

Egyszerű számítások és megjegyzések a magyarországi öntözővízzel kapcsolatban

VIZVÁRI BÉLA

Kulcsszavak: vízvisszatartás, beruházás, hálózat, Homokhátság

JEL kód: Q01, Q25, Q54

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

**2024-ben felmerült Magyarországon az az igény, hogy tartsuk vissza azt a 4 köbki-
lométer vizet, amennyivel a folyók többet visznek ki az országból, mint amennyit be-
hoznak. A cikk első része egyszerű számításokat tartalmaz annak érzékeltetésére,
hogy ez mekkora műszaki feladatot jelent. Fontos annak megértése, hogy ez a víz fo-
lyamatos kivételét és ugyancsak folyamatos továbbítását jelenti. A visszatartott víz mi-
nősége fontos kérdés, idetartozik a benne lévő kórokozók, gyógyszermaradványok és
mérgek, például cián, esetleges jelenléte is. Ugyancsak vigyázni kell a káros mellék-
hatások, például a malária terjedésének megakadályozására. Gyakran hangoztatják,
hogy a probléma teljes körű megoldása igen nagy költséggel járna. Ezzel kapcsolatban
fontos rámutatni, hogy a problémát egyetlen év alatt nem lehet megoldani, mert nincs
ekkora építési kapacitás az országban, ezért évenként csak a teljes költség töredéke
terhelné az állami költségvetést. Ugyancsak fontos megjegyezni, hogy a probléma tel-
jes megoldása nem csupán a mezőgazdaságot támogatja, hanem fenntarthatóvá teszi
az életet az érintett területeken. Olyan rendszert kell kiépíteni, amely egy nagy háló-
zat, illetve hálózatok formájában lefedi Magyarország érintett részét, de ugyanakkor
lehetővé teszi az elérhető helyi lehetőségek integrálását. Csak olyan elemeket szabad
fejleszteni, amelyek elkészültük után azonnal üzembe helyezhetők. Érdemes továbbá
átgondolni, hogy nem szükséges-e az öntözés filozófiáját és ezen keresztül annak sza-
bályozását is alapvetően megváltoztatni. Fontos továbbá megjegyezni, hogy a körül-
mények – vagyis a klíma, a víz szennyezettsége, a települések elhelyezkedése, a világ-
piac, és benne a hazai piac, a gazdaságossági követelmények, továbbá a káros hatások,
mint a kórokozók terjedése és a mérgező anyagok megjelenése – a 19. századhoz képest
alapvetően megváltoztak, melyekhez visszatérni nem lehet.**

SIMPLE CALCULATIONS AND COMMENTS ABOUT IRRIGATION WATER IN HUNGARY

Keywords: water retention, investment, network, Homokhátság

JEL codes: Q01, Q25, Q54

In 2024, the need arose in Hungary to retain 4 cubic kilometres of water that rivers take out of the country more than they import. The first part of this article contains simple calculations to illustrate the volume of the technical task. It is important to understand that this means the continuous withdrawal and the continuous transmission of the water. The quality of the retained water is an important issue. This also includes the possible presence of pathogens, pharmaceutical

residues and poisons such as cyanide in it. Care should also be taken to prevent the spread of harmful side effects such as malaria. It is often argued that the complete solution to the problem would be very expensive. In this regard, it is important to point out that the problem cannot be solved in a single year because there is not so much construction capacity in the country. Therefore, only a fraction of the total cost would be charged to the state budget every year. It is also important to note that the complete solution to the problem will not only support agriculture but also make life sustainable in the affected areas. A system should be developed that covers the relevant part of Hungary in the form of a large network or networks, while at the same time allowing the integration of available local opportunities. Only those elements should be developed that can be put into operation as soon as they are completed. It is also worth considering whether it is necessary to change the philosophy of irrigation and thus its regulation fundamentally. It is also important to note that the circumstances such as climate, water pollution, location of settlements, the world market including the domestic market and thus economic requirements, as well as harmful effects such as the spread of pathogens and toxic substances have changed fundamentally compared to the 19th century. There is no way to return to the conditions of the 19th century.

BEVEZETÉS

2024-ben jelentős – bár nem a legnagyobb – aszály volt Magyarországon annak ellenére, hogy az év egyes szakaszaiban a sokévi átlagnál több víz volt az országban. Köztudott tény, hogy több víz folyik ki a magyarországi folyókon, mint amennyi befolyik az országba, a különbség 4 km^3 . Az a természetes igény merült fel, hogy ezt a többletet, illetve annak egy részét az országban kellene tartani. Arról azonban, hogy ez mit jelent, kevés szó esett.

A közösségi médiában két iskola létezik. Az egyik alaptétele szerint az eredendő hiba a 19. századi folyószabályozás. Nem árt tudni azonban, hogy a folyók szabályozása már 1786-ban, a Mírhó-gát építésével megkezdődött (Dr. Ducza, 1988). E tábor hívei szerint a „tájhasználattal” ehhez kellene visszatérni. Ezzel az állásponttal két alapvető probléma van. Az egyik az, hogy nem vesz tudomást a 19. századi helyzethez képest bekövetkezett változásokról – többek között a megváltozott a klímáról. Ha vissza is lehetne állítani az egykori helyzetet, az Alföld és a folyók rendszere ma nem úgy működne, mint egykor. Az árvizek magasabbak, az aszályok hosszabbak lennének, és a folyók vizének minősége reménytelenül leromlott. A Duna közepéről hozott

víz főzésre alkalmas volt még az 1930-as években, ma erről szó se lehet. A települések a szabályozás óta alkalmazkodtak az új helyzethez. A szabályozás hatása nem korlátozódott csupán a folyókra és a talajvízre, ennek köszönhetően például eltűnt a malária Magyarországról (Wikipedia, 2025b), ha azonban nagy, nyílt vízfelületeket teremtenénk, a malária nagy erővel térne vissza hozzánk. A másik alapvető probléma, hogy ez az álláspont, illetve képviselői nem szolgálnak konkrét tanáccsal a jövőt illetően. Még a legegyszerűbb esetben is, amikor például egy létező holtágat ismét élővízzé kellene tenni, műszaki beavatkozásra volna szükség. Természetesen alapos tervezés kell, hogy megelőzze mindezeket a műszaki műveleteket. Ma ott tartunk, hogy számottevő felmérés és tervezés a probléma teljes megoldására még nem készült.

Az előbbivel szemben álló oldal a hagyományos vízgazdálkodás, ami a folyók szabályozása óta folyamatosan létezik, mely sok mindent képes elvégezni rendelésre, ám az utóbbi 40 évben jelentős rendeltetést nem kapott. Tovább rontja a helyzetet, hogy ezt az oldalt elrettenti önmaga technológiájának magas költsége, ez az oldal emiatt is cselekvőképtelen. Hiányzik egy olyan, a szónak mind időbeli, mind térbeli értelmében vett távlatos terv, ami megoldást

javasolna a legfontosabb problémákra, és amit a nagyközönség, benne az érdekeltek, tehát a területen élők ismerhetnének.

Persze egy ilyen tervet megalkotni igen jelentős *szakmunka*. Erre egyetlen cikkben vállalkozni nem lehet, most a társadalom által felvetett természetes igény megértésének első lépéseit lehet tárgyalni. Az alábbiakban erről lesz szó pontokba összefoglalva, beleértve a víz felhasználásának kérdését is. Az a rendszer, ami a megoldást szolgáltatathatná összetett, elemei bonyolult, többszörös összefüggésben állnak egymással. Ezért egy-egy elemet az alábbiakban – az ismétlést is vállalva – többször is megemlítünk. Műszakilag számos különböző fajta elemnek egy jól együttműködő rendszerét kell kialakítani. Lesznek benne az egész térséget szolgáló megoldások, miközben az egyedi, helyi viszonyokat kihasználó megoldásokat sem szabad kizárni.

A fő mondanivaló 24 számozott megjegyzésből áll. Az első négy pont a visszatartandó, illetve a folyókból kiemelendő víz nagyságát hivatott bemutatni. Az 5–9. pontok, melyek számítást nem tartalmaznak, általános elvi szempontokat tárgyalnak a víz biztonságos felhasználásával kapcsolatban. A következő három megjegyzés egyszerűsített számításokat tartalmaz arra vonatkozóan, hogy a vízkiviteli pontok száma hogyan hat az aszály által sújtott területeket lefedő rendszerre. A takarékos (csepegtetéses) öntözés és ehhez kapcsolódóan a fák telepítésének vízfelhasználási számításait a 13–18. pontok tartalmazzák. A víz többszöri felhasználásának lehetőségét tárgyalják a 19–22. pontok. A megoldást jelentő rendszer nem lehet meg műtárgyak¹ nélkül, ahogy ezt a 23. pont kimutatja. Végül a nagyszabású rendszer lehetséges elemeit veszi számba a 24. pont, majd következik a Befejező megjegyzések és összefoglalás című rész, ami nem a létesítendő rendszer

egyedi tulajdonságait tárgyalja, hanem elvi kérdéseket fejteget az A)–K) pontokban.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A dolgozat elsődleges, de nem kizárólagos célja annak kézzelfogható bemutatása, hogy a kívánt vízvisszatartás mekkora kapacitást igényel. Ezek az egyszerű és egyszerűsített számítások az 1–12. pontokban találhatóak. Csak a víz mennyiségét és a továbbítás sebességét kell felhasználni, illetve azt, hogy 1 köbméter víz mennyi csapadékot tud pótolni. A víztakarékos öntözési lehetőségekről a 13–18. pontokban esik szó. Itt egyben néhány, fás ültetvények telepítésével kapcsolatos kérdést is sorra veszek ugyancsak természetes számításokra alapozva. Erre azért van szükség, mert a fásítás, ami már a 18. és 19. század fordulóján is hasznosnak bizonyult, a jövőben sem lesz elkerülhető. Amikor az év folyamán az öntözésre legnagyobb szükség van, vagyis aszály idején, akkor a folyókban viszonylag kevés a víz. Ezért meg kell vizsgálni annak a lehetőségét, hogy a folyóból egyszer már kiemelt és felhasznált vizet fel lehet-e újra használni. Ez a problémakör szerepel a 19–22. pontokban. Az érintett országrészeket lefedő nagy rendszer szükségességét és lehetséges elemeit tárgyalja a 23. és 24. pont. A megvalósításhoz rendszerben kell gondolkodni. Ezt a szemléletet és következményeit tárgyalja a Befejező megjegyzések és összefoglalás című fejezet.

A magyarországi problémákhoz hasonlóakkal sok más országban is szembesülnek. Az európai viszonyokkal és trendekkel foglalkozik Iglesias és Garrote (2015). Nem merül fel, hogy a jövőben öntözésre ne lenne szükség, viszont a takarékos öntözés különböző formáit – beleértve a csepegtetéses öntözést és a még újabb technológiákat – kell szerintük egyre szélesebb körben alkalmazni. Ehhez hasonlóan Kundzewicz

¹ Műtárgy minden olyan építmény, ami nem minősül épületnek és épületfunkciót nem tartalmaz, pl. út, híd, csatorna, gát.

et al. (2008) ugyancsak figyelmeztet arra, hogy a jövőben egyre kevesebb víz lesz elérhető, egyre rosszabb minőségben. Jelentős aszály esetén a felszíni vizeket és a talajvizet összehangolva kell használni (Medellin-Azuara et al., 2015). Ezen tendenciák alól Magyarország sem vonhatja ki magát, tehát ezekre tekintettel kell a jövőre vonatkozó elképzeléseket kidolgozni.

SZÁMÍTÁSOK ÉS MEGJEGYZÉSEK

1. Egy köbkilométer, azaz $1 \text{ km}^3 = 10^9 \text{ m}^3$, azaz egymilliárd köbméter. A továbbiakban mindent számokkal jelölünk.

2. 1 m^3 víz 10 m^2 -en tud 100 mm csapadékot pótolni, ha az egész földfelületet befedjük vízzel. Csepegtetési öntözés esetén az utóbbira nincs szükség, ahogy erről szó lesz az alábbiakban.

3. Tehát 1 km^3 elegendő arra, hogy 10^{10} m^2 -en pótoljon 100 mm csapadékat úgy, hogy a víz az egész felületet befedi. Ennek a nagyságát mutatja a következő számítás:

$$10^{10} \text{ m}^2 = 10^4 \times 10^6 \text{ m}^2 = 10^6 \times 10^4 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ km}^2 = 10^6 \text{ ha}$$

Tehát 1 km^3 víz elegendő volna arra, hogy 1 millió hektáron pótoljon 100 mm csapadékat. Ez a jelenlegi, nem nagyon változtatható szántóföld egynegyede.

4. Fontos tisztázni a víz kivételének sebességét. 1 km^3 vizet nem lehet egyszerre kivenni. Nincs olyan pont az országban, ahol egy adott pillanatban ennyi víz rendelkezésre állna, a vizet az év folyamán folyamatosan kell kinyerni. Ebben a pontban úgy számolok, mintha a kivétel egyetlen helyszínen történne. Természetesen ez sem lehetséges sem technikailag, sem gazdaságilag, amely kérdésekről az alábbiakban még szó lesz. Bizonyos leállásokra szükség lesz, amit a fagyos időszakok, a karbantartások, üzemszavarak, sőt esetleg a működtetés technológiai körülményei okoznak. Közéltésként évi 300 napot vehetünk, amikor a víz kivétele megtörténik. A folyók vízhozamát sokszor úgy adják meg,

hogy mekkora mennyiség érkezik másodpercenként. Ennek megfelelően a 300 nap átváltása másodpercre a következő:

$$300 \text{ d} = 300 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s} = 25\,920\,000 \text{ s},$$

ami annyit jelent, hogy másodpercenként kerekítve

$$10^9 / 25\,920\,000 = 38,58 \text{ m}^3$$

vizet kell kapnunk. Ez a víz természetesen nem folyhat nagy sebességgel, ahhoz ugyanis külön, jelentős mennyiségű energiát kellene felhasználni. A reális feltételezés az, hogy a kinyert víz sebessége megközelítőleg azonos a folyók sebességével vagy annál egy kicsit kevesebb. Vagyis az 1 m/s egy konzervatív becslés, ami óránként $3,6$ kilométernek felel meg. Az 1 m vastag vízfal térfogata akkor lesz $38,58 \text{ m}^3$, ha a keresztmetszete $38,58 \text{ m}^2$, tehát ilyen feltételek mellett a vizet kivezető csatornáknak és csöveknek az együttes keresztmetszete $38,58 \text{ m}^2$ kell legyen. Valójában ennél jóval nagyobb keresztmetszetre kell méretezni a rendszert, mivel a víz kivétele nem lesz egyenletes, és a keresztmetszetnek a csúcsidőszakot is ki kell szolgálnia.

5. Vannak, akik úgy gondolják, hogy a vizet rá kell engedni az árterekre. Árvíz esetén ez természetesen elkerülhetetlen, nyilvánvalóan növeli a talajvizet is, de ez a hatás nem jut el mindenhova, ahol öntözésre volna szükség, tehát a vizet valamilyen módon tovább kell juttatni. Gondoljuk meg azt is, hogy az aszály és a folyók áradása ritkán jár együtt, pont az ellenkezőjére kell számítani. Amikor a legnagyobb szükség van az öntözésre, éppen akkor van kevés víz a folyókban. Tehát nincs víz vagy alig van, amit az árterekre lehetne engedni, vagyis a kiemelt vizet valamilyen eszközökkel továbbítani kell a folyóktól távoli területek felé. A víz a gravitáció miatt lefelé törekszik, ezért a folyók környezetük legmélyebb részén találhatóak, míg az öntözendő területek lényegesen magasabban, ezért aligha kerülhető el, hogy a teljes rendszerben szivattyúkat alkalmazzanak – lásd alább.

A szivattyúnak kétféle teljesítménye van: milyen magasra tudja emelni a vizet, illetve mennyi vizet tud egy időegység alatt továbbítani. Ezek egymás ellen hatnak. Esetünkben a mennyiség a lényeg, az elérendő magasság másodlagos.

6. A FAO (az Egyesült Nemzetek Szervezetének Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete) adatai szerint a 2020-tól 2022-ig terjedő három évben búzából a 10 legnagyobb termésátlagot Írország, Új-Zéland, Hollandia, Belgium és az Egyesült Királyság érte el, az 1. táblázatban a listán elfoglalt helyük sorrendjében szerepelnek. Mindegyik csapadékos ország, tehát valószínűleg nálunk is érdemes lenne a búzát is öntözni.

7. Számítás nélkül megjegyzendő, hogy amint kinyerjük a vizet, azt vagy annak megfelelő mennyiséget, ha van helyi tároló, oda azonnal tovább kell küldeni vagy helyben fel kell használni, mert sehol se lehet akkora tározót létrehozni, hogy az hosszabb ideig gyűjteni tudja a vizet. Ennek agrártechnológiai következményei vannak, például hogy mennyire lehet „előre” öntözni, azaz már akkor öntözni, amikor még nincs aszály.

8. Ugyancsak számítás nélkül figyelmeztetni kell arra is, hogy biztonsági okokból

nem lehet a folyókból kivett vizet közvetlenül, kielégítő tisztítás nélkül öntözésre használni. Gondoljunk a tisztai ciánszennyezésre és arra, hogy valamilyen újabb járvány esetén a kórokozó meg fog jelenni a vízben, amit nem szabad a táplálékul szolgáló növényekre locsolni. A tisztításnak sok módja van, köztük természetes folyamatok is.

9. Figyelmeztetni kell arra is, hogy egykor a malária nem volt ismeretlen Magyarországon és ez a betegség ismét terjed Európában (Nemzetközi Oltóközpont, 2025). A klímaváltozással nő a veszélye a maláriában való megbetegedésnek, ami Afrikában már most is sok áldozatot szed (Patz et al., 2005). A nyílt vízfelületek ebből a szempontból veszélyesek lehetnek. Egy létesítendő rendszert ebben a vonatkozásban is biztonságossá kell tenni.

10. Fontos a vízkivételi helyek száma és elhelyezkedése, ezt befolyásolja az is, hogy mekkora területre kell eljuttatni a vizet.

11. Végezzünk egy még mindig egyszerűsített számítást arról, hogy mekkora hálózatra lenne szükség ahhoz, hogy a szükséges helyekre eljusson az öntözésre

I. táblázat

**A FAO adatai a 2020 és 2022 közötti legjobb búzahozamokról
(FAO data on the best wheat yields between 2020 and 2022)**

	Hozam kg/ha	Év	Ország
1	10 431	2022	Írország
2	10 077	2021	Írország
3	9 933	2020	Új-Zéland
4	9 712	2021	Új-Zéland
5	9 393	2022	Hollandia
6	9 390	2022	Új-Zéland
7	9 057	2022	Belgium
8	8 946	2020	Belgium
9	8 590	2022	Egyesült Királyság
10	8 556	2020	Hollandia

Forrás: FAO (2025)

használható víz. Először jönnek a számítás alapját adó feltételezések azokkal a megjegyzésekkel, hogy a valóságban milyen egyszerűsítések lehetségesek.

- Az Alföld területét egy 160 km magas és 200 km széles téglalappal közelíthetjük meg.
- Ezt az egész területet felszíni vizekből kell ellátni. Természetesen a valóságban kutak is fúrhatók, amelyek csökkentik a víz szükséges mozgatásának hosszát. Kisebb mennyiségben egyszer már használt víz is felhasználható újra.
- A területet egy $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ -es négyzetekből álló négyzetháló fedí le. A vizet a négyzetháló pontjaiba kell eljuttatni.
- A négyzetháló minden pontja vagy vízkiviteli pont, tehát azonnal ott van a víz, vagy a négyzetháló egy (és csak egy) másik pontjából érkezik oda a víz. Ennek folyománya, hogy minden olyan hálózati ponthoz, ami nem vízkiviteli pont, 5 km -es vezeték vagy csatorna viszi el a vizet. Tőle más pontokhoz pontonként további 5 km -es szakaszok szállítják a vizet. Ez egy erősen egyszerűsítő feltételezés, mely szerint a víz a modellben csak keletről nyugatra, nyugatról keletre, délről északra és északról délre mozoghat. A valóságban egy-egy gazdaság maga is létesíthet kisebb kapacitású vízkiviteli helyet, ha vízjogi engedéllyel rendelkezik. Ez a technikai lehetőség fennáll, de jogi háttere erősen kétséges a jelenlegi gyakorlatban.
- Az alábbi számítás arra az esetre vonatkozik, amikor csak egy vízkiviteli pont van.

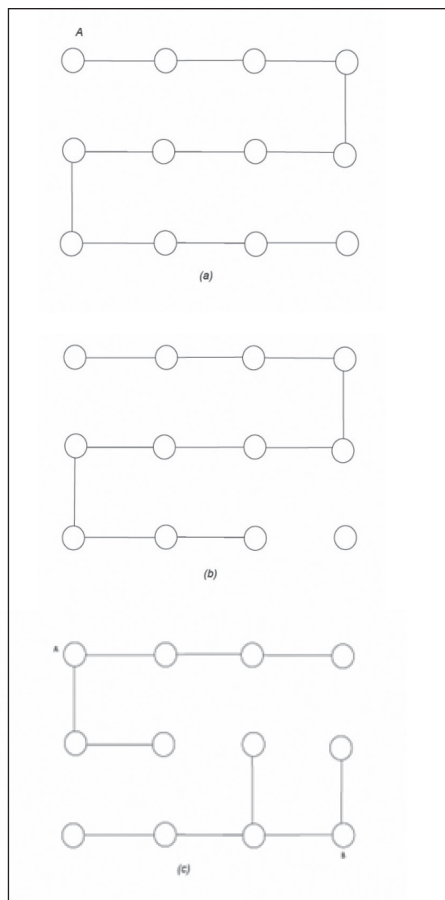
A területet úgy fedtük le, hogy 32 sorban (mert 5 km -es távolságokból így kapunk 160 kilométert), 200 km hosszan megy a vezeték, és ezek még függőleges irányban össze vannak kötve. Így a vezetékek teljes hossza hozzávetőleg $32 \times 200 + 160 = 6560 \text{ km}$. Ez arra az esetre vonatkozik, ha a víz egyetlen ponton lép be a rendszerbe, ez nyilván nem reális. Ebből a teljes hossz-

ból minden vízkiviteli pontért 5 km -t le lehet vonni. Vegyük észre továbbá, hogy a számításból a Kisalföld és a Dunántúl déli része kimaradt.

12. Mit ér az $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ -es négyzetháló? Egy négyzetben a középpont van a

I. ábra

A víz négyzethálós szállítási rendszerének szemléltetése 4×3 méretű elrendezésben
(Illustration of a square mesh water transport system in a 4×3 size arrangement)



^{a)} Egy vízkiviteli pont a bal felső sarokban, a 12 pontot 11 él köti össze.

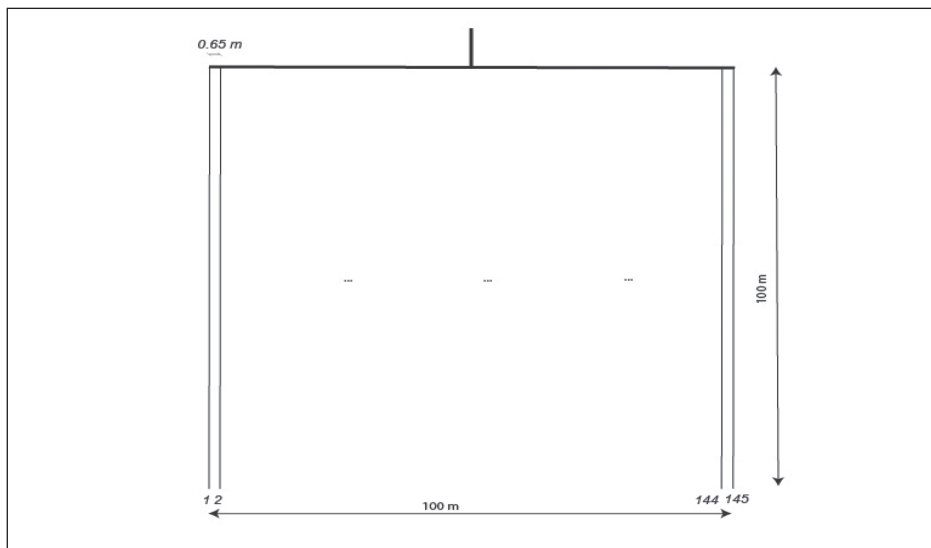
^{b)} Két vízkiviteli pont van, egy a bal felső sarokban, egy a jobb alsóban, az utóbiból nem szállítják tovább a vizet, a szükséges élek száma 10.

^{c)} Ugyanaz a két vízkiviteli pont, de mindkettőből megy tovább a víz, azonban a szükséges élek száma 10 maradt.

Forrás: saját szerkesztés, 2025

2. ábra

Egy 1 hektáros, burgonyával bevetett tábla csepegtetési öntözéséhez szükséges csőhálózat
(A pipe network necessary for drip irrigation of a 1-hectare field sown with potatoes)



Megjegyzés: A tábla tetején egy vízszintes cső továbbítja a függőleges irányú öntözőcsövekbe a vizet.

A sortávolság miatt 145 párhuzamos cső lehetséges.

Forrás: saját szerkesztés, 2025

négyszög csúcsaitól legtávolabb. A középpont sarkoktól mért távolsága az átmérő fele, ami az adott esetben hozzávetőleg 3,5 km. Tehát légvonalban legfeljebb ekkora távolságról kell a vizet szállítani. Figyelembe kell venni, hogy az utat oda-vissza meg kell járni. Egy 5 tonnás teherautóval számolva az ehhez szükséges üzemanyag jóval 1 liter alatt van. 40 tonnás kamion esetén az 5 tonnára eső érték lecsökkenhet negyed literre.

13. Kappadókia egy turisztikailag rendkívül érdekes, száraz éghajlatú terület az Anatóliai-fennsík közepén. Ciprus szigete ugyancsak száraz éghajlatú terület, azonban mindkettő nevezetes arról, hogy kiváló burgonyát termesztenek. Még az is előfordul, hogy a ciprusi burgonyát máshol hamisítják. Mindkét helyen keskeny csövekből készült csepegtetési öntözést alkalmaznak, az egyes vetésterületek nem túl nagyok. Kappadókia nagyon dimbes-dombos, ott nagy táblák kialakítására nincs lehetőség,

míg Ciprusnak van alföldi része, de a területek itt is kisebbek. Igaz, ott egy évben többször is megterem a burgonya. Mi a táblák kis méretének az oka? Mennyi cső kell egy hektárhoz? Az egyszerűség kedvéért tekintsünk egy $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ -es területet. A burgonya sortávolsága 65–70 cm, azaz 100 m hosszön 145 sorral számolhatunk. Minden sor 100 m hosszú. Ezért a sorok teljes hossza $145 \times 100\text{ m} = 14,5\text{ km}$. Egy 100 hektáros táblánál ez már 1450 km , ami túl nagy beruházás. Ebből az a tanulság vonható le, hogy szükség van a csepegtetési öntözés esetében a jelenlegitől eltérő, gazdaságosabb technológiai megoldásokra. Ezek kifejlesztése lehet olyan kutató vagy fejlesztő intézmények feladata, amelyek jogi értelemben nem kapcsolódnak a mezőgazdasághoz.

14. Más témák tárgyalása előtt most egy ilyen vázolatok fel először fás ültetvények esetén. A 19. században az Alföld homokjait fákkal, nevezetesen a nem őshonos, de finom

mézet adó akáccal, és a mély gyökereket eresztő szőlővel fogták meg. A világ számos pontján ehhez hasonló módszerekkel szeretnék a sivatag terjedését megakadályozni, illetve a földet a sivatagtól visszaszerezni. Itt és néhány további pontban ezzel kapcsolatos számítások következnek. Tegyük fel, hogy van egy fákból álló ültetvényünk, amelyben a fák egy négyzetháló pontjaiban állnak. Tegyük fel továbbá, hogy a négyzetháló négyzeteinek élhossza 5 m. Ez azt jelenti, hogy egy fa 25 m^2 -t foglal el. Ha ezt a területet a fentiekhez hasonló módon a teljes felületén öntöznénk, és 100 mm csapadékot pótolnánk a teljes 25 m^2 -en, akkor a vízfelhasználás $25 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m} = 2,5 \text{ m}^3$ lenne, ami 2500 liter. Erre még a Befejező megjegyzések és összefoglalás I) pontjában visszatérünk.

15. Ezzel szemben, ha a szokásos technológia szerint minden egyes fa gyökeréhez egy vastag (körülbelül 10 cm átmérőjű) műanyag cső vezet, akkor a fák öntözése a csövön keresztül is lehetséges anélkül, hogy a felszínt öntözni kellene. Ha évente tízszer kapna egy fa 25 liter vizet, ami jóval több, mint amennyit hasonló elrendezés mellett javasolnak, akkor egy év alatt 250 l vizet fogyasztana és életben tudna maradni. Különösen igaz ez, ha a facsemete ültetése valamilyen vízmegtartó képességgel rendelkező labdával történik. Ez csak tizede a felszíni öntözés szerinti vízigénynek. A hatást fokozhatjuk azzal, hogy a telepítéskor a felszínt mulccsal borítjuk, a későbbiekben pedig olyan szárazságtűrő haszonnövényeket lehet termesztetni, amelyek nem károsítják a fákat, sőt egyes fajok, például a pillangósok, segítik azok fejlődését.

16. A fák öntözése gépesíthető. Képzünk el egy olyan járművet, amelynek víz-tartálya 5 m^3 , két oldalán 5-5 öntözőcsap van. Ez távolságban 20 métert jelent, mert a fák és velük együtt a csöveik térköze 5 méter, és 5 fa között 4 térköz van. Maga a jármű persze lehet rövidebb, de a két oldalán az öntözést szolgáló csövek hossza 20 méter,

illetve ennél kissé hosszabb. Feltételezve, hogy a fákat precíziós módon telepítették, a csapok pontosan tudnak a fák tövével kiálló csővégekhez illeszkedni. Ekkor a víz pótlása automatikusan történhet, még akkor is, ha a csövek végeit kupakok fedik a szennyeződés és az eltömítődés elkerülésére, amelyek eltávolítását és a víz pótlásának befejeztével annak visszahelyezését a berendezés automatikusan végzi. A tartályban lévő 5 m^3 víz egyszeri öntözés esetén 200 fa vízpótlására elég, hiszen $5000 \text{ l} = 200 \times 25 \text{ l}$. Maga a jármű lehet vezető nélküli, földi jármű.

17. Az előző pontban tárgyalt öntözés időmérése a következő:

1. kupakok eltávolítása	30 s
2. fánként 25 liter víz kiengedése	5 min
3. kupakok zárása	30 s
4. haladás a soron következő fákhöz	1 min
összesen	7 min

Tehát 7 perc alatt 10 fát lehet megöntözni, ami óránként 80 fát jelent átlagban, ha a hosszú járművel még időt szánunk a fordulóra. Egy 10 órás műszakban számolni kell még a tartály ismételt feltöltésével vagy cseréjével, a technológiától függően, ezért a meglocsolandó fák számát úgy becsülhetjük alulról, hogy 4 tartálynyi vizet használnak el, ami 800 fát jelent. Ez $800 \times 25 \text{ m}^2 = 2$ hektár területet jelent. Ha 5 napos kampányokban gondolkodunk, akkor 10 hektár területet is el tud látni egy berendezés, ami tovább növelhető, ha egy oldalon 5-nél több fát tud öntözni.

18. Ezzel szemben, ha a teherautó tartályának töltésére egy percenként 250 liter vizet továbbítani tudó szivattyút használnak, akkor a töltés 20 perc, ugyanannyi az öntöző egységbe történő átszivattyúzás, ami működés közben is történhet. A vízkiemelő helyhez való és az onnan visszatérő szállítás nem vesz többet igénybe kétszer 10 percnél. Ez összesen 1 óra. Tehát egy vizet szállító teherautó párhuzamosan két 2 hektár nagyságú ültetvényt is ki tud szolgálni.

19. Az öntözés további témáit illetően szólni kell még azokról a megoldásokról, amelyekkel ugyanazt a vizet többször fel lehet használni. Két fontos ilyen van, a szennyvíz újbóli hasznosítása és a szürkevíz. Az utóbbi a háztartások szennyvizének fekália- és vizeletmentes részének tisztított változata. Ez a technológia évtizedek óta ismert, azonban Magyarországon alig használt, mert az épületek az ehhez szükséges elemek nélkül készülnek el, pedig ennek az elterjesztése is hasznos lenne. A technológia jelenlegi kis hazai volumene miatt erről nem lesz szó. Arról folynak viták – mint azt a 21. ponttól kezdődően tárgyalom –, hogy az öntözésre szánt szennyvíznek tisztítottnak vagy tisztítatlannak kell-e lennie.

20. A KSH adatai szerint Budapestszennyvizének éves mennyisége 200 millió m³ fölött van, az ország összes szennyvize pedig 550 millió m³ körül mozog (KSH 2023). 200 millió m³ tisztított szennyvíz tehát 200 000 hektáron képes pótolni 100 mm csapadékot úgy, hogy azt a vizet egyszer már hasznos célra felhasználták.

21. Fontos kérdés, hogy a szennyvíz milyen tisztítás után kerülhet a földekre és a csatornába. Az utóbbiról külön lesz szó a későbbiekben. Úgy tűnik, hogy a kérdést vitatók között két szélsőséges nézet létezik, és persze vannak, akik a kettő közötti álláspontot képviselnek. Az egyik szélsőséges nézet szerint nem kell tisztítani, mert a vízben lévő szerves anyag növeli az erősen leromlott talaj erejét. Ezen felfogás szerint élelanyag- avagy tápanyag-gazdálkodásban kell gondolkodni és cselekedni. Magyarul a talajból hiányzó tápanyagot nem kémikáliákkal, hanem szerves anyagokkal kell pótolni. Megjegyzendő, hogy az öntözéstől függetlenül a szerves anyagok adott esetben javítják a talaj szerkezetét úgy, hogy annak vízmegtartó képessége növekszik. Ehhez az állásponthoz kapcsolódóan meg kell jegyezni azt is, hogy Magyarországon sok helyen nincs elég humusz a talajban. Azt azonban máshogy is pótolni lehet, mint például a

fentebb már említett mulcs használatával. A másik szélsőséges álláspont azért aggodik – egyáltalán nem alaptalanul –, hogy milyen, a víz által hordozott, az egészségre káros anyagok kerülnek a talajba, azon keresztül a növényekbe, végül az emberi szervezetbe. A tisztítás szükségességét tárgyalja Hanjra et al. (2012), és óv attól, hogy a felhasználás veszélyes módon történjen.

22. Most tekintsük az előző pont részletesebb kifejtését. Tény, hogy bármely vízből lehet ivóvizet csinálni, ami annyit jelent, hogy megvan hozzá a technológia, például a fordított ozmózis. Kérdés, hogy egy adott helyzetben ez gazdaságos-e? Természetesen a tisztítás, amíg megkapjuk az ivóvizet, több technológiai lépésben történik. A vízben lehetnek baktériumok, vírusok, gyógyszer-maradványok, mérgek. Amerikai példák szerint a kábítószeres és fogamzásgátlók kiürített maradványai is okozhatnak problémát a vizet fogyasztó népesség körében. Fordított ozmózis technológiával ezektől is meg lehetne szabadulni, de az üzem is és annak működtetése is drága volna, mert nagyon nagy tételben kellene használni. További probléma ezzel a teljes tisztítással, hogy a vízből eltávolított anyagokkal mi legyen, hiszen azok hordozzák mindazon veszélyek okozóit, amelyekről meg akarunk szabadulni. Ha a tisztításos eljárást alkalmazzák, akkor nem lehet ezeket az anyagokat a termőföldekre hordani, pedig annak szervesanyag-tartalmát jelentősen növelhetnék. Az öntözéssel összefüggő egyik súlyos probléma pont az, hogy a talaj szegény szerves anyagban, ezért szerkezete sem, vízmegtartó képessége sem jó. Továbbá konkrét számítás nélkül is meggondolható a következő: tegyük fel, hogy a vízből kiszűrt anyag valamilyen eljárással alkalmassá tehető a kiszóráásra. Mivel a víz tisztítása egy vagy csak kevés helyen történik, a felhalmozott anyag átlagos távolsága nagy azoktól a területektől, ahova érdemes volna kijuttatni őket, tehát jelentős szállítási költség merülne fel. Ezt

az ellentmondásos helyzetet csak megfelelő kompromisszummal lehet feloldani.

23. A jelenlegi válságos helyzet egyik kulcskérdése, hogy a folyóktól távol kevés a talajvíz. A talajvíznek mindenütt a világon fontos szerepe van és lesz – a jövőben még inkább – az ivóvízzel történő ellátásban, az öntözésben és egyéb területeken is (Taylor et al., 2013). Az Alföldön jellemző talajvízhiány enyhítésére az a javaslat született, hogy a folyók vizét be kell engedni az árterekbe akkor is, ha nincs árvíz, aminek a talajvízre gyakorolt jótékony hatását bizonyos körzetben érezni lehet. Ez azonban teljesen nem oldja meg a problémát, mert a folyóktól távol nincs érzékelhető javulás, továbbá jelentős aszálykor, amikor a folyó erősen visszahúzódik a medrébe, az árterületre se fog tudni átfolylni magától a víz. Ezen segíthet egy megfelelő nyomvonalon vezetett csatornarendszer, amely nem szigetelt, és így a víz át tud szivárogni belőle a talajba, megemelve ezáltal a talajvíz szintjét. A csatornába természetesen szivattyúval kell beemelni a vizet, a maradék víz pedig öntözésre felhasználható. A nyomvonalat úgy kell megválasztani, hogy a csatorna olyan talajban haladjon, hogy a parti szűrés folyamata a csatorna mellett is megvalósuljon. Az ilyen csatornát szigorú szabályokkal kell védeni, amelyek arra vonatkoznak, hogy milyen messze lehetnek tőle kutak, illetve mennyi vizet lehet kivenni belőle öntözés céljára. Csatornára akkor is szükség lesz, ha vizes élőhelyet kell létrehozni a folyóktól távol.

24. A fentiekben már szerepelnek egyszerűsített számítások egy hálózatra vonatkozóan. Érdemes azt is átgondolni, hogy ez milyen elemekből állna, melyek közül szét kell választani a hálózat egészét szolgáló elemeket a lokális megoldásoktól.

A hálózat fő elemei:

- Vízkiemelő rendszerek, amelyek tartalmazhatnak önmagukban is nagy teljesítményű víztisztító rendszereket és szivattyúkat.
- Önálló víztisztítók.
- Ásott és szigetelt csatornák, amelyek nagyobb távolságra szállítják a vizet.
- Ásott és szigeteletlen csatornák, amelyek helyben biztosítanak öntözővizet és a talaj nedvességét is növelik, miközben kihasználják a talaj víztisztító képességét.
- Csővezetékek, amelyek szintén azt a célt szolgálják, hogy a vizet nagyobb távolságra juttassák el.
- Önálló szivattyútelepek, amelyek feladata a csővezetékek ellátása és a víz beemelése a magasabban fekvő csatornába. Utóbbira azért van szükség, mert a folyók vannak a legmélyebben, a területre a vizet csak annak felemelésével lehet eljuttatni. Mivel azonban sehol se kell egyetlen lépésben túl nagy magasságot leküzdeni, fontosabb a szivattyúk továbbítókapaacitása, mint az emelőteljesítménye.
- Víz tározók, ahova alapvetően a hálózat juttatja el a vizet, de alkalmasak a csapadék fogadására is. Ebből a leírásból látszik, de fontos hangsúlyozni is, hogy egy tározót nem úgy kell feltétlenül elképzelni, hogy ott magától összegyűlik a víz, szükség esetén a vizet csatornákon és csővezetékeken oda kell vinni. Ha egy terület alacsony fekvése és egyéb adottságai miatt alkalmas a csapadék összegyűjtésére, akkor biztosítani kell a víz kiemelésének lehetőségét belőle. Hosszabb aszályok esetén az ilyen tározóra is igaz, hogy utánpótlás nélkül túl sok vizet veszít, tehát pont akkor nem fogja a feladatát ellátni, amikor a legnagyobb szükség lenne rá, ezért a hálózaton keresztül történő pótlás lehetőségét ilyen esetben is biztosítani kell. Minden tározó, mint ahogy a neve is mutatja, egyben a folyókból kiemelt víz raktározására is kell hogy szolgáljon. Minden olyan víztározónak nevezett műtárgy, ami sem vizet gyűjteni nem tud, sem a hálózathoz utánpótlás nem érkezik hozzá, haszontalan és fölöslegesen növeli a költséget.

- A hálózatban a víz irányítását végző berendezések, például zsilipek.
- Olyan kutak, amelyek a csatornákon keresztül a talajba szivárgott vizet ki tudják nyerni úgy, hogy már érvényesül a talaj szűrőhatása.
- Alétező hálózat egészen működő, a víz minőségét ellenőrző monitoringrendszer, ami riasztási lehetőséggel rendelkezik. A hálózat lokális elemei:
- kis teljesítményű vízkiemelő rendszerek, amelyekhez kisebb szivattyúk csatlakozhatnak,
- kisebb terület öntözésére alkalmas mennyiségű és minőségű víz kiemelésére használható rögzített vagy mobil szivattyúk,
- esővíz visszatáplálását végző berendezések (Farkas, 2024),
- kisebb települések szürkevizét feldolgozó víztisztítók és a kinyert víz elvezetéséhez szükséges csatorna vagy csővezeték,
- helyi vízfolyáshoz csatlakozó tározó.

BEFEJEZŐ MEGJEGYZÉSEK ÉS ÖSSZEFOGLALÁS

A) Sokat változott a helyzet a 19. és 20. századhoz viszonyítva – megváltozott az éghajlat, hosszabbak lettek az aszályos periódusok, és sokat romlott a folyók vízének minősége is. Az 1930-as években a Duna még olyan tiszta volt, hogy a közepéről lehetett vizet hozni főzéshez, azóta azonban nagyban megváltoztak, magasabbak lettek a higiéniai elvárások, a települések is jobban kiépültek.

B) A probléma nemcsak a mezőgazdaságról szól, hanem Magyarország területéről, annak használhatóságáról vagy éppen használhatatlanságáról. Az utóbbiba bele kell érteni jelentős területek elnéptelenedését, különösen a Duna-Tisza közti Homokhátság esetében. Ennek területe 8714,15 km², és a két folyóhoz közeli területek kivételével lefedi az egész Budapesttől délre eső részt (Kovács et al., 2024). Itt az elsivatagosodás fenyeget. Ez nem csupán a mezőgazdasági

termelés ellehetetlenülését jelenti, hanem az ott található városokban az élet minőségének jelentős romlását is. Hosszabb távon maga a városi élet is lehetetlenné válhat. Ennek a területnek az elnéptelenedése gyakorlatilag a terület feladását jelenti, aminek elkerülése olyan fontos társadalmi célt, hogy azt nem lehet pénzben mérni, és ami azt is jelenti, hogy nemzetgazdasági szinten áldozni kell rá.

C) A probléma megoldásának van néhány jellegzetessége:

- Mivel nagyon sok létesítményt kell létrehozni, lehetetlen azt egy kormányzati ciklusban végrehajtani, sőt az egész vállalkozás több cikluson keresztül fog tartani, miközben már annak fenntartási munkálatait is folytatni kell.
- Ha egy létesítmény nem kezd azonnal hasznos munkába, hanem évekig vár, hogy eredeti funkcióját elláthassa, alapota súlyosan le fog romlani.
- Építési és egyéb műszaki szempontból sok különböző megoldást kell alkalmazni.
- Ezáltal az egész folyamatot csak igen erős rendszerszemlélettel lehet levelezni.

D) A rendszerszemlélet érvényesítéséhez szükség van egy mestertervre, ami tartalmazza a vizet biztosító rendszer elemeit, ezen elemek kapcsolatát, beleértve azt is, hogy egy-egy elem üzembe helyezéséhez milyen más elemeknek kell már működniük. A mestertervnek ki kell térnie azokra az eljárásokra, például talajjavításra, ültetvények telepítésére is, amelyekre az elsivatagosodás megelőzése és a vízviszatarthatás érdekében szükség van. Ugyancsak tárgyalnia kell azokat a megoldásokat, amelyek csak kisebb méretben működnek, de hasznosak lehetnek lokálisan, miközben funkciójuk hasonló vagy azonos a nagy méretben működő technológiákkal. A mestertervnek ki kell térnie a szükséges biztonsági intézkedésekre is, amelyek kiterjednek mind a víz és egyéb tényezők paramétereire.

nek értékeire, ezek monitorozására, mind egyéb veszélyek csökkentésére, például a malária terjedése elleni eszközök kötelező használatára.

E) A cél érdekében elvégzendő eljárások szabályozását is előre rögzíteni kell. Ide tartozik, hogy mi engedélyezett, mi kötelező, mit kell esetlegesen a tulajdonosnak és mit az államnak finanszíroznia. Egyéb módszerek használata is lehet kötelező akár ideiglenesen, akár hosszabb távon – például az öntözés vagy a mulcs- és a humuszhasználat növelésére. Hasonlóan kötelező lehet bizonyos állatok, mondjuk fecskék életterének megteremtése vagy bivalyok államilag finanszírozott tartása, melyek a csatornák karbantartásában juthatnak jelentős szerephez.

F) Fontos rámutatni, hogy a lokálisan működő eszközökre és eljárásokra számos példa van – mint az összegyűjtött csapadék, de akár a tisztított szennyvíz kiszáradt kutakba való visszatáplálása. Ugyancsak ebbe a kategóriába tartozik a szűrkevíz felhasználása, aminek bevezetése és elterjesztése egy új iparág alapját képezheti. A szűrkevíz azt jelenti, hogy a már egyszer kinyert vizet másodszor is lehet használni. A szűrkevíz bevezetését megkönnyíti a korszerű száraz toalett elterjesztése.

G) A mesterterv végrehajtása – itt most a rendszer teljes kiépítéséről van szó – évtizedekig is eltarthat. A kiépítést úgy kell elvégezni, hogy minden új elem az előzőekhez kapcsolódjon, azaz azonnal működőképes legyen. A terv több helyen is indítható ugyan, de az új elemek sehol sem lehetnek elszigeteltek. A több helyen való indítás azért előnyös, mert így nem maradnak részek még hosszú ideig fejlődés nélkül. Ebben az értelemben a terv a különböző műtárgyak kiépítésének ütemezését, pontosabban az építés sorrendjét is megmondja. Számos lehetséges sorrend létezik. Időben pontos ütemezés azért nem lehetséges az egész rendszer kiépítésére, mert nem lehet előre tudni, hogy a min-

denkori kormányzat mekkora pénzt tud erre szánni.

H) Mivel a teljes kiépítettség hosszú idő alatt érhető csak el, nem azt kell nézni elsősorban, hogy mennyi az összköltség, hanem azt, hogy mennyi az éves beruházási igény. Utóbbinak persze több variációja lehet az elérhető építési kapacitás, a tervezett futamidő és a költségvetési korlát függvényében. Itt emlékeztetni kell arra, hogy a bevezetőben szó volt a nagy költségek miatti cselekvőképtelenségről. Ezt a szemléletmódot el kell vetni. Mindig azt kell megvalósítani, amivel a már meglévő rendszer kiépítését logikusan lehet folytatni úgy, hogy az új elem annak elkészülte után azonnal üzembe helyezhető legyen.

I) A világon számos helyen elterjedt az az eljárás, hogy a száraz helyeket fák ültetésével teszik vegetációval borított területté. A fák nem csupán megkötik a talajt, hanem csökkentik a hőmérsékletet is, ami a mostani hazai viszonyok mellett lényeges lehet. A fák telepítése Magyarországon egyes vélemények szerint nem bizonyult hatékonynak, habár pontosan ott, ahol erre a legnagyobb szükség lenne, már a 18. században, illetve a 19. század elején használták a homok megkötésére az akácot. Témánk szempontjából lényeges, hogy az akác tűri a szárazságot (Bakonynektár, 2025), fája jó minőségű. Dr. Kapusi Imre és a munkáját folytatók az ipari használhatóság és a jó mézelés érdekében nemesítették is (Wikipedia, 2025a). A jelenlegi sikertelenségnek több, egymást nem kizáró oka lehet. Az egyik, hogy nem akácot vagy más szárazságtűrő fajt alkalmaztak, hanem a nagyobb haszon érdekében gyorsabb növekedésű, nagy vízigényű fajokat. Előfordulhat, hogy vannak, akik azt képzelték, hogy az ültetés után további gondozásra nincs szükség.

J) Az öntözés jogi szabályozását az öntözhető területek növelésével alapvetően meg kell változtatni. Ma az öntözés jog, amely engedélyek megszerzése esetén gya-

koroltható. Az új szabályozásban az öntözésnek kötelességnek kell lennie.

K) Szükség van a már elvégzett vizsgálatok (Makádi és Almási, 2024) mellett annak meghatározására, hogy az egyszer

már kivett és felhasznált vizet, ami elsődlegesen szennyvizet jelent, milyen technológia mellett, mire és hogyan lehet használni. Ez vonatkozik a belőle nyert komposztra is.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- Bakonynektár (2025). Az akác jelentősége és elterjedése Magyarországon. Letöltve 2025. január 12. http://www.bakonynektar.hu/mezes-olvasnivalo/mehlegelok_7/az-akac-jelentosege-es-elterjedese-magyarorszagon_19
- Ducza, L. (1988). Kétszáz éve épült meg a Mirhó-gát. Letöltve 2025. január 12. https://epa.oszk.hu/03000/03018/00079/pdf/EPA03018_honismeret_1988_02_007-008.pdf
- FAO (2025). FAOSTAT. Letöltve 2025. március 10. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Farkas, A. (2024). Forradalmi javaslat született, így oldanak meg a magyar gazdák problémáját. Letöltve 2025. január 12. <https://www.agrarszektor.hu/fenntarthatosag/20241115/forradalmi-javaslat-szuletett-igy-oldanak-meg-a-magyar-gazdak-problemajat-51933>
- Hanjra, M. A., Blackwell, J., Carr, G., Zhang, F. és Jackson, T. M. (2012). Wastewater irrigation and environmental health: Implications for water governance and public policy. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 215(3), 255–269. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2011.10.003>
- Iglesias, A. és Garrote, L. (2015). Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agricultural Water Management*, 155, 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.03.014>
- Kovács, A. D., Farkas, J. Z., Vasárus, G. és Lennert, J. (2024). A Duna-Tisza közti Homokhátság terület- és vidék-fejlesztési kihívásai. *Földrajzi Közlemények*, 148(1), 1–17. <https://doi.org/10.32643/fk.148.1.1>
- KSH, (2023) Települések infrastrukturális ellátottsága, 2023, Letöltve 2025. január 12. <https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/telepulesek-infrastrukturalis-ellatottsaga-2023/index.html#jelentsenntatisztottszennyvzmennyisgestisztottsgifoka>
- Kundzewicz, Z. W., Mata, L. J., Arnell, N. W., Döll, P., Jimenez, B., Miller, K., ... és Shiklomanov, I. (2008). The implications of projected climate change for freshwater resources and their management. *Hydrological Sciences Journal*, 53(1), 3–10. <https://doi.org/10.1623/hysj.53.1.3>
- Makádi, M., Almási, Cs. (2024) Szennyvíziszap komposzt: előnyök és hátrányok. Letöltve 2024. december 31. <https://agraragazat.hu/hir/agrar-szennyviziszap-komposzt-tapanyagellatas-mezogazdasag/>
- Medellin-Azuara, J., MacEwan, D., Howitt, R. E., Koruakos, G., Dogrul, E. C., Brush, C. F., ... és Lund, J. R. (2015). Hydro-economic analysis of groundwater pumping for irrigated agriculture in California's Central Valley, USA. *Hydrogeology journal*, 23(6), 1205. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10040-015-1283-9.pdf>
- Nemzetközi Oltóközpont (2025). Malária. Letöltve 2025. március 10. <https://oltokozpont.hu/hu/oltas/16/malaria>
- Patz, J. A., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T., és Foley, J. A. (2005). Impact of regional climate change on human health. *Nature*, 438(7066), 310–317. <https://doi.org/10.1038/nature04188>
- Taylor, R. G., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., Beek, R. V. és Wada, Y. (2013). Ground water and climate change. *Nature Climate Change*. <https://doi.org/10.1038/nclimate1744>
- Wikipedia, (2025a). Akác. Letöltve 2025. január 12. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Akác>
- Wikipedia, (2025b). Malária. Letöltve 2025. március 10. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Malária>