghatározóak a vízrajzi sajátosságok kialakulásában. Magyarország döntő többsége sík vidék, melyen alacsony esésű vízfolyások uralkodnak, tavaink relatíve sekély, nagy felületű képződmények.

A mintegy 9800 nyilvántartott vízfolyás vízhozamának többségét, megközelítőleg 95%-át a külföldről érkező vízfolyások együttese adja, melyből eredően a vízgyűjtő területeken domináló kontinentális és hegyi éghajlat mentén a folyók vízjárása térben és időben ingadozó (OVI, 2022:32). Az ingadozó felszíni vízfolyásokat megoldandó vízszabályozás gátak, mesterséges tavak és csatornarendszerek alkalmazásával csillapítja a szélsőséges kisvízi hiányt, illetve a nagyvízi többletet.

A felszín alatti vizek vízjárása az elszigeteltebb helyzetének köszönhetően sokkal kevésbé kitett az aktuális időjárási tényezőknek. Így a felszín alatti vizek ingadozása a felszíni vizekéhez képest mérsékelt. A legfelső vízzáró réteg feletti talajvíz átlagosan a terepszint alatt 2-5 méterrel helyezkedik el, ez azonban szélsőséges esetekben kitolódhat 0-16 méteres szintig is (OVI, 2022:31). A talajvíz szintje függ a felszíni vizek jellegétől, a csapadékmennyiségtől, valamint a talaj vízzáró és víztartó képességétől. Egyéb jelentős felszín alatti vizeink a rétegvíz, a karsztvíz és a hévíz.

A talajvíz vízkészletekbe való emberi beavatkozás általában vízkivétel, vagy olyan cselekedet, amely indirekt módon csökkenti a talajvíz mennyiségét. Ilyen beavatkozás például a parti szűréssel való vízkivétel, kutak ásása, vagy a felszíni ökoszisztémába való beavatkozás (vízgazdálkodás, mezőgazdaság). Az emberi beavatkozás azonban nem csupán a vizeink mennyiségére, de minőségére is hatással van. A szennyvízelvezetés, az ipari hasznosítás, a mezőgazdasági tevékenység és az egyéb anyagkörforgásba beavatkozó folyamatok káros anyagok megjelenését okozzák a felszíni vizeinkben, amely leszivárgással a talajvizet vagy akár mélyebb felszín alatti vizeket is érinthet. Az ily módon csökkentett minőségű vízkészlet felhasználása kevésbé hatékony, egészséges vagy éppen költségesebb, attól függően, hogy történik-e tisztítás a felhasználás előtt. Magyarországon a vizeink minősége döntő részben jó állapotban vannak, melyet, azoknak az országba kerülésekor való minősége, kisebb részben a saját terheléseink határozza meg (OVI, 2022:33).

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság vízgyűjtő-gazdálkodási terve (OVI, 2022:35-38.) szerint Magyarországon az aszályal és belvízzel fenyegetett területek többsége az Alföldön helyezkedik el. Az éghajlatváltozás következtében Magyarországon mind a felszíni, mind a felszín alatti vizek minősége és mennyisége csökkenő tendenciát mutat. Ennek hatására romlik az itteni ökoszisztémák állapota és csökken a kitermelhető víz mennyisége. Ez a talajminőség romlásához, elsivatagosodáshoz vezethet. Az időszakos aszályal súlytott területek mennyisége országszerte növekszik, leginkább az Alföld érintett. Emellett a Kisalfölddel karöltve ezen a területet veszélyezteteti belvíz és villámárvizek is. (OVI, 2022)

A többszörös veszélyeztetettség azonban nem feltétlen súlyosbító tényező. Az OVI (2022) szerint megfelelő „zöld infrastruktúra” kiépítésével jelentősen csökkenthető az egyes veszélyek mértéke. Leírásuk szerint a természetes süllyedések használhatóak víztárolási célokra, ezzel enyhítve a vízelvezető rendszerekre nehezedő nyomást nagyvíz idején. Ilyen árasztásos módszer bevezetésével csökkenthető a belvizeknek való kitettség, a talajerózió és az elsivatagosodás is. A tanulmány hozzáteszi, hogy a zöld infrastruktúra alkalmazását jelenleg a földtulajdonosok közötti együttműködés hiánya és az agrártámogatási rendszer akadályozza meg. Hasonló megállapításra jut Ungvári és társai (2018), akik Marosszög területén egyes mélyfekvésű területeinek elárasztását mérlegelték.

Az árasztásos zöld infrastruktúra kialakítása tehát számos előnnyel járhat, amennyiben megvalósul. Szerencsére efféle módszerekkel a társadalom már évezredek óta foglalkozik, a legújabb eredmények pedig jól dokumentáltak. A célzott felszínalatti vízutánpótlás (managed aquifer recharge, röviden: MAR) egy szerteágazó alkalmazott tudományterület, melynek elsődleges célja a felszín alatti vízkészletek fenntartható kezelése. Emellett számos határterülethez, így a talajminőséghez és a vízszabályozáshoz is kapcsolódik.

2.2. Célzott felszínalatti vízutánpótlás (MAR)

Látható, hogy a talajvízkészlet csökkenése valós probléma Magyarországon, megoldása pedig számos előnnyel járhat. A mezőgazdaság szempontjából a talajvíz, mint erőforrás túlfogyasztása csökkenti a termelékenységet és fokozza az aszálynak való kitettséget kisvíz idején. A célzott felszínalatti vízutánpótlás azonban segít meggátolni ezen negatív hatások érvényesülését a talajvíz feltöltésével.

A célzott felszínalatti vízutánpótlás a talajvíz mennyiségének, és vagy minőségének javítására fókuszált tevékenységek összefoglaló neve, amely a környezeti egység helyreállítását tűzi ki céljául, emellett esetlegesen későbbi megtérüléssel is járhat. Jellemzően természetes

vízforrások bevonásával történik a feltöltés, de megfelelő kezelés után előfordulhat a városi csapadékvíz vagy szennyvíz felhasználása is. A vízutánpótlás több formában is megvalósulhat. (IAH-MAR, 2018)

Dillon és társai (2019) szerint a felszínalatti vízfeltöltést és vízkivételt három különböző minőségi kategóriába lehet sorolni. Eszerint a tevékenység lehet véletlen (mély gyökérzetű vegetációk telepítése, vízhálózat eresztése), lehet vízkészlet felszámolás (ipari vagy esővíz elvezetés) és lehet szándékos vízkészlet építés, amely maga a célzott felszín alatti vízutánpótlás, vagyis a MAR. A kutatók négy különböző MAR eljárást állapítanak meg. A legrégebbi a beszivárogtatási területek alkalmazása, amely nagyobb felületek tartós elárasztását foglalja magába azzal a céllal, hogy a víz leszivárogjon és feltöltődjének a talajvíz készletek. Más, kevésbé releváns módszerek a parti szűrés alkalmazása, a vízterjesztés és a feltöltő kutak ásása.

A beszivárogtatási területek létrehozása a gyakorlatban adott területek elárasztását jelenti. Ezeken a földeken az állóvíz lassanként beszivárog az alsó rétegekbe, feltöltve a talajvízkészleteket. Jakeman és társai (2016) megállapították, hogy az árasztásos módszer a leginkább költséghatékony módszere a talajvíz feltöltésének, mivel ebben az esetben kihasználhatóak a természetes medencék, csupán a vízmennyiség eljuttatása a kérdéses. Mesterséges határok kialakítása valamivel költségesebb módszer, azonban ezzel pontosabban szabályozható, hogy mely területeket öntse el a víz. Wendt és társai (2016) hasonló következtetéseket vontak le: a földterületek elárasztása valóban költséghatékony módszere a felszínalatti vízutánpótlásnak, azonban ennek különböző vonatkozásaira is rámutatnak. Amennyiben az árasztás nem kellően tiszta vízzel történik, a vízbeszivárgás veszélyezteti a terület ökoszisztémáját, csökkentve annak természetföldrajzi kilátásait és felhasználási megtérülését, a későbbi esetleges vízkivétel pedig felhasználástól függően költségesebb vagy kevésbé hatékony lesz. Más kutatók kiemelik, hogy a felszín alatti vízkészletekkel való gazdálkodás elválaszthatatlan a felszíni vizektől (Scanlon és társai, 2016).

A három tanulmány mentén levonható a következtetés, hogy a felszín alatti vízkészletek feltöltésére az egyik leghatékonyabb módszer a mesterséges árterületek kialakítása. Ez azonban csak akkor előnyös, ha a felhasznált víz nem szennyezett, különben a tevékenység hozzáadott értéke alacsony, szélsőséges esetben káros is lehet. Annak érdekében pedig, hogy hosszútávon fenntartható legyen a jó minőségű vízutánpótlás, elengedhetetlen a felszíni és a felszín alatti vízkészletek interakcióinak összehangolása. Ez abban mutatkozik meg, hogy az árasztás csak tiszta vízzel történhet.

Az árasztás nem csupán a vízkészletek feltöltésével jár, hanem drasztikusan beavatkozik a helyi ökoszisztémába, ezzel a talaj minőségébe és összetételébe is. Ezt a folyamatot részletesen leírja Levintal és társai (2023) tanulmánya. A mezőgazdasági célzott felszínalatti vízutánpótlás (Ag-MAR) a MAR mérlegelése mezőgazdasági szempontból. Utóbbi tanulmány a Ag-MAR alkalmazásának talajjal kapcsolatos vonzatait tárgyalja. A talajra gyakorolt hatás három fő kategóriára bontható. A fizikai hatás az árasztással járó vízbeszivárgás mellett iszap és üledék megjelenését eredményezheti a talajszinten. Ez az esetek többségében javítja a talaj termőképességét, azonban pontos körütekintést igényel a megfelelő víztest kiválasztása, amellyel aztán az árasztás történik. A kémiai hatás az árasztás anyagátalakulását tárgyalja, míg a biológiai hatás a talaj árasztás alatti és az azt követő vegetációját vizsgálja. Általában az utóbbi két hatás szintén pozitív végkifejletű a talaj termőképességére nézve, azonban a kutatók hasonló megállapítást tesznek, mint Scanlon és társai (2016): a nem megfelelő minőségű víztesttel való árasztás károsíthatja a talajt. (Levintal és társai, 2023)

Dahlke és társai (2018) az utóbbi megállapításokhoz hasonló eredményekkel zárták kaliforniai esettanulmányukat. A kutatók arra az eredményre jutottak, hogy az árasztás kedvezően hat a talaj oxigéntartalmára, amely elengedhetetlen a mezőgazdaságban. Árasztás idején az oxigéntartalom lecsökken, utána viszont az eredeti szint fölé emelkedik. Ez azonban csak akkor valósulhat meg, amennyiben a víz leszivárog a mélyebb rétegekbe, ezáltal kedvezőbb feltételeket teremtve a legfelső talajrétegben. Fontos megemlíteni, hogy az esettanulmány téli árasztással valósult meg. A hideg víz viszkozitása magasabb a melegenél, így a leszivárgása lassabb (Jakeman és társai, 2016). Nagyvíz idején tehát, amikor az átlaghőmérséklet is emelkedik, a vízbeszivárgás könnyebben megvalósul, ezzel csökkentve a később fellépő oxigénhiányt.

Az Ag-MAR kockázata leginkább a nem megfelelő, szennyezett vízzel való árasztás (Jakeman és társai, 2016; Wendt és társai 2021). Emellett az árasztás negatív hatással van a nitrogén ciklusra, mivel a felszíni víz képes kioldani a talajban megkötött nitrogénvegyületeket (Levintal és társai, 2023). Összességében azonban az árasztás körültekintő alkalmazása feltölti a talajvíz készleteket és javítja a talajminőséget. Megtérüléséhez képest azonban a gyakorlati alkalmazásra kevés példa található (Alam és társai, 2021).

Alam és társai (2021) megállapítják, hogy az Ag-MAR technológiák azok előnyei ellenére széleskörű alkalmazása hiányzik. Ezt a jelenséget arra vezetik vissza, hogy nehézkes a terület meghatározása és a konkrét megvalósítási módszer megalkotása. Az Országos Vízügyi Főigazgatóság (2022) hozzáteszi, hogy a MAR alkalmazásához Magyarországon hiányos a

földbirtokosok együttműködési rendszere, valamint a jelenlegi agrártámogatási rendszer (lásd: 2.4. pont).

2.3. Magyar vízügyi infrastruktúra

Ezen fejezet a magyarországi vízügyi szabályozás, a vízfelhasználás és az infrastruktúra igénybevétele hivatott részletezni. A szabályozási környezet és az árazási rendszer kiemelt szerephez jut a vízfelhasználás, a vízgazdálkodás és a vízkészletek kezelésével kapcsolatos technológiák tárgyalásával kapcsolatban, így ezek mélyebb megértése elengedhetetlen dolgozatunk megalapozásához.

Az öntözéssel kapcsolatos árazási mechanizmusok zömét a 43/1999. (XII. 26.) KHVM rendelet a vízkészletjárulék kiszámításáról tartalmazza. A vízkészlet öntözéses felhasználásának díját az 1. melléklet tartalmazza. A felhasznált öntözővíz ára arányos a mennyiséggel, de számos más tényező is befolyásolja. Ezen tényezők a terhelési szorzó, a mérési szorzó és az alapjárulék. Utóbbi a vízkészlet jellegétől, a vízkivétel környezeti, valamint társadalmi-szociális hatásától függ. Az öntözési célra lekötött vízkészlet rögzíti a felhasználható vízmennyiséget.

A vizekkel és vízellátási-művekkel összefüggő feladatkörök leírását az 1995. évi LVII. Törvény a vízgazdálkodásról tartalmazza. Eszerint az infrastruktúra karbantartásának feladata több szereplőt is terhel. Ezek az államot képviselő vízügyi igazgatósági szervek, önkormányzatok, valamint az infrastruktúrát igénybe vevő egyének. Magyarországon megkülönböztetésre kerül öntözőcsatorna, belvízelvezető csatorna és vegyes felhasználású csatorna (OVI, 2022). Az öntöző- és belvízelvezető infrastruktúra fenntartása állami feladat. Belvízelvezetés esetén a gazdálkodókra csupán a vízmozgatás terhe nehezedik. Öntözés esetén a gazdálkodó köteles megtéríteni a víz eljuttatásának költségeit, a vízkészletjárulékot és az infrastruktúra fenntartási díját is.

2.4. Közös Agrárpolitika

A mezőgazdaság az egyik legfontosabb felhasználója a vízhálózatnak. Ezáltal a földterületeket megművelő gazdák döntenek egy-egy földbirtok sorsáról, amelybe beletartozik a döntés, hogy elárasztják-e azt. A mezőgazdaság kiemelten támogatandó ágazat, hiszen létfontosságú társadalmi szempontból is. Ezért az országok, és országok felett álló együttműködések is igyekeznek támogatni azt, és ösztönözni a fejlődést.

A Közös Agrárpolitika (Common Agriculture Policy) az Európai Unió által biztosított, a világon az egyik legnagyobb mértékű agrártámogatási rendszer (Pe'er és társai, 2019). Ennek jelentőségét az jól szemlélteti, hogy a 2014-2020-as időszakban az EU költségvetésének körülbelül 36%-át teszi ki, korábban pedig a teljes költségvetés 70%-át is elérte (Halmai és társai, 2020). A rendszer egyidős az Unióval, már a kezdetekben is kiemelték a közös mezőgazdaság fontosságát. A KAP szabályozásainak fő területe a közös piacpolitika (Halmai és társai, 2020). Ez szükséges ahhoz, hogy egységesek legyenek a piaci szabályok az országok között. A támogatási rendszer alapvetően két pillérre épül: az I. pillér jövedelmi támogatásokra és piaci intézkedésekre, a II. pillér pedig vidékfejlesztési programokra terjed ki. Az első pillérre elkülönített összeg fedi le a támogatások nagyobbik részét, 2019-ben ez 69,4%-ot jelentett (Pe'er és társai, 2020).

A bevezetésben tárgyalt probléma szempontjából az I. pillér támogatási rendszere az, amely releváns. Ez esetben a támogatások jelentős része közvetlen támogatást jelent, amelyet jellemzően hektáronként fizetnek ki a gazdáknak, akik művelik a földjüket (Pe'er és társai, 2020). Magyarországon az I. pillér teljes költségvetése 6,809 milliárd euró. Ebből a közvetlen támogatások mértéke 6,632 milliárd eurót tesz ki. (NAK, 2023a)

A közvetlen támogatások legnagyobb részét, 54,6%-át az alaptámogatások teszik ki. Ennek a mértéke hektáronként 147 euró lesz a tervek alapján. Tehát a támogatások legnagyobb mértéke a használatba vett termőföld mennyiségétől függ, és a rendszerben nincsen ösztönző más, alternatív opciókat választani. Azonban 2023-tól a gazdáknak az alaptámogatás igényléséhez meg kell felelniük a Feltételeesség előírásrendszerének, amelynek célja, hogy a gazdák megfeleljenek a KAP új, fenntarthatóbb szemléletének. (NAK, 2023a)

A Feltételeesség szabályrendszere a Kölcsönös Megfeleltetés – Helyes Mezőgazdasági és Környezeti Állapot (HMKÁ) előírásaiból, valamint a Jogszabályban Foglalt Gazdálkodási Követelményekből (JFGK) épül fel (NAK, 2023a). Elsősorban a HMKÁ mentén történtek szabályozások, a 2023-tól 2027-ig tartó időszakban összesen 9 darab HMKÁ előírást hoztak létre (NAK, 2023b). Ezek igyekeznek biztosítani a következő KAP egyik fókuszát, a fenntarthatóságot és klímavédelmi intézkedéseket. A Közös Agrárpolitika következő ciklusának egyik fő fókuszában a fenntarthatóság lesz (Barral & Detang-Dessendre, 2023). A korábbi reformokba fokozatosan épültek be ezek a célok, és a 2023-2027-től kezdődően lesz rajta a legnagyobb hangsúly.

A Feltételeesség szabályrendszerében újdonságként megjelenik a vizes területek védelme, amelynek bevezetése azonban csak 2025-ben kezdődik meg a HMKÁ 2 előírásoknak megfelelően (NAK, 2023b). Viszont mivel Magyarországon csak később kerül bevezetésre, ezért jelenleg ennek a pontnak az előírásai és betartandó gyakorlatai még tisztázatlanok.

A biológiai sokféleség megőrzésére is vannak előírások a következő ciklusra (HMKÁ 8). A nem termelő területek és a tájképi elemek minimálisan előírt arányára két választási lehetőséget biztosítanak. Az egyik esetben minimum 4%-nak kell lennie a kifejezetten nem termelő területnek vagy tájképi elemnek egy gazdaság összes szántóterületén. A másik lehetőség, hogy a szántóterület legalább 7%-a nem termelő terület vagy tájképi elem, ennek megoszlása pedig a következő: legalább 3% parlagon hagyott földterület vagy nem termelő tájképi elem, a maradék 4% viszont megengedett a termelési célú használat is, növényvédő szerek alkalmazása nélkül vagy nitrogénmegkötő növények termesztésével. (NAK, 2023b)

Azonban korábbi rendszereket is számos kritika érte, ezért az ökológiai célokat is érdemes kritikusan kezelni. Pe'er és szerzőtársai 2020-as cikkükben pont a fenntarthatósági célok szükségességét emeli ki. Kiemelik, hogy a fenntarthatóság szempontjából a korábbi KAP rendszerek gyengén teljesítettek, és nagyobb hangsúlyt szükséges erre fektetni. A szerzők egy 10 pontból álló akciótervet javasolnak, amelynek az egyik eleme a közvetlen kifizetések rendszerének teljes átgondolása. Viszont a 2023-2027-es tervben ez a javaslat egyelőre nem valósult meg, a közvetlen kifizetések továbbra is jelentős részét teszik ki a KAP teljes költségvetésének, annyi változással, hogy ösztönözve vannak a gazdák az ökológiailag fenntarthatóbb mezőgazdaságra (NAK, 2023b).

2.5. Termőtalajok minősége

A mezőgazdasági termelés egyik legfontosabb függő tényezője a termőtalaj minősége. Ahogy fejlődött a technológia, egyre pontosabban meg lehetett határozni azt. Ahhoz, hogy egy elemzésben fel lehessen használni a talajminőséget, meg kell vizsgálni, milyen értékelési rendszert használnak fel Magyarországon általánosan.

Erre jelenleg az aranykorona rendszert használják az országban, mint földértékelési mutatószám (Szabó és társai, 2018). Ez a rendszer több száz éve használatban van, eredetileg II. József császár nevéhez fűződik, és 1887-ben lépett hatályba (Bobvos, 1996). Habár a köztudatban úgy jelentek meg, mint a termőterület minőségét jelentő mutató, ez elsősorban egy közgazdaságtani mutatószám. Viszont ez a korából is adódóan egy korszerűtlen értékelési rendszer. Bobvos (1996) arra mutat rá, hogy különösen a közgazdasági tartalma nem releváns

napjainkban, mivel a földminőség jóval lassabban módosul, mint a gazdasági környezet. Viszont később kitér arra is, hogy az 1960-as években megkezdődött talajjavítási munkálatok eredményeképpen már a talaj minőségét sem tudja jól jelezni.

A rendszerváltást megelőző évtizedekben törekvések indultak meg egy új, pontosabb termőföldértékelési rendszer kialakítására. Ennek a keretein belül egységesen, szakértők segítségével elvégeztek egy komplex értékelési folyamatot, amelynek a mértékegysége a talajértékszám, egy 1-100 közötti skálán minősítve az egyes termőtalajokat (Bobvos, 1996). Ez bevezetésre került az ingatlan-nyilvántartásban, viszont általánosan nem sikerült elterjednie a földértékelésekben (Szabó és társai, 2018). Ennek az egyik legfőbb oka a rendszerváltás volt, az ezt követő időszakban is az aranykorona rendszere maradt érvényben. A kétezres évek elején kialakult egy új módszertan, a D-e-Meter földminősítési rendszer, amely statisztikai alapokon nyugszik, viszont ez sem volt képes leváltani a mostani értékelést (Kocsis és társai, 2008).

Ezt a három módszert Kocsis és szerzőtársai a 2008-as cikkükben megvizsgálták Csongrád megyében, Hódmezővásárhely és Székkutas között. Az eredményeik alátámasztják azt a feltételezést, hogy az aranykorona rendszere elavult, és szükség van egy modernebb talajminőség értékelési rendszerre. A D-e-Meter rendszer sajátossága, hogy növény-specifikus, ezáltal kevésbé képes általános mutatószámként működni, viszont sokkal jobban az igényekhez igazítható (Kocsis és társai, 2008).

A fentiek alapján látható, hogy a jelenleg Magyarországon alkalmazott földminősítési rendszer elavult, nem képes megbízható adatokat biztosítani a termőtalajok tényleges minőségéről. Habár alternatívák léteznek, ezek nincsenek széles körben elterjedve ahhoz, hogy részletes elemzést lehessen velük végezni.

3. Problémafelismerés és elméleti háttér

3.1. A fenntartható vízgazdálkodás akadályai

Az éghajlatváltozás következtében a talaj vízkészleteinek kimerülése nagy fenyegetést jelent a mezőgazdasági szereplőkre. A szakirodalom összefoglalásában felvázoltuk, miért lehet az árasztásos módszer egy reális alternatíva a gazdáknak egy fenntarthatóbb mezőgazdasági termelés felé való elmozdulásra. A jelenlegi rendszerben azonban több tényező is jelen van, amely ezt akadályozza.

A két fő akadály a jelenlegi Közös Agrárpolitika támogatási rendszere, valamint az együttműködési képesség hiánya a gazdák között (OVI, 2022). Az Agrárpolitika közvetlen

támogatásainak hatására a gazdák pénzügyi motivációi nem esnek egybe a hatékony termelésre vonatkozó motivációikkal. Emellett fellép a gazdák koordinációjáért felelős szervek hiánya, melynek következtében a közös érdekek alárendelődnek az egyéni céloknak.

A dolgozat célja ezen problémák feloldása egy elméleti közgazdaságtani modell megalkotásával. Az árasztásos technológiák szélesebb körű elterjedése Magyarországon hosszútávon képes lehet mérsékelni a klímaváltozás szélsőséges hatásait. A támogatási rendszer újragondolása önmagában nem jelent megoldást, szükség van a mezőgazdasági szereplők koordinációjának megvalósulására is.

3.2. Jelenlegi helyzet felvázolása

Ebben az alfejezetben elkezdjük felépíteni a közgazdasági modellünket, amelynek első lépése a jelenleg működő rendszer leegyszerűsített pénzügyi modellezése.

Két típusú termőföldet különböztetünk meg termőtalaj-minőség szempontjából: alacsony hozzáadott értékűt és magas hozzáadott értékűt. Előbbi esetben a termőterület nem alkalmas magas megtérülésű mezőgazdasági földművelésre. Más felhasználásra, például legeltetésre viszont megfelelő. A magas hozzáadott értékű földterületen lehetőség van intenzív mezőgazdasági földművelésre, ahol jelentős a termésből származó profit mértéke.

Ezek mellett meghatározunk két világállapotot: az első esetben a gazda úgy dönt, alkalmazza az árasztásos módszert, a második esetben pedig a föld megművelését választja. Árasztásos módszer esetében a terület nem alkalmas földművelésre és mezőgazdasági termelésre az árasztás ideje alatt. Ez az időszak viszont nem fed le egy teljes termelési időszakot, csak lerövidíti. Tehát az időszak további részében lehetséges mezőgazdasági tevékenység. Ezen felül az árasztás következtében javul a talaj minősége és az aszályal szembeni ellenálló képessége, amely a jövőben magasabb termelékenységet eredményezhet. A második esetben nem történik árasztás, hanem mezőgazdasági termelés folyik az adott területen.

A következőkben megvizsgáljuk a különböző világállapotok és termőtalaj-minőség szerinti pénzbeli megtérüléseket. Felsoroljuk azokat a tényezőket, amelyek befolyásolják a különböző forgatókönyvek esetén elért megtérülést. Az első komponens a vízügyi infrastruktúra használati díja, amely arányos a felhasznált víz mennyiségével. Ezt két célra használhatják fel: öntözés és az adott terület elárasztása. A második komponens a talaj minőségének javításából eredő pénzügyi többlet. A további tényezők a földművelés költsége, a

termelésből származó profit, valamint a Közös Agrárpolitika mentén folyósított közvetlen támogatások. Az 1. Táblázat tartalmazza a négy lehetséges helyzet kombinációját, ahogyan a gazdák dönthetnek a saját földterületük hasznosításáról.

	Árasztás	Földművelés
Alacsony minőségű talaj	1.	2.
Magas minőségű talaj	3.	4.

1. Táblázat: A világhelyzetek és a termőtalaj-minőség lehetséges kombinációi.

Saját táblázat.

A következőkben röviden felvázoljuk azt, hogy hogyan állhat össze az egyes helyzetekben a gazdálkodók profitja.

Az 1. esetben az alacsony minőségű termőterületet a gazda elárasztja vízzel. Az árasztás költsége a vízügyi infrastruktúra használatából adódik, amely arányos az árasztáshoz felhasznált vízmennyiséggel. Az árasztás megtérülése a termőképesség és az aszálynak való ellenálló képesség pénzügyi többlete. Emellett a földterület árasztás utáni művelésének költsége a rövid termelési időszaknak köszönhetően alacsony, megtermelt érték pedig az alacsony minőség ellenére, az árasztás következményeként közepes a termelési időhöz képest.

A 2. esetben a gazda úgy dönt, az alacsony minőségű termőtalaján mezőgazdasági tevékenységet végez. Ekkor a termelés hozama alacsonyabb lesz, mint egy jobb minőségű termőföld esetében, viszont még mindig magasabb, mint az 1. esetben, mivel a teljes termelési időszakban végez mezőgazdasági munkát. Ezen felül igényelheti a közvetlen támogatást is a megművelt területek után. A végső profitjából le kell vonni az öntözésre felhasznált vízügyi infrastruktúra-használat díját és a földművelés költségeit. Itt árasztás nem történik, így ennek költségei sem lépnek fel.

A 3. esetben a művelendő földterület magas minőségű talajjal rendelkezik. Mivel ekkor a gazda az árasztás mellett dönt, a termelés hozama alacsonyabb lesz, azzal szemben, mint amikor úgy dönt, nem áraszt, hanem a teljes termelési időszakban megműveli azt. Viszont ez esetben valamekkora mértékben itt is javul a talaj minősége, amely hosszútávon növeli a termelésből származó bevételt. Ilyenkor az egyetlen költség a vízügyi infrastruktúra használatából adódik.

A 4. esetben a jó minőségű termőtalaj a teljes termelési időszakban megművelésre kerül. Ilyenkor maximális a termelésből származó bevétel. Ezen felül igényelheti a közvetlen

támogatásokat, és a költségei közé az öntözéshez felhasznált vízügyi infrastruktúra használati díja, valamint a földművelés költségei tartoznak. Ebben az esetben sem árasztjuk el a földterületet, így ennek költségei nem merülnek fel.

A Közös Agrárpolitika közvetlen támogatásai jelenleg nem terjednek ki a vízzel elárasztott területekre, a szántóföldekre viszont igen (NAK, 2023b). Ezek a támogatások viszont olyan mértékűek, hogy a gazdák sok esetben arra vannak ösztönözve, hogy a rossz minőségű termőtalajt is beszántsák és felvegyék utána a közvetlen támogatásokat (Brady és társai, 2017; Žičkienė és társai, 2022). Még akkor is, ha egyébként a támogatás nélkül az árasztásos helyzet termelési vonzatai magasabbak hosszútávon, mivel az árasztás által az adott terület ellenállóbb lesz a környezeti viszontagságoknak és jövedelmezőbb termelés folyhat. Ennek következtében a pénzügyi ösztönzők nem feltétlenül a tevékenység hozzáadott értéke szerint optimalizálnak.

3.3. Elméleti modell, megoldási keret lefektetése

A jelenlegi rendszerben a támogatásokkal történő mesterséges beavatkozás miatt a pénzügyi motivációk sok esetben nem esnek egybe a magas hozzáadott értékű termelésre való motiválással. Az elméleti modellünk célja, hogy reagáljon erre az anomáliára, és létrehozzon egy olyan rendszert, amelyben a gazdák pénzügyi motivációi úgy teljesülnek, hogy közben a különböző minőségű termőföldeken a talaj minősége szempontjából leghatékonyabb felhasználás folyik. Mivel a gazdák preferenciasorrendjében a pénzügyi ösztönzők lesznek az első helyen, a modellt úgy kell megalkotnunk, hogy ilyen szempontból is érdemes legyen akár az árasztást választaniuk a gazdáknak. Egyensúlyt kell találni oly módon, hogy ne történjen meg a jelenlegi helyzet ellenkezője, vagyis ne teremtsünk olyan pénzügyi ösztönzőket, amelyek túlzottan jutalmazták az árasztásos módszert.

Ehhez a modellünket két lépésben állítjuk össze. Először találunk kell egy alternatívát a Közös Agrárpolitika közvetlen támogatásai által okozott túlzott művelésre. Ezt követően felvázolunk egy olyan kompenzációs rendszert, amellyel a gazdák egyéni érdeke helyett a közjót helyezzük középpontba, növelve ezzel az általános társadalmi jólétet.

Azért, hogy a rendszer működőképes legyen, megállapítjuk a kompenzációhoz szükséges transzferek mértékét, amelyeket az egyes gazdáknak teljesíteniük kell. A transzfereket úgy határozzuk meg, hogy akinek az egyéni érdeke is azt diktálja, hogy árasztjuk el a földjét, kompenzációt fizessen azok számára, akinek az egyéni érdeke az árasztás ellen szól. Akkor érdemes az árasztás mellett dönteni, amennyiben az adott területen ez az összjólét

növekedéséhez vezet. Ebben az esetben a kompenzációban részesülteknek meg fogja érni az árasztás, mivel a kompenzáció mértéke a pozitív összegű játék következtében olyan magas, amely eredményeképpen az egyéni érdekük is az árasztás mellett van. A kompenzációt fizetők annyi többletbevételre tesznek szert az árasztás következtében, hogy az ő egyéni érdekük is azt diktálja, hogy beleegyezzenek a kompenzáció fizetésébe.

Ezen modell megvalósításához a korábban felvázolt keretrendszerünkön módosítanunk kell. A valóságban a termőföld minősége nem egy bináris, hanem egy folytonos változó. Erre egy példa a már említett 100-as értékelési rendszer. A továbbiakban azzal a feltételezéssel élünk, hogy a talajminőség mérhető, létezik egységes és releváns módszere, valamint ez egy skálán helyezhető el.

4. Modellalkotás

4.1. Jelenlegi állapot modellezése

A továbbiakban azt szeretnénk modellezni, hogy egy adott földterület mekkora profitot hozhat a gazdának az előző fejezetben kifejtett két világhállapot esetében (árasztás vagy földművelés). Ha a gazda úgy dönt, megműveli a földjét, akkor az adott időszaki profitját az (1) egyenlet írja le. Az árasztás esetén realizálandó profitot a (2) egyenlet írja le.

$$\pi_T = A(TM \cdot \alpha - (V + I + F)) \cdot t_T + A \cdot KAP \quad (1)$$

$$\pi_A = A(TM \cdot \alpha - (V + I + F)) \cdot (t_T - t_A) - A(V + I) \quad (2)$$

Ahol π_T jelöli azt a profitot, amelyre az adott gazda t_T időszak alatt A területű földmennyiség mentén tesz szert, míg ennek az árasztásos megfelelője π_A . A termés minőségét, így a profitot is nagyban meghatározza a termőtalaj minősége. A talaj ezen profitra váltható termelési képességét TM jelöli. Tudjuk, hogy a talaj termelékenységére pozitív hatással van az árasztás közvetlen és közvetett módja is. Ezt az árasztásos hozzáadott értéket a talajminőség felskálázásával modellezzük, melyre az α együtthatót használjuk. α a közvetett és a közvetlen hatások egyvelege, vagyis felírható a következőképpen:

$$\alpha = 1 + \beta + \gamma \quad (3)$$

Ahol β a saját termőterület elárasztásából adódó közvetlen talajminőség javulás, míg γ a közvetett, szomszédos területek elárasztásából származó saját jövedelem. Ezen két érték együttesen a saját talajminőség javulását hivatott modellezni. Értelemszerűen amikor a saját földterület nem kerül elárasztásra, β értéke 0, csakúgy, mint γ értéke, amennyiben a

szomszédos területek sem kerülnek árasztás alá. A szakirodalom alapján tudjuk, hogy β és γ értéke pozitív (Levintal és társai, 2023), azok pontos meghatározása viszont túlmutat a dolgozat célján.

A termelési képességből származó profitból a termelési költségeket kivonva (V az öntözéshez vagy árasztáshoz felhasznált vízmennyiséget, I a vízügyi infrastruktúra használatának költségét, F pedig a földterület megművelésének költségét jelöli) megkapjuk az adott földterületre és időegységre jutó nettó termelés pénzügyi megtérülését. Ezt a megművelt föld területével (A) és a termelés idejével megszorozva, megkapjuk a termelésből eredő jövedelmet. t_T jelöli azt az időszakot, amely alatt a földterületen termelés folyhat, míg t_A az az idő, amely alatt a földterületen már termelés folyhatna, de el van árasztva.

Ezek azok a tényezők, amelyek az (1) és (2) egyenletben is jelen vannak. Az (1) egyenlet végén még megjelenik a földművelés miatt felvett közvetlen támogatás (KAP), amely mértéke a megművelt területtel arányos. A (2) egyenletben az árasztáshoz szükséges többletköltség jelenik meg, amely szintén arányos a területtel.

4.2. A közvetlen támogatási rendszer kiterjesztése

Az (1) és (2) egyenlet hivatott leírni a jelenlegi helyzetet, amelyben az árasztásra nem létezik külön támogatás, így nincsen mindenki ösztönözve arra, hogy termelési szempontból a saját termőföldjét a lehető leghatékonyabban vegye használatba. Ez meggátolja a hatékony mezőgazdasági működést, és kevésbé ellenálló az aszályos időszakoknak. A következőkben egy olyan kiegészítést terjesztjük elő a Közös Agrárpolitika közvetlen támogatási rendszerének, amely segít feloldani a fentebb említett problémát.

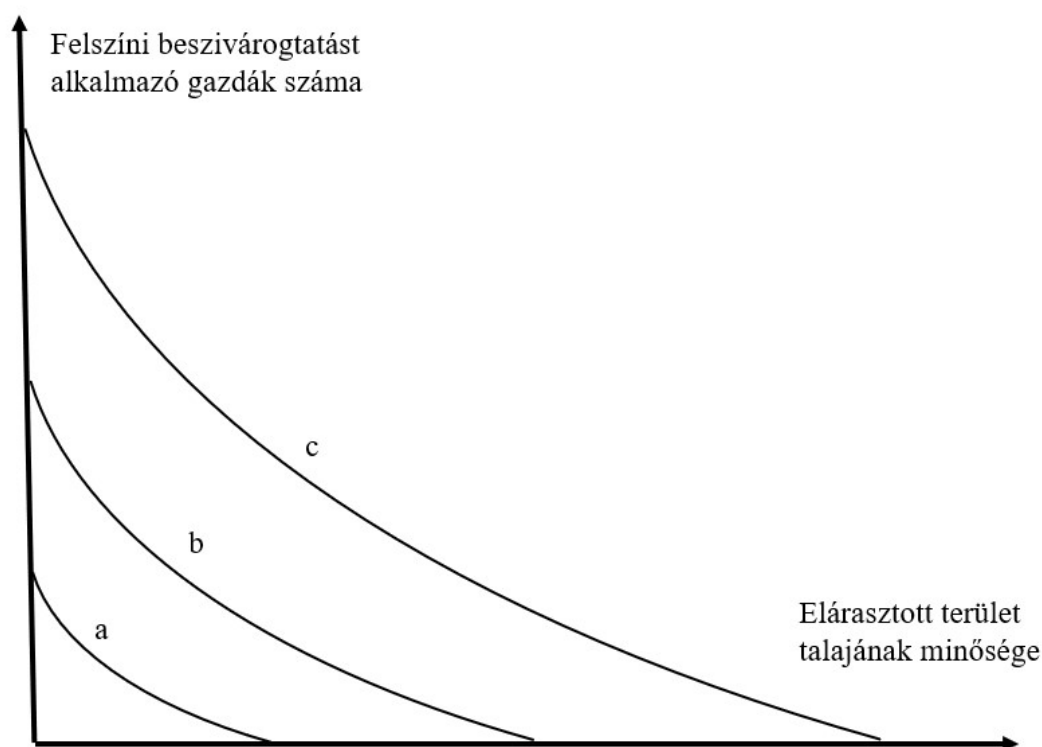
A közvetlen támogatások jelenleg a megművelt földterületek után járnak (NAK, 2023a). Ez alapvetően azokat a termelőket hivatott védeni, akik intenzív földművelést jövedelmezően képesek végezni. Azonban azok a gazdák is beszántják a területüket, akiknek a földje erre nem a legalkalmasabb, mert a támogatás aránytalanul nagy pénzügyi ösztönzőt jelent a mostani rendszerben. Ezzel ezen gazdák elmulasztják az árasztás jelentette pozitív hatást a termőtalajra.

A támogatási rendszer kiegészítésével azt akarjuk elérni, hogy a támogatási rendszer ne befolyásolja a gazdáknak a mezőgazdasági tevékenységét. Vagyis valamennyi területen az a tevékenység valósuljon meg, ami a termelés szempontjából hosszútávon a leginkább optimális.

A közvetlen támogatások általunk javasolt kiterjesztésében kiegyensúlyozzuk a jelenlegi támogatási rendszert azáltal, hogy a földjük elárasztása mellett döntő gazdák is részesülhetnek

támogatásban. A kis vizes területek védelméről a Közös Agrárpolitika a 2023-2027-es ciklusban már nyilatkozik, azonban ezek bevezetésénél Magyarország él az Európai Bizottság engedményével, és csak 2025-től vezet be előírásokat (NAK, 2023a). Ennek következtében a földterületek elárasztása pénzügyileg is vonzóbbá válik, ezzel visszabillentve a jelenlegi támogatási rendszer által okozott kiegyensúlyozatlan állapotot.

Két kritérium mentén döntünk az elárasztott területekre vonatkozó közvetlen támogatásokról. A támogatás mértékének elegendőnek kell lennie ahhoz, hogy akinek termelési szempontból megérni elárasztani a területét, pénzügyileg is vonzó legyen. Viszont az árasztási támogatások mértéke nem haladhatja meg azt a szintet, amely esetén olyan gazdák is igénybe veszik, akik jelenleg is képesek intenzív földművelést jövedelmezően végezni.



1. Ábra: Az elárasztott területek száma a talajminőség függvényében az elárasztott területek után járó közvetlen támogatás különböző szintjei esetében. Saját ábra.

Az 1. Ábra szemlélteti a közvetlen támogatások elárasztott területekre való kiterjesztésének különböző szintjeit (a, b és c). Az „a” görbe hivatott szemléltetni a jelenlegi állapotot, amikor a támogatási rendszer nem fedei le az árasztás alatt álló területeket. Itt csupán néhány esetben tejesül az elárasztás, még azon területeken is, amelyek termőképessége igen alacsony. A „c” görbe reprezentálja a támogatás nagyszámú kiterjesztését, amely hatására az

alacsony termőképességű területek zöme ideiglenesen víz alá kerül, ellenben olyan területek is elárasztásra kerülnek, amelyek termőképessége eleve magas. A két szélsőséget elkerülve az optimális támogatási mértéket „b” görbe jelöli, mely esetén az alacsony termőképességű földek nagy részén beszivárogtatás kerül megvalósításra, míg a magas minőségű földeken intenzív mezőgazdasági termelés folyik.

Feltételezésünk szerint a jelenlegi rendszerben olyan gazdák is beszántják földjeiket és igénylik a támogatást, akiknek a földje nem alkalmas jövedelmező földművelésre. A gazdák számára többlettermelési lehetőséget jelentene, ha bizonyos időszakonként elárasztanák a földjüket, így javítva a termőtalaj minőségét. Amennyiben kiterjesztjük a rendszert, csökkenne azok száma, akik igénybe veszik a jelenlegi támogatást, még ha ez termelési szempontból nem is optimális. Ők a jelenlegi támogatási forma kiterjesztésével ösztönözve lennének a földjüknek megfelelő használatra, a jelenlegi támogatás helyett egy versenyképes támogatást vennének igénybe.

A jelenlegi rendszerben olyan gazdák is felveszik a támogatást, akik az általunk javasolt kiterjesztésben az alternatív támogatással élnének. Ennek következtében a kiterjesztés esetében a támogatás jelenlegi formáját kevesebben igényelnék, helyette sokan árasztással élnének és az erre vonatkozó támogatást vennék fel. Ez a gyakorlatban a pénzügyi ösztönzők átcsoportosításában mutatkozik meg. Amennyiben igaz az a feltételezésünk, hogy az árasztásos támogatást azon gazdák igényelnék, akik jelenleg felveszik a közvetlen támogatást, de jobban megérné elárasztania a földterületüket, ez a támogatás biztosítója számára nem jelentene költségnövekedést. A Közös Agrárpolitika kiadványa alapján a 2023-2027-es ciklusban a közvetlen támogatások teljes egészét az Európai Unió biztosítja (NAK, 2023a).

A támogatási rendszer kiterjesztésével az előző fejezetben felvázolt modellek a következőképpen változnak:

$$\pi_T = A(TM \cdot \alpha - (V + I + F)) \cdot t_T + A \cdot KAP_T \quad (4)$$

$$\pi_A = A(TM \cdot \alpha - (V + I + F)) \cdot (t_T - t_A) - A(V + I) + A \cdot KAP_A \quad (5)$$

A (4) egyenlet a (1) egyenlet megfelelője, ahol a KAP_T a megművelt terület után járó közvetlen támogatás. Az (5) egyenlet a (2) egyenlet módosítása, ahol további bevételi forrásként megjelenik az általunk előreterjesztett, elárasztott területek után járó közvetlen támogatás, KAP_A .

4.3. Kompenzációs rendszer bevezetése

Az előzőekben szemléltettük az adott földterületekre vonatkozó, egyéni profitokat, a két eltérő esetben. Fizikai korlátot jelent azonban a természetes rendszerek elhelyezkedése. A mélyfekvésű területek elhelyezkedése minimális mértékben befolyásolja a birtokszerkezetek kialakulását, így egy-egy terület elárasztása potenciálisan több gazda területét is érintheti. (OVI, 2022)

Ebből adódóan egymással szembenálló egyéni érdekek is kialakulhatnak. Lehetséges, hogy az árasztás egyes esetekben azért nem valósul meg, mert bizonyos gazdák károsulnának az árasztásból. Ezek legtöbbször azon gazdák, akiknek az árasztás következtében a földjük víz alá kerülne, viszont jó minőségű a termőtalajuk. Ezáltal ők elesnének a (4) egyenletben leírt profittól.

Mindezek tükrében a közvetlen támogatások rendszerének kibővítése önmagában nem megoldás, mert az egyéni érdekek számos esetben blokkolnák a közjó javítását. A probléma megoldásához fontos a gazdák közötti együttműködésnek egy keretet biztosítani. A javaslatunk egy kompenzációs rendszer kialakítása azon gazdáknak, akikre bármilyen módon hatással van egy adott terület elárasztása.

Egy adott terület elárasztását mérlegelve a földterületek kettő csoportra oszthatóak. Az egyik csoport olyan földterületeket foglal magába, amelyek közvetlenül víz alá kerülnek. Ezen csoport tagjai nem képesek földművelést végezni az árasztás ideje alatt. A másik csoport azon földterületekből áll, amelyeket közvetve érint az árasztás. Ők nincsenek közvetlenül elárasztva, így területükön folyhat földművelés, ráadásul a talajvízkészletek feltöltődésével többletjövedelemre tesznek szert.

A döntés, miszerint egy adott területet el fognak-e árasztani a gazdák, az alapján lesz meghozva, hogy ezen két csoport tagjainak összevétele hogyan alakul a terület elárasztásával és az árasztás nélkül. Amennyiben az árasztás esetében magasabb az összprofit, mint az árasztás nélkül, az árasztás meg fog történni, a többletjövedelem pedig területarányosan kerül szétosztásra. Az esetleges károsultakat a többi gazda kompenzálja. Mivel az árasztás csak abban az esetben történik meg, amikor az az összjólétet növeli, a kompenzációs mechanizmust követően mind a károsult, mint pedig a kártérítést fizető gazda magasabb profitot realizál, mint ha nem lett volna elárasztva az adott földterület.

A következőkben meghatározzuk az összprofit mértékét egy adott mélyfekvésű, potenciálisan elárasztható területen. A két különböző esetet a következő egyenletek írják le:

$$\Pi_T = \sum_{i=1}^n \pi_{T,i} + \sum_{j=n+1}^m \pi_{T,j} \quad (6)$$

$$\Pi_{\bar{A}} = \sum_{i=1}^n \pi_{\bar{A},i} + \sum_{j=n+1}^m \pi_{\bar{A},j} \quad (7)$$

Ahol Π_T és $\Pi_{\bar{A}}$ a teljes társadalmi jólét azon gazdák körében, akiket egy terület elárasztása érint. Ezen árasztás hatására legyen $i = 1, \dots, n$ a potenciálisan elárasztott földterületek indexe, $\pi_{T,i}$ és $\pi_{\bar{A},i}$ az ezekhez tartozó profit a különböző esetekben, $j = n + 1, \dots, m$ pedig azon területek indexe, melyekre hatással van az árasztás, viszont nem kerülnek közvetlenül víz alá. Egy adott, potenciálisan elárasztandó földterületeket társadalomként kezelve a (6) és (7) egyenlet a (4) és (5) egyenlet társadalomra kivetített aggregálása.

A döntés, miszerint a terület elárasztásra kerül-e, Π_T és $\Pi_{\bar{A}}$ összehasonlítása alapján történik meg. Amennyiben $\Pi_T > \Pi_{\bar{A}}$, a terület elárasztása negatív társadalmi többletet eredményezne, így nem valósul meg. Amennyiben viszont $\Pi_T < \Pi_{\bar{A}}$, az árasztás társadalmi többletet generál, melynek mértéke a két tényellentétes állás különbsége, vagyis $\Pi_{\bar{A}} - \Pi_T$. Ha az árasztás magasabb kifizetésű, ezen különbség egy területre jutó részével magasabb profitra tesz szert minden gazda. Ezen egy területre jutó többletjövedelem árasztás esetén:

$$\frac{\Pi_{\bar{A}} - \Pi_T}{m} \quad (8)$$

Amennyiben tehát a terület elárasztásra kerül, egy adott földterület által generált profit mértéke a következő:

$$\pi_{T,i} + \frac{\Pi_{\bar{A}} - \Pi_T}{m} \quad (9)$$

Kompenzáció híján, árasztás esetén az egyéni jövedelem:

$$\pi_{\bar{A},i} \quad (10)$$

Ahhoz, hogy minden gazda elérje a (9) kifejezésben foglalt profit mértékét (függetlenül attól, hogy az árasztás során károsult-e, vagy jövedelemre tett szert), a következő kárpótlást kell fizetnie:

$$\pi_{\hat{A},i} - \left(\frac{\Pi_{\hat{A}} - \Pi_T}{m} + \pi_{T,i} \right) \quad (11)$$

Ezen kompenzáció megfizetésével minden egyes földterülethez tartozó profit a (9) kifejezés értékét veszi fel. Mivel a kompenzáció csupán az árasztás megtörténte esetén kerül kifizetésre, a (9) kifejezés értéke biztosan nagyobb, mint $\pi_{T,i}$ (az árasztás pozitív társadalmi következménye miatt $\Pi_{\hat{A}} > \Pi_T$). Amennyiben tehát az árasztás társadalmi szempontból jövedelmező, az itt előterjesztett kompenzációs rendszer alkalmazásával az árasztás egyéni szinten is jövedelmezővé válik (földterületenként $\frac{\Pi_{\hat{A}} - \Pi_T}{m}$ -vel növekszik a profit).

Fontos, hogy a gazdák közötti együttműködés hiányát a kompenzációs rendszer önmagában nem oldja meg, ahhoz egy hiteles intézményrendszer szükséges. Ezzel a modellel megteremtettük az intézményrendszer pénzügyi működéséhez szükséges alapokat.

4.4. A modell összefoglalása

Ezen alfejezet a megalkotott modellt és kompenzációs rendszert hasonlítja össze a jelenleg érvényben lévő rendszerrel. Javaslatunk két sarkalatos pontja a Közös Agrárpolitika támogatási rendszerének kibővítése, valamint a koordinációt megalapozó kompenzációs rendszer pénzügyi keretének lefektetése.

A kompenzációs rendszer kibővítésével az a célunk, hogy azon gazdák, akiknek a földjének a minőségét jelentős mértékben tudná javítani az elárasztás, erre legyenek ösztönözve. Ezzel párhuzamosan a jelenleg intenzív földművelést magas profittal végző gazdálkodók számára nem teremtünk pénzügyi ellenősztőzt a mezőgazdasági termelésre.

A támogatások kibővítése mellett szükséges, hogy az egyéni érdekek ne írják felül a közösségi érdekeket. Ehhez kialakítottunk egy kompenzációs rendszert, amely lehetővé teszi, hogy minden egyes résztvevő magasabb jövedelemben részesüljön, ezáltal egy Pareto-javítást eszközöl. Azon gazdák, akik az árasztás közvetett hatásának következtében bevételtöbbletbe jutottak, kompenzációt fizetnek azoknak, akik károsultak az árasztás következtében. A modellünkben megmutattuk, hogy ez mindkét fél számára kedvezőbb lehet, amennyiben az árasztás a közjóét növeli.

5. A modell korlátjai, bővítési lehetőségek

Az előző fejezetben megalkotott elméleti modell igyekszik a valóságot minél általánosabban közelíteni. Ez néhány esetben korlátokkal járt, amelyeket a modell továbbfejlesztése esetén érdemes figyelembe venni. Ezek közül a legjelentősebb a

talajminőség-változás mérhetősége. A modellünkben ezt egy α paraméterként kezeltük, mivel a valóságban a talajminőség pontos változásának mérése számos tényezőtől függ. Magyarországon jelenleg nincsen széles körűen elterjedve olyan objektív talajminőség mérési rendszer, amely korszerű, és pontos tudományos alapja van. Amennyiben ez rendelkezésre állna, segítségével képesek lennénk ezen α paraméter mérésére, és empirikusan alkalmazni a modellt.

Modellünkben az árasztás által generált többlet jelentős részéhez a talajvíz készletek feltöltéséből adódó pozitív tényezők járulnak hozzá. Különböző területeken eltérő talajvíz tendenciák figyelhetők meg, az emberi tevékenységtől függetlenül. Emellett a talaj víztartó és vízzáró képessége kiemelt jelentőséggel bír a vízkészletek megtartásában. Összességében, az árasztás vízfeltöltő haszna különböző mértékben érvényesül adott területeken. A modell alkalmazhatóságát ez befolyásolja. Ennek jelentősége a talajminőség javulásának eltérő mértékében mutatkozik meg, vagyis β és γ (így α is) területspecifikus.

A felszín alatti vízfolyások hasznosítása, valamint más, talajvíz feltöltő technológiák alkalmazása valós versenytársa lehet az árasztásos technológiának. A döntéshozók számára ezen módszerek további mérlegelése fontos, ellenben túlmutat a dolgozat célján.

Magyarországon a területi vízgazdálkodási infrastruktúrában megkülönböztetünk öntözőcsatornát, elvezető csatornát és vegyes felhasználású csatornát (OVI, 2022). Mivel csatornahasználati díjat jelenleg a belvízelvezetés céljával nem szükséges fizetni, nincsen jelen negatív ösztönzője a belvízelvezetésnek. A belvízelvezetés megelőzi a természetes módon kialakuló állóvizek beszivárgását. A belvizek hasonló hatást válthatnak ki, mint az egyes területek elárasztása, a talajvíz dúsítását viszik végbe. A belvízelvezető rendszerek igénybevétele áraként negatív ösztönzőként jelenne meg az elvezetéssel kapcsolatban. Ez általánosan jótékony hatással lenne a talajvíz mennyiségére, amely számos előnnyel jár. Továbbá az intenzív földművelési területen ezen elvezetéssel együttesen is potenciálisan magas profit realizálható. Az árasztással ellentétben viszont ez nem terjeszthető ki társadalmi szintre, egyéni szinten pedig nem Pareto-hatékony. Elképzelhető, hogy az elvezetőrendszerek használatának díjszabása pozitív eredménnyel zárulna, annak társadalmi megítélése viszont megosztott lenne, így további elemzések szükségeltettek a témában.

A modellben feltételeztük, hogy a gazdák a támogatás igénylésekor a valódi helyzetüknek megfelelő támogatást veszik fel. A kompenzációs rendszer betartatásával külön nem foglalkoztunk, mivel az ehhez szükséges korlátoknak a jelenlegi rendszerben is rendelkezésre

kell állniuk, hogy a közvetlen támogatások valóban azon gazdáknak legyenek folyósítva, akik jogosultak rá. Ezen problémát áthidalhatja az, ha egy központosított szereplő helyett egy piaci mechanizmusra bízánk a kompenzációk rendszerét. Például aukciós modellek alkalmazásával megvalósulhat a gazdák önkéntes részvétele a rendszerben (Ungvári és társai, 2018).

Egy terület elárasztásának következtében az, hogy mely más mélyfekvésű területek kerülnek víz alá, függ attól, hogy mennyi vizet használtak fel az árasztáshoz. Jelenleg ezt binárisan kezeltük, viszont a valóságban itt dönthetnek a gazdák, mekkora mértékben árasztják el földjüket. Ily módon az árasztás mértékétől függően más lehet a kompenzációra szorultak köre. Az előterjesztett modell egy terület elárasztását állítja szembe annak elmulasztásával. További finomhangolás esetén az árasztás mértékének meghatározásával egy összjövedelmi függvényt kaphatunk. Ezen függvény maximalizálása vezet a társadalmilag optimális döntéshez. Ezen függvény kezelése azonban komplex, modellünkben két szélsőértékét vizsgáljuk, vagyis azt, amikor egy terület elárasztásra kerül és azt, amikor nem. További skálázással megtalálható a társadalmilag legoptimálisabb árasztási szint.

A modellben a termelési idővel lett arányosítva a termelésből származó bevétel. A valóságban ez nem feltétlenül egy lineáris skála, hanem lehet az idő valamely függvénye. A különböző növények eltérő termelési periódussal rendelkeznek, egy adott időszak alatt nem ugyanakkora a hozamuk.

A kompenzáció egy olyan tényellentétes álláson alapszik, amelynek becslése torzíthatja a modell eredményeit. Gyakorlati alkalmazása alapos körültekintést és pontos tényellentétes becsléseket igényel.

6. Összegzés

Dolgozatunkban az éghajlatváltozás szélsőséges hatásai közül a szárazság idején fellépő vízhiány elkerülésére kerestünk megoldást. Ehhez a talajvíz feltöltésére alkalmazott technológiák elterjesztését tűztük ki célul Magyarországon. A nemzetközi szinten már bevált, gyakran alkalmazott árasztásos módszer képes a talaj vízkészleteit feltölteni, ezáltal az ellenállóbb lesz aszály idején és javítja a talaj minőségét.

A technológia elterjedését Magyarországon két fő tényező akadályozza: a Közös Agrárpolitika közvetlen támogatási rendszere (amely jelen állapotában perverz ösztönzőként hat) és a gazdák közötti együttműködés megvalósulásának hiánya.

A közvetlen támogatások pénzügyi rendszere a termőföldek intenzív használatát ösztönzi. Előterjesztésünkben a közvetlen támogatásokat kiterjesztjük az elárasztott területekre is, ezzel kiegyensúlyozva a jelenlegi rendszert.

A támogatási rendszer kiterjesztése mellett szükség van az egyéni és társadalmi érdekek összehangolására. Ehhez dolgozatunkban a pénzügyi kompenzációs rendszer alapjait fektettük le. Ezen keretrendszer mentén haladva egy koordinációs intézmény képes Pareto-javítást eszközölve árasztást alkalmazni azokon a területeken, ahol ez az érintett gazdák jólétét javítaná. A rendszer biztosítja, hogy árasztás csak ott történjen, ahol a kompenzáció alkalmazásával az összes érintett magasabb profitot realizál. Ez a kompenzációs rendszer választ ad a gazdák közötti együttműködés, mint intézményrendszer hiányára.

Az árasztás következtében beteljesülő talajminőség-változás pontos mérésének hiányában a modell jelenleg elméleti szinten alkalmazható. Az árasztásos technológia más technológiák melletti mérlegelése, a felszín alatti vízfolyásokból és a különböző talajokból adódó területi különbségek további vizsgálata hozzájárulhat az elméleti modell gyakorlatban való alkalmazásához.

Hivatkozásjegyzék

1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról. Forrás: Jogszabálykereső: <https://njt.hu/jogszabaly/1995-57-00-00>

43/1999. (XII. 26.) KHMV rendelet a vízkészletjárulék kiszámításáról. Forrás: Jogszabálykereső: <https://njt.hu/jogszabaly/1999-43-20-6B>

Alam, S., Borthakur, A., Ravi, S., Gebremichael, M., & Mohanty, S. K. (2021). Managed aquifer recharge implementation criteria to achieve water sustainability. *Science of the Total Environment*, 768, 144992. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.144992>

Barral, S., & Detang-Dessendre, C. (2023). Reforming the Common Agricultural Policy (2023–2027): multidisciplinary views. *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies*, 1-4. <https://doi.org/10.1007/s41130-017-0049-2>

Bobvos, P. (1996). Az aranykorona és a termőföld-érték. *Acta Universitatis Szegediensis de Attila József nominatae: Acta oeconomica*, (1), 73-82.

Brady, M., Hristov, J., Höjgård, S., Jansson, T., Johansson, H., Larsson, C., Nordin, I. & Rabinowicz, E. (2017). Impacts of direct payments—lessons for CAP post-2020 from a quantitative analysis.

Dahlke, H., Brown, A., Orloff, S., Putnam, D., & O’Geen, T., 2018. Managed winter flooding of alfalfa recharges groundwater with minimal crop damage. *Calif. Agric.* 72 (1), 65–75. <https://doi.org/10.3733/ca.2018a0001>

Dillon, P., Stuyfzand, P., Grischek, T., Lluria, M., Pyne, R. D. G., Jain, R. C., Bear, J., Schwarz, J., Wang, W., Fernandez, E., Stefan, C., Pettenati, M., van der Gun, J., Sprenger, C., Massmann, G., Scanlon, B. R., Xanke, J., Jokela, P., Zheng, Y., Rossetto, R., Shamrukh, M., Pavelic, P., Murray, E., Ross, A., Bonilla Valverde, J. P., Palma Nava, A., Ansems, N., Ha, K., Martin, R., & Sapiano, M. (2019). Sixty years of global progress in managed aquifer recharge. *Hydrogeology Journal*, 27(1), 1–30. <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1841-z>

Halmai, P., Elekes, A., Maács, M., Nagy, A., Pál, Z., Szegedyné, F. Á., & Vásáry, M. (2020). *A Közös Agrárpolitika rendszere*. Ludovika Egyetemi Kiadó.

IAH-MAR (2018) International Association of Hydrogeologists - Commission on Managing Aquifer Recharge. <https://recharge.iah.org/> Hozzáférés ideje: 11 April 2023

Jakeman, A. J., Barreteau, O., & Rinaudo, R. J. H. J. (2016). Integrated Groundwater Management. In Integrated Groundwater Management. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23576-9>

Kocsis, M., Farsang, A., & Makó, A. (2008). Csongrád megyei mintaterület termőhely minősítése a hazai földértékelési gyakorlat és az új De-meter rendszer tükrében. Talajvédelem, 601-608.

Mizik, T. (2019). A Közös Agrárpolitika üzemszintű hatásai magyar szemszögből. GAZDÁLKODÁS: Scientific Journal on Agricultural Economics, 63(80-2019-579), 3-21.

NAK (2023a): Közös Agrárpolitika 2023-2027 kiadvány. <https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/7003-kozos-agrarpolitika-2023-2027/file>.
Letöltés ideje: 2023.04.12.

NAK (2023b): A feltételeesség szabályrendszere a 2023-2027-es támogatási időszakban. <https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/7032-a-feltetelesseg-szabalyrendszere-a-2023-2027-es-tamogatasi-idoszakban>. Letöltés ideje: 2023.04.12.

Levintal, E., Kniffin, M. L., Ganot, Y., Marwaha, N., Murphy, N. P., & Dahlke, H. E. (2023). Agricultural managed aquifer recharge (Ag-MAR)—a method for sustainable groundwater management: A review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 53(3), 291–314. <https://doi.org/10.1080/10643389.2022.2050160>

OVI - Országos Vízügyi Főigazgatóság. (2022). MAGYARORSZÁG VÍZGYŰJTŐ-GAZDÁLKODÁSI TERVE – 2021. MAGYARORSZÁG VÍZGYŰJTŐ-GAZDÁLKODÁSI TERVÉNEK MÁSODIK FELÜLVIZSGÁLATA. <https://vizeink.hu/vgt/#page=1>

Ringleb, J., Sallwey, J., & Stefan, C. (2016). Assessment of managed aquifer recharge through modeling-A review. Water (Switzerland), 8(12), 1–31. <https://doi.org/10.3390/w8120579>

Scanlon, B. R., Reedy, R. C., Faunt, C. C., Pool, D., & Uhlman, K. (2016). Erratum: Enhancing drought resilience with conjunctive use and managed aquifer recharge in California and Arizona (source title (2016) 11 (035013)). Environmental Research Letters, 11(4). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/049501>

Pe'er, G., Bonn, A., Bruelheide, H., Dieker, P., Eisenhauer, N., Feindt, P. H., Hagedorn, G., Hansjürgens, B., Herzon, I., Lomba, A., Marquard, E., Moreira, F., Nitsch, H., Oppermann,

R., Perino, A., Röder, N., Schleyer, C., Schindler, S., Wolf, C., Zinngrebe, Y. & Lakner, S. (2020). Action needed for the EU Common Agricultural Policy to address sustainability challenges. *People and Nature*, 2(2), 305-316.

Pe'Er, G., Zinngrebe, Y., Moreira, F., Sirami, C., Schindler, S., Müller, R., Bontzorlos, V., Clough, D., Bezák, P., Bonn, A., Hansjürgens, B., Lomba, A., Möckel, S., Passoni, G., Schleyer, C., Schmidt, J. & Lakner, S. (2019). A greener path for the EU Common Agricultural Policy. *Science*, 365(6452), 449-451.

Szabó, D. R., Kovács, N., Fülep, D., & Sáhó, A. (2018): A termőföldek értékesítési ára és az aranykorona értéke közti kapcsolat vizsgálata. Óbudai Egyetem Keleti Károly Gazdasági Kar.

Ungvári, G., Jolánkai, Z., Kis, A., & Kozma, Z. (2018). The feasibility of cooperation to comply with land use change obligations in the Marosszög area of South Hungary. *Journal of Environmental Geography*, 11(3-4), 37-47. <https://doi.org/10.2478/jengeo-2018-0011>

Wendt, D. E., van Loon, A. F., Scanlon, B. R., & Hannah, D. M. (2021). Managed aquifer recharge as a drought mitigation strategy in heavily-stressed aquifers. *Environmental Research Letters*, 16(1). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abcfe1>

Žičkienė, A., Melnikienė, R., Morkūnas, M., & Volkov, A. (2022). CAP Direct Payments and Economic Resilience of Agriculture: Impact Assessment. *Sustainability*, 14(17), 10546. <https://doi.org/10.3390/su141710546>