

A TALAJ, MINT VÍZTÁROZÓ; TALAJSZÁRAZODÁS

VÁRALLYAY GYÖRGY

Kulcsszavak: a talaj vízgazdálkodása, beszivárgás, vízraktározó képesség, szélsőséges vízháztartási helyzetek, aszályérzékenység.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az élet minőségének három – vitathatatlanul legfontosabb – alapjellemzője: a megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszer, a jó minőségű, „tisztá” víz és a kellemes környezet. Mindhárom szorosan és sokoldalúan kapcsolódik a természeti erőforrásokkal történő ésszerű és fenntartható gazdálkodáshoz, a talaj- és vízkészletek racionális használatához, védelméhez, minőségének megóvásához.

A Föld korlátozott édesvízkészletei egyre keresettebb hiánycikké, stratégiai tényezővé válnak, hisz a korlátozott vízkészletekből egyre nagyobb és sokoldalúbb igényeket kell(ene) kielégíteni. A globális klímaváltozás prognózisainak kilátásai csak súlyosbítják a vízkészletekért folyó versenyt. A vízkészletekkel való hatékony gazdálkodás tehát a fenntartható fejlődés egyik kulcskérdése.

Magyarország viszonylag kedvező természeti adottságai igen nagy tér- és időbeni változatosságot mutatnak, szélsőségesek, szélsőségekre hajlamosak, s érzékenyen reagálnak bizonyos természeti okok miatti vagy emberi tevékenység okozta stresszhatásokra. Nagy biztonsággal előre jelezhető, hogy a szélsőséges időjárási és vízháztartási helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés – aszály) valószínűsége, gyakorisága, tartama és intenzitása a jövőben egyaránt növekedni fog, gyakran ugyanabban az esztendőben, ugyanazon a területen. Ennek okai: a légköri csapadék nagy tér- és időbeni variabilitása, nehezen előre jelezhető szélsőleges rendszertelensége, az intenzív záporok növekvő gyakorisága; a változatos domborzat; a kedvezőtlen talajtulajdonságok; a nem mindig megfelelő művelési ág és vetésszerkezet.

Ilyen viszonyok között megkülönböztetett jelentőségű az, hogy a talaj az ország legnagyobb potenciális természetes víztározója. Felső 100 cm-es rétegébe – elvileg – a lehulló átlagos csapadékmennyiség közel kétharmada egyszerre beleférne. A potenciális vízraktározó képesség azonban gyakran nem hasznosul eredményesen az alábbi okok miatt

- a felszínre jutó víz talajba szivárgását akadályozza a talaj pórusterének vízzel telítettsége; a felszíni rétegek fagyott volta; vagy a talaj felszínén, illetve felszín közeli rétegeiben kialakuló közel vízátnemeresztő réteg;

- a talajba beszivárgott víz ott nem tározdódik a növény számára hasznosítható formában, hanem a talaj gyenge víztartó képessége miatt a mélyebb rétegekbe vagy a felszín közeli talajvízbe szivárog.

Ezek miatt egyaránt növekszenek a felszíni lefolyási, a párolgási, illetve a szivárgási veszteségek, s fokozódik a szélsőséges vízháztartási helyzetek kockázata.

Mindent meg kell tenni ezért, hogy a talaj felszínére jutó víz minél nagyobb hányada szivárogjon be a talajba, s tározdjon ott, növények számára hasznosítható formá-

ban. Erre megfelelő talajhasználati és agrotechnikai módszerek állnak rendelkezésre, csak az adott körülményekhez szükséges azokat – termőhely-specifikusan – adaptálni és végrehajtani. Ezek az intézkedések – a talaj potenciális vízraktározó képességének minél teljesebb körű kihasználásával – egyaránt csökkentik az aszályérzékenység és a belvízveszély kockázatát, mérséklük azok kedvezőtlen gazdasági, környezeti, társadalmi hatásait, káros következményeit is.

A talaj vízháztartás-szabályozása tehát egyaránt nélkülözhetetlen eleme egy fenntartható talajhasználatnak, korszerű vízkészlet-gazdálkodásnak és az eredményes környezetvédelemnek.¹

BEVEZETÉS

(1) *Az élet minőségének három – vitathatatlanul legfontosabb – alapjellemezője*

- a megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszer; élelmiszer-biztonság;
- a jó minőségű, „tisztá” víz;
- a kellemes környezet.

Mindehárom szorosan és sokoldalúan kapcsolódik a természeti erőforrásokkal történő ésszerű és *fenntartható* gazdálkodáshoz, benne – véges – talaj- és vízkészleteink racionális és takarékos használatához, védelméhez, minőségének megővéséhez.

(2) *A Föld korlátozott édesvízkészletei egyre inkább keresett hiánycikké, stratégiai jelentőségű tényezővé válnak.* Hisz bolygónk vízkészletének 97,5%-a sós vizű óceánokban és tengerekben van; a 2,5%-nyi édesvízkészlet 85–90%-a pedig szilárd halmazállapotú hó, jég, vagy fagyott talajvíz; a folyékony halmazállapotú édesvízkészlet mintegy fele felszín alatti víz és talajnedvesség, s csak másik felét képezik álló- és folyóvizek, valamint az ökoszisztémák biomasszájában felhalmozott „zöld víz”. A gyorsan szaporodó emberiség egyre széleskörűbbé és sokoldalúbbá váló növekvő vízigényét ezekből a korlátozott készletekből kell(ene) minél teljesebb körűen kielégíteni. A biomassza-termelés, valamint a biodiverzitás vízigényét is e készletekből kell fedezni. Ugyanakkor a társadalom egyre nagyobb – helyenként nem körültekintő, nem fenntartható, „agresszív” – vízhasználat

egyre nagyobb veszélyt jelent(het) a talaj- és vízkészletekre. *A takarékos vízfelhasználás és hatékonyságának javítása* tehát az emberiség életének, fejlődésének egyik kulcskérdése.

(3) *A globális klímaváltozások előrejelzései* Földünkre kedvezőtlen tér- és időbeni hőmérséklet- és csapadékatrendeződést, néhány területre pedig melegedést és szárazodást prognosztizálnak, ami tovább súlyosbítja a vízkészletekért folyó versenyt, sőt kíméletlen küzdelmet; s egyre erősebb prioritásként fogalmazza meg a fenntartható vízkészlet-gazdálkodás szükségességét.

(4) *Magyarország viszonylag kedvező természeti adottságokkal rendelkezik* hosszú távon is *fenntartható* biomassza-termelés céljára. De! Ezek a kedvező adottságok igen nagy tér- és időbeni változatosságot mutatnak; gyakran szeszélyesek, kiszámíthatatlanok, nehezen előre jelezhetők; szélsőségekre hajlamosak; s érzékenyen reagálnak természeti okok miatti vagy emberi tevékenység okozta különböző stresszhatásokra. A viszonylag kedvező agroökológiai adottságokat elsősorban három tényező veszélyezteti (*Várallyay, 2005c*): szélsőséges vízháztartási helyzetek; talajdegradációs folyamatok; elemek (növényi tápanyagok és szennyező anyagok) kedvezőtlen biogeokémiai körforgalma.

(5) *Magyarország természeti adottságai között nagy biztonsággal előre jelezhető, hogy az életminőség javítását célzó társadalmi fejlődésnek, a multifunkcionális mezőgazdaság- és vidékfejlesztésnek, a környezetvédelemnek egyaránt a víz lesz egyik meghatározó tényezője*, a vízfelhasználás hatékonyságának növelése pedig megkülönböztetett jelentősé-

¹ A Dolgozat az Aszály és szárazodás Magyarországon című konferencián (Kecskemét, 2009. október 7.) elhangzott előadás nyomán készült.

gű kulcsfeladata. Annál is inkább, mivel a hazánkra vonatkozó klímaváltozás-prognózisok egybehangzó megállapítása szerint a szélsőséges időjárási és vízháztartási helyzetek bekövetkezésének valószínűsége, gyakorisága, tartama és súlyossága egyaránt növekedni fog. S természetesen fokozódnak kedvezőtlen, káros, bizonyos esetekben katasztrofális gazdasági, környezeti, ökológiai és szociális következményei is.

Ez – a fenntartható fejlődés érdekében – sürgősséggel fogalmazza meg a kedvezőtlen hatások megelőzésének, kivédésének, de legalább bizonyos tűrési határig történő mérséklésének, s az erre időben történő felkészülésnek parancsoló szükségességét (Láng et al., 2007; Somlyódy, 2002).

(6) *A talaj, mint hatalmas potenciális természetes vízraktározó* képes a vízháztartási szélsőségeket tompítani, mérsékelni, de ugyanúgy képes a szélsőséges helyzetek felnagyítására, súlyosbítására is. Ezért van, s lesz megkülönböztetett, a mainál is jóval

nagyobb jelentősége a talaj vízgazdálkodását és anyagforgalmát szabályozó ésszerű földhasználatnak (Birkás – Gyuricza, 2004; Várallyay, 2004, 2007a,b, 2008a).

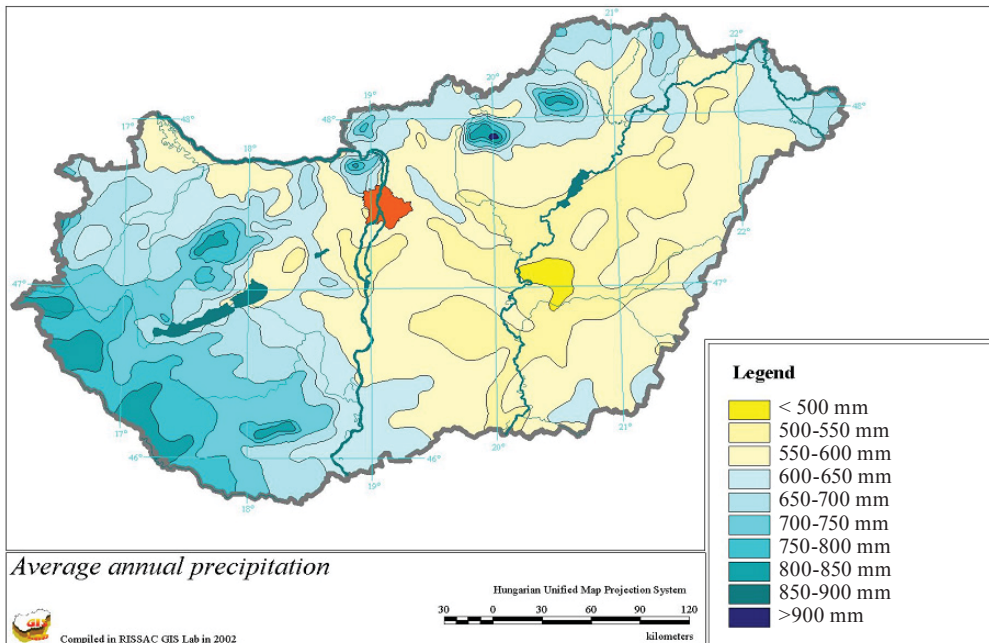
KORLÁTOZOTT VÍZKÉSZLETEK – NÖVEKVŐ IGÉNY

Magyarország gyakran emlegetett édesvízgazdagsága csak viszonylagos. Vízkészleteink ugyanis korlátozottak. A lehulló csapadék a jövőben sem lesz több (sőt a prognosztizált globális felmelegedés következtében esetleg kevesebb), mint jelenleg, s nem fog csökkenni annak tér- és időbeni változékonysága sem.

Nem lehet számítani a 85–90%-ban szomszédos országokból érkező *felszíni vizeink* mennyiségének növekedésére sem, különösen nem a kritikus „kiszárví” időszakokban.

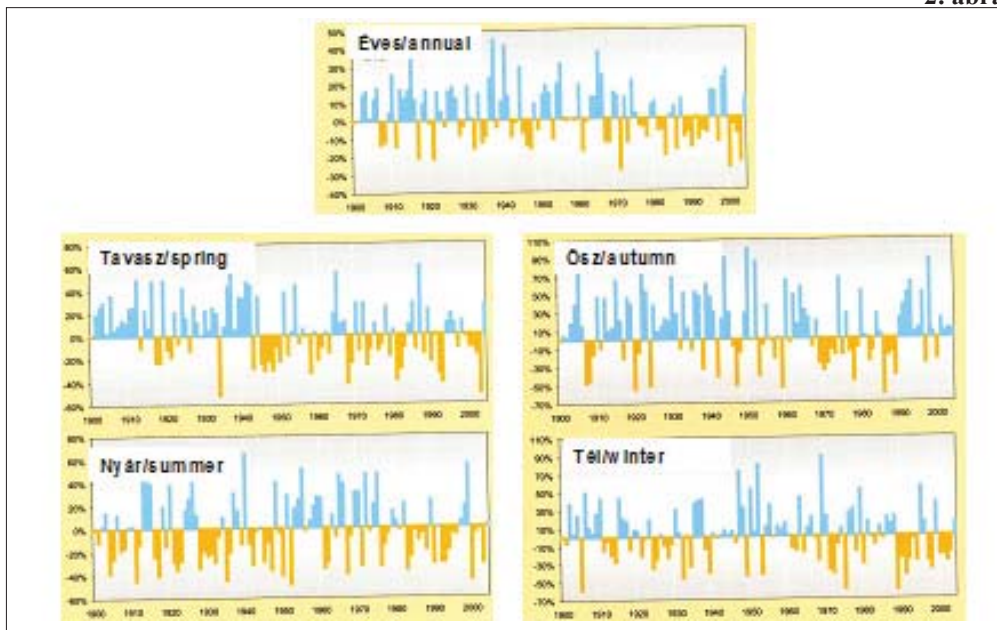
Felszín alatti vízkészleteink nem termelhetők ki korlátlanul súlyos környezet

1. ábra



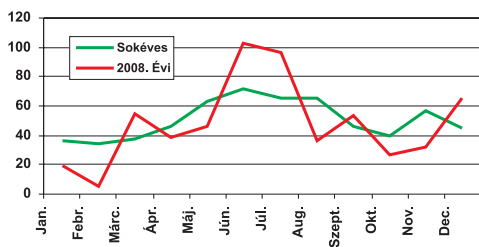
Sokéves átlagos csapadékmennyiség

2. ábra



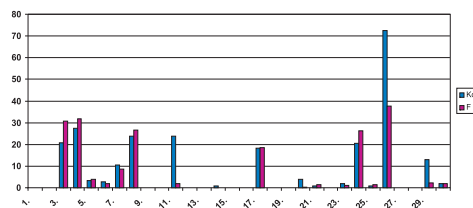
Éves és évszakos csapadékösszegek országos átlagai, 1901–2004

3. ábra



Sokéves és 2008. évi országos havi átlag csapadékösszegek
(sokéves átlag: 607,8 mm;
2008. évi átlag: 588,5 mm; –19,3 mm)

4. ábra



Napi csapadékeloszlás ingadozása
2008 júniusában
Sopron Kurucdomb (Kd)
és Fertőrákos (F) állomásokon.
Június havi összes csapadék:
Kd: 246,5; F: 196,3 mm

következmények kockázata nélkül, mint erre az utóbbi években a már-már katasztrofális, „sivatagosodási” tüneteket okozó Duna–Tisza közti talajvízszint-süllyedés hívta fel a figyelmet. Ráadásul a Magyar Alföld alatti talajvizek jelentős hányada kedvezőtlen minőségű; nagy sótartalmú és

kedvezőtlen sóösszetételű, ami felhasználási lehetőségeiket gyakran korlátozza, sőt kizárja.

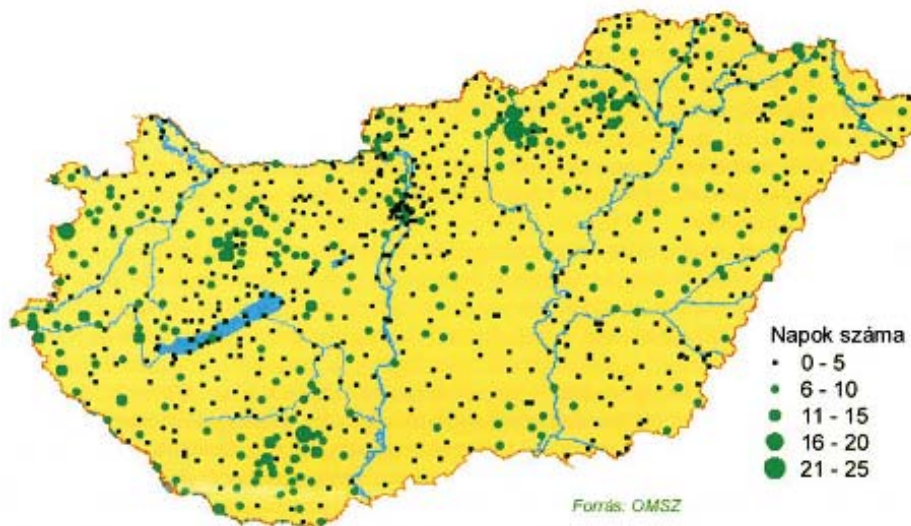
A korlátozott készletekből először a lakossági és ipari vízigényeket szükséges kielégíteni, beleértve az üdülés és a természetvédelem vízigényeit is. Ezek mindegyike gyorsan

1. táblázat

Átlagos, legkisebb és legnagyobb csapadékösszegek 2008-ban

Hónap	Sokéves havi átlag	2008. évi országos átlag	Legkisebb mennyiség		Legnagyobb mennyiség	
	mm	mm	mm	hely	mm	hely
Jan.	36,8	19,6	2,5	Zalaegerszeg	48,3	Rajka
Febr.	34,0	5,6	0,6	Budapest	24,2	Jászkajtis
Márc.	37,1	55,0	24,1	Tiszadob	97,6	Bakonyszücs
Ápr.	46,3	38,8	12,7	Balatonboglár	95,7	Sonkád
Máj.	63,0	45,6	15,5	Királyegyháza	126,1	Gyula
Jún.	72,2	102,4	30,1	Tarnaméra	299,7	Sopron
Júl.	65,2	95,9	32,7	Jánoshalma	263,5	Bánkút
Aug.	65,4	36,4	5,3	Kölesd	159,3	Sopron
Szept.	46,4	54,1	25,9	Szentpéterfa	111,8	Kárász
Okt.	39,3	27,3	11,2	Dereske	76,9	Iharos
Nov.	56,2	32,6	14,4	Boldogkőváralja	75,8	Szokolya
Dec.	45,3	65,2	30,3	Sátorhely	127,6	Bakonyszücs
Év	607,8	588,5				

5. ábra



Az 50 mm-nél nagyobb napi csapadékösszegek esetszámai 1980. január és 2005. május között.

Megjegyzés: A területi eloszlás fontos vidékfejlesztési következtetések levonását teszi lehetővé

és nagymértékben növekszik és egyre sokoldalúbbá válik, a fokozott mértékű felhasználással óhatatlanul romló vízminőség pedig újabb és újabb vízkészletek esetében teszi nehezzé és költségessé (sőt esetleg zárja ki) azok különböző célokra történő felhasználását (Somlyódy, 2002).

A konfliktus feloldásának egyetlen megoldása a *takarékos vízfelhasználás és hatékonyságának növelése*. Ebben pedig megkülönböztetett jelentősége van a *talaj nedvességforgalom-szabályozásának*, a talaj hasznos vízraktározó funkciója kihasználásának (Várallyay, 2003, 2007a, 2008a; Várallyay – Farkas, 2008).

VÁLTOZÓ TÉR- ÉS IDŐBENI ELOSZLÁSÚ, SZESZÉLYES CSAPADÉKVISZONYOK

Magyarország klímáját és időjárását a nagy tér- és időbeni variabilitás, változékonyság, a nehezen kiszámítható, s még nehezebben előre jelezhető szeszélyesség jellemzi. Egyaránt érvényes ez minden klímaelemre (hőmérséklet, csapadékviszonyok, napsugárzás, páratartalom) (OMSZ, 2005).

Az ország – hosszú idősoros megfigyeléseken alapuló – átlagos évi csapadékmennyisége jelentős térbeli változatosságot tükröz, az Alföld középső részének 500 mm/év értékeitől kezdve az Alpokalja 850 mm/év feletti értékeiig, amint az 1. ábrán látható (*Magyarország Nemzeti Atlasza*, 1989).

A sokéves országos átlag azonban nem sokat mond. Sem a mikro-regionális eloszlásról, sem az időszakos dinamikáról, sem a lehulló csapadék formájáról, intenzitásáról. Jól mutatja ezt a bemutatott 2. ábra az utóbbi 100 év éves, illetve évszakos csapadékmennyiségeiről. A 100 év alatt szinte alig volt a sokéves átlagnak megfelelő évi, illetve évszakos csapadékmennyiség. Annál több az átlagnál lényegesen nagyobb vagy kisebb éves (évszakos) országos átlag (OMSZ, 2005; Varga-Haszónits et al., 2006).

De hasonlóan nagy időbeni variabilitás figyelhető meg az éven belüli havi, sőt a hónapokon belüli napi csapadékmennyiségekben is. Ezt mutatjuk be a 3. és 4. ábrán.

A 3. ábra sokéves havi megoszlást és 2008. évre vonatkozó megoszlást kifejező; valamint az átlagosnál lényegesen csapadékosabb 2008-as év júniusának napi csapadékmennyiség-megoszlását – két Sopron közeli mérőállomás által regisztrált adatok alapján – ábrázoló 4. ábra szemléletesen mutatja az igen jelentős időbeni variabilitást, amelyet az átlagok sajnos eltakarnak. S hasonló megállapítást tehetünk a csapadék térbeli variabilitására vonatkozóan is. Ezt is szemléletesen illusztrálják az egymástól csupán néhány kilométer távolságban lévő két mérőállomás (Sopron Kurucdomb, Fertőrákos) 4. ábrán

bemutatott, egymástól esetenként nagymértékben eltérő adatai. Még inkább azonban az 1. táblázatban közölt összeállítás a nem szélsőséges időjárású 2008. év során regisztrált legkisebb és legnagyobb havi csapadékmennyiségekről. S ekkor még nem is szóltunk a lehulló csapadékmennyiség intenzitásáról, formájáról, a hóolvadás körülményeiről, amelyek szintén nagyon változó mértékben határozzák meg egy adott helyen egy adott időpontban (időszakban) a talaj felszínére jutó csapadékmennyiséget (*Magyarország Nemzeti Atlasza*, 1989; OM SZ, 2005).

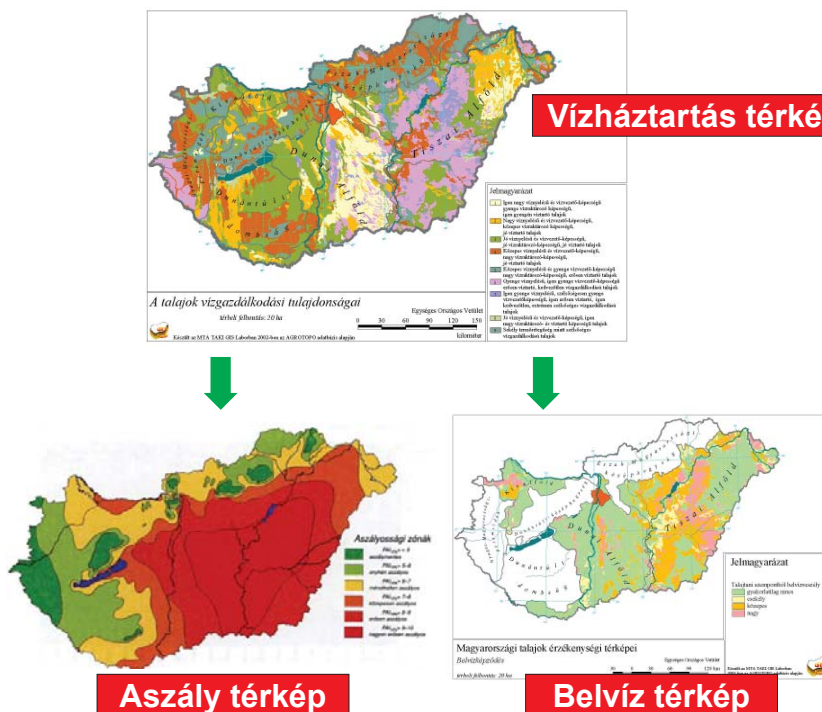
A csapadékviszonyok szeszélyes változatossága a közelmúlt éveiben csak fokozódott: több helyen és több esetben kéthavi csapadékmennyiség lehullott intenzív felhőszakadás formájában egyetlen nap (sőt néhány óra) alatt, majd ezt kéthavi „csapadékszünet” követte. A téli – s a hirtelen tavaszi felmelegedés során gyorsan elolvadó – hó (ha volt egyáltalán) természetesen nem „helyettesítheti” a hiányzó „arany-értékű” májusi esőt, csak az éves csapadékmennyiséget „szépiíti”!

Az utóbbi években sajnos egyre gyakoribbá váló nagyintenzitású záporokat (> 50 mm/nap) mutatja az 5. ábra.

Hazánkban – elsősorban a Magyar Alföldön – éppen ennek a szélsőségekre hajlamos, nagy és nehezen kiszámítható/előre jelezhető tér- és időbeli variabilitásnak van megkülönböztetett jelentősége. A lehulló csapadéknak emiatt ugyanis gyakran jelentős hányada vész kárba felszíni lefolyás formájában, s okoz káros szedimentációt, belvizeket, fokozza az árvízveszélyt. Sokszor csupán szerény hányada jut el a növényig, s adódik így zavar a növények vízellátásában, van vagy lenne szükség a hiányzó víz pótlására, illetve a káros víztöbblet eltávolítására – esetleg ugyanabban az évben, ugyanazon a területen (Várrallyay, 1988, 2007a, 2008a; Pálfi, 2005, 2007).

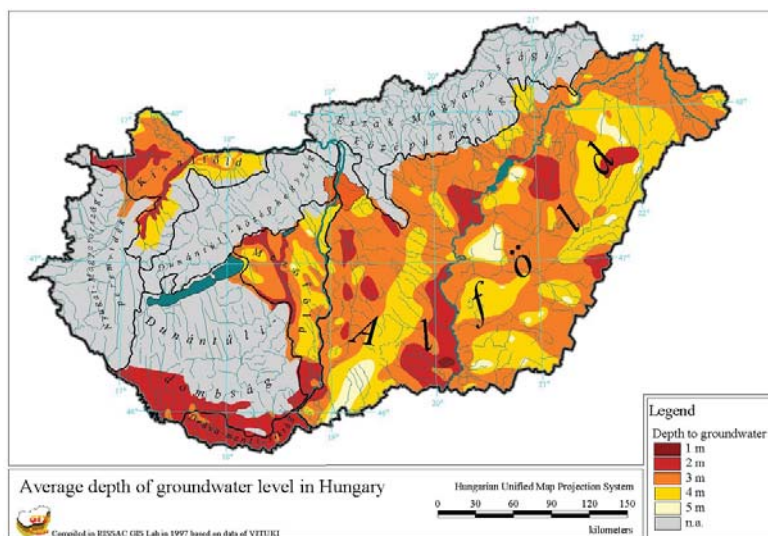
A szélsőséges vízháztartási helyzetek következtetésének nagy és növekvő kockázataiért elsősorban felelős tér- és időbeni eloszlású csapadékviszonyokon túlmenően, azt két további tényező súlyosbítja

6. ábra



Szélsőséges vízháztartási helyzetek Magyarországon

7. ábra



Talajvízszint terep alatti mélysége

– a makrodomborzat tekintetében sík Alföld *heterogén mikrodomborzata* (padkák, háta, erekkel, laposokkal, semlyékekkel) (*Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989*);

– a térség *talajviszonyainak igen nagy változatossága*, helyenként mozaikos tarkasága, valamint a *talajok* jelentős hányadának *kedvezőtlen fizikai-vízgazdálkodási tulajdonságai* (Láng et al., 1983; OMSZ, 2005; Pálfi, 2005; Várallyay, 2004, 2005b, 2008b; Várallyay – Farkas, 2008).

Mindezen tényezők együttes hatásának eredményeképpen a Kárpát-medencei alföldekre a gyakori (s a jövőben várhatóan egyre gyakoribb), térben és időben egyaránt nagyon változó vízháztartási szélsőségek a jellemzőek. Egyaránt nagy a

– belvíz, árvíz és a túlnedvesedés veszélye (Pálfi, 2005), illetve az

– aszályérzékenység (Pálfi, 2007; Várallyay, 1988, 2007a, 2008a).

Gyakran ugyanabban az évben, ugyanazon a területen. Jól mutatja ezt az aszály, illetve a belvíz által fenyegetett régiók 6. ábrán bemutatott gyakori területi egybeesése.

A szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés: vízfelesleg; szárazság, aszály: vízhiány) kialakulásának okai és következményei a következők (Várallyay, 2007a, 2008a; Láng et al., 2007; Pálfi, 2005).

Okok:	Következmények:
– légköri csapadék nagy és szeszélyes tér- és időbeni variabilitása;	– vízvesztesség (párolgás, felszíni lefolyás; szivárgás)
– eső–hó arány, hóolvadás körülményei	– talajvesztesség (szerves anyag, tápanyagok...)
– domborzat (makro, mezo, mikro)	– biota- és biodiverzitásvesztesség
– talajviszonyok	– növényvesztesség (pusztulás, károsodás)
– vegetáció	– termésvesztesség
– talajhasználat	– energiavesztesség

NEGATÍV VÍZMÉRLEG – KÉTARCÚ TALAJVÍZVISZONYOK

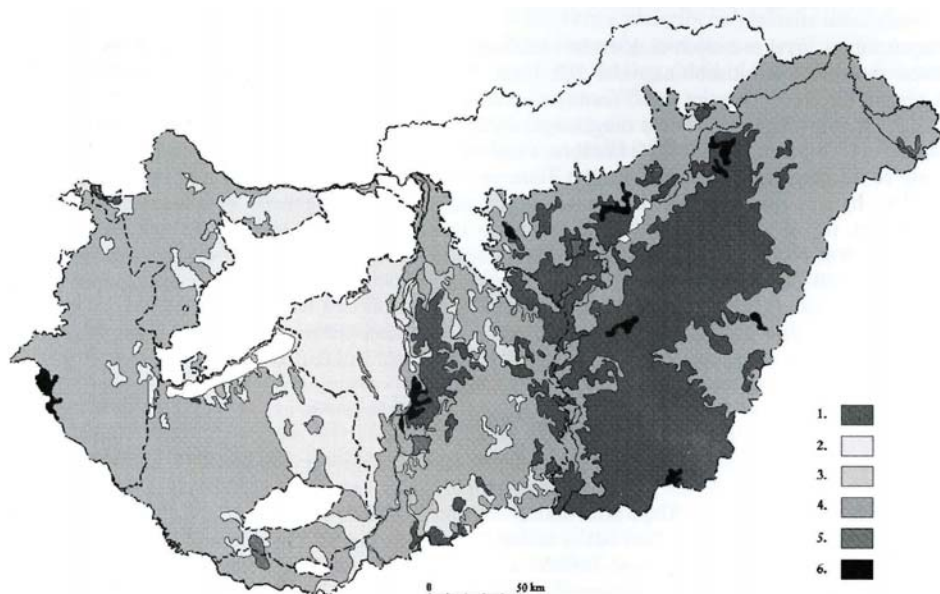
A csapadék-párolgás összevetésekből levonható az a következtetés, hogy a Kárpát-medence alföldjeinek vízmérlege negatív (csapadék < potenciális párolgás), a vízmérleget a medenceperemek felől a mélyebb részek felé irányuló felszíni lefolyás, szivárgás és talajvízáramlás tartja egyensúlyban. Ez viszont a felszíni és felszín alatti vizek, valamint a talaj anyagforgalmában a felhalmozódási folyamatoknak kedvez, hisz az oldalirányból érkező „víz” bizonyos koncentrációjú és ion-összetételű *oldat*, míg az elpárolgó víz (E, ET, T) ténylegesen csak H₂O. Ez vezet azután az oldható mállástermékek fokozatos felhalmozódásához „pangó” felszíni vizeinkben, felszín alatti vizeinkben és talajainkban (Várallyay, 1985, 2004b). Jól mutatják ezt a 8. ábrán bemutatott adatok.

A 7. ábrán a talajvízszint átlagos terep alatti mélységének térképét mutatjuk be (*Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989*).

A talajvízből a talajvízszint feletti talajrétegekbe irányuló kapilláris víz- és anyagtranszport intenzitását a talaj fizikai/vízgazdálkodási tulajdonságain túlmenően ez a jellegzetes szezonizációt mutató mélység határozza meg.

A kapilláris transzport bizonyos esetekben 150–200 mm/év értéket is elérhet. Kedvező talajvízminőség esetén (kis sótartalom, kedvező ionösszetétel) ez a vízmennyiség természetesen jelentős hozzájárulást jelenthet a növény alulról történő vízellátásához („optimális talajvízszint”, ill. „optimális talajvíz-dinamika”). Egyes számítások szerint ez a vízmennyiség Magyarország öntözési kapacitásának 2,5–3-szorosát is elérheti (Várallyay, 2004). Ez a vízutánpótlás maradt el vagy csökkent minimálisra a Duna–Tisza közti homokhátság alatt bekövetkező talajvízszint-süllyedés miatt, hozzájárulva a térség már-már „sivatagosodási” tüneteket mutató kiszáradásához, fokozott aszályérzékenységekhez. S hasonló okokból aggódtunk a Bős-Nagymaros Vízlépcső teljes kiépítése esetére

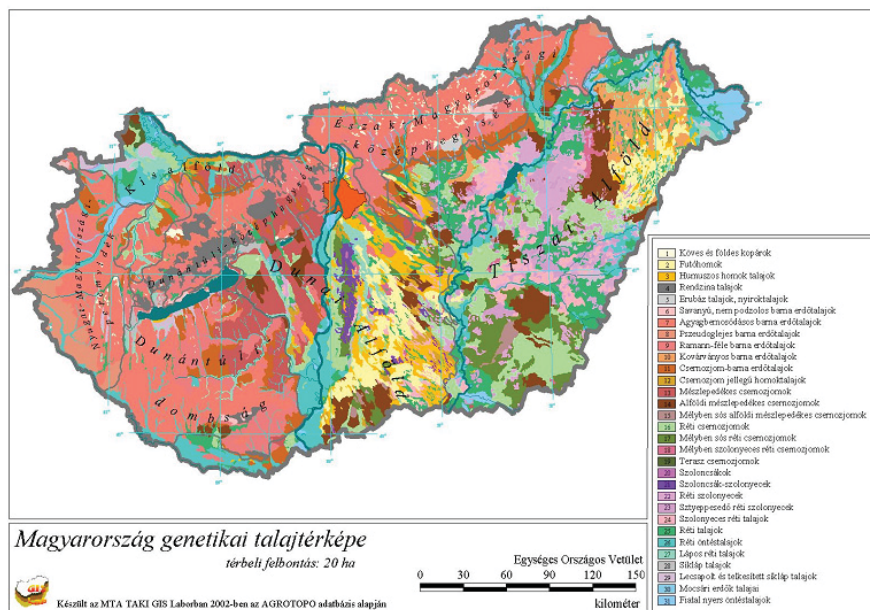
8. ábra



A talajvíz kémiai típusa kationok szerint

Jelmagyarázat: 1. nátriumos (Na); 2. magnéziumos (Mg); 3. magnézium-kalciumos (Mg-Ca); 4. kalciumos (Ca); 5. kalciumos-nátriumos (Ca-Na); 6. vegyes (Ca-Mg-Na)

9. ábra



Magyarország genetikai talajtérképe

prognosztizált talajvízszint-süllyedés miatt is a Kisalföld, illetve a Szigetköz érintett területein.

A 8. ábra azonban azt mutatja, hogy a Magyar Alföld jelentős területein – épp az anyagfelhalmozódási folyamatoknak kedvező negatív vízmérleg miatt – a talajvizek „rossz” minőségűek: nagy sótartalmúak, kedvezőtlen ion-összetételűek. Ilyen esetben a kapilláris transzport nemcsak vizet, hanem káros Na-sókat is szállít a talajvízszint feletti talajrétegekbe, az aktív gyökérszónába, s a talajok másodlagos sófelhalmozódását, elszikesedését okozhatják („kritikus talajvízszint”, „kritikus talajvíz-dinamika”).

Az ingadozó talajvízszint feletti rétegezett talajba irányuló kapilláris víz-, illetve oldat-transzport leírására négylépcsős modellt dolgoztunk ki és alkalmaztunk eredményesen az érintett Tisza-völgyi és Duna-völgyi területeken (Várallyay, 2003, 2004, 2005).

A VÁLTOZATOS TALAJVISZONYOK

A térben és időben egyaránt változatos, szélsőségekre hajlamos és szeszélyes időjárás, elsősorban a csapadékviszonyok nagyon sokféleképpen hatnak talajainkra, a talajképződési és talajpusztulási folyamatokra, valamint a talaj funkcióit és tulajdonságait meghatározó anyag- és energiaforgalmi folyamatokra. A nagyon változatos talajképződési tényezők (geológiai viszonyok, éghajlat/időjárás, domborzat, hidrológiai viszonyok, élővilág, emberi tevékenység) bonyolult összhatásának eredményeképpen nagyon változatos, helyenként mozaikosan tarka talajtakaró alakult ki, s változik ma is. Ennek szemléltetésére a 9. ábrán bemutatjuk Magyarországot vázlatos talajtérképét.

A talaj különböző tulajdonságai a genetikai talajtípushoz hasonló nagy variabilitást mutatnak. A legfontosabb talajtulajdonságokról Magyarország hét nagytájára elkészített 1:100 000 méretarányú tematikus térképeket atlaszban foglaltuk össze (Várallyay, 2008b).

MAGYARORSZÁG TALAJAINAK VÍZGAZDÁLKODÁSA

Részletes felmérések alapján megállapítottuk, hogy Magyarország talajainak 43%-a kedvezőtlen, 26%-a közepes és (csak) 31%-a jó vízgazdálkodású. Ezt mutatjuk be a 10. ábrán, feltüntetve a kedvezőtlen és közepes vízgazdálkodás okait is (Várallyay, 2003, 2004).

Kidolgoztunk egy korszerű felvételezési-vizsgálati-térképezési-monitoring rendszert, s megalkottunk egy részletes talajtani adatbázist a talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak, vízháztartásának és anyagforgalmának jellemzésére, azok hatékony szabályozása érdekében.

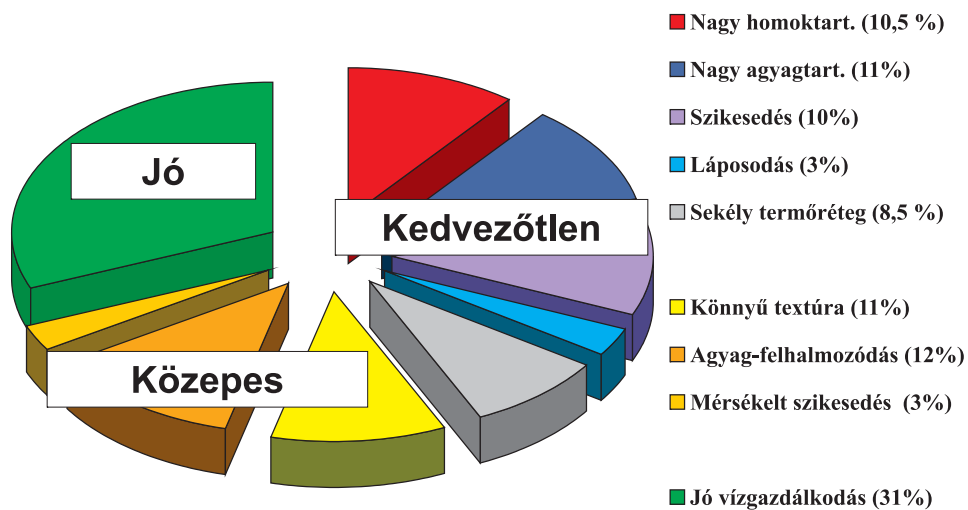
A talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszerében a talaj fizikai félesége (11. ábra); a víztartó képességet jellemző szabadföldi vízkapacitása (VK_{sz}), holtvíztartalma (HV) és hasznosítható vízkészlete (DV); a víznyelés sebessége (IR) és a talaj hidraulikus vezetőképessége (K) voltak a csoportképző paraméterek, míg az alcsoportokat a talajszelvény rétegezettsége, illetve a talaj speciális vízháztartását okozó tulajdonságok alapján definiáltuk. A talaj vízraktározó képességét kifejező teljes vízkapacitás (VK_t) a talaj beszívárgást megakadályozó tényezőtől mentes „termőrétegének” vastagságától, összporozitásától, ez pedig az adott réteg tömördőtségtől, tömördőtségtől függ, amelyet a különböző antropogén hatások gyorsan és nagymértékben befolyásolhatnak. Ezért ennek értékét egységesen az adott réteg(ek) 45 térfogatszázalékával számoltuk.

A kategóriarendszer határérték-mátrixát mutatjuk be a 2. táblázatban, feltüntetve a 9 fő kategória %-os hazai megoszlását is.

A rendelkezésre álló gazdag talajtani adatbázis alapján megszerkesztettük Magyarország talajainak vízgazdálkodási kategória térképét 1:100 000 méretarányban. A térkép egyszerűsített vázlatát mutatjuk be a 12. ábrán.

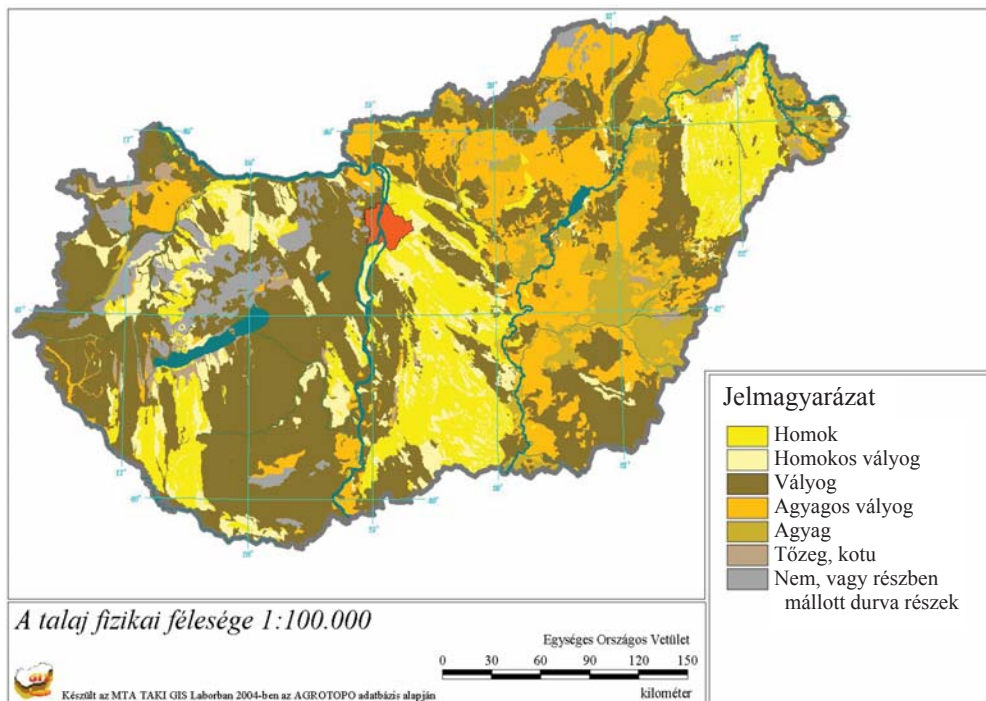
A térkép részletes területi adatai (elhatárolt foltonkénti, talajtípusonkénti, közep-tájankénti és megyei bontásban) az MTA

10. ábra



Kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok megoszlása

11. ábra



A talaj fizikai félesége

2. táblázat

A talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriái

Talaj vízgazdálkodási tulajdonságok szerinti fő kategóriái	Területi kiterjedés az ország összterületének %-ában
1. Igen nagy víznyelésű és vízvezető képességű, gyenge vízraktározó képességű, igen gyengén víztartó talajok	10,5
2. Nagy víznyelésű és vízvezető képességű, közepes vízraktározó képességű, gyengén víztartó talajok	11,1
3. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, jó vízraktározó képességű, jó víztartó talajok	24,9
4. Közepes víznyelésű és vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, jó víztartó talajok	19,1
5. Közepes víznyelésű, gyenge vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, erősen víztartó talajok	6,2
6. Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű, erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok	14,9
7. Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető képességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, szélsőséges vízgazdálkodású talajok	3,6
8. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, igen nagy vízraktározó képességű talajok	1,3
9. Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok	8,4

Kategória kód száma	Fizikai talajféleség			VK _{sz}	HV	DV	IR	K
	jele	K _A	hy ₁	mm/10 cm-es réteg			mm/óra	cm/nap
1.	h	< 25	< 1,0	< 15	< 5	5–10	> 500	> 1000
2.	hv	25–35	1,0–2,0	15–25	5–10	10–15	150–500	100–1000
3.	v	35–42	2,0–3,5	25–35	10–20	15–22	100–150	10–100
4.	av	42–50	3,5–5,0	35–42	20–27	12–17	70–100	1–10
5.	a	50	5,0	42–50	27–35	10–15	50–70	0,1–1,0
6*							10–50	0,01–0,1
7**							< 10	< 0,01
8***	tőzeg, kotu			> 50	> 35			
9.	Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodási talajok							

K_A: Arany-féle kötöttségi szám;hy₁: higroszkóposági értékszám;

Fizikai talajféleség:

h: homok;

hv: homokos vályog;

v: vályog;

av: agyagos vályog;

VK_{sz}: szabadföldi vízkapacitás;

HV: holtvíztartalom;

DV: hasznosítható vízkészlet;

IR: víznyelés sebessége;

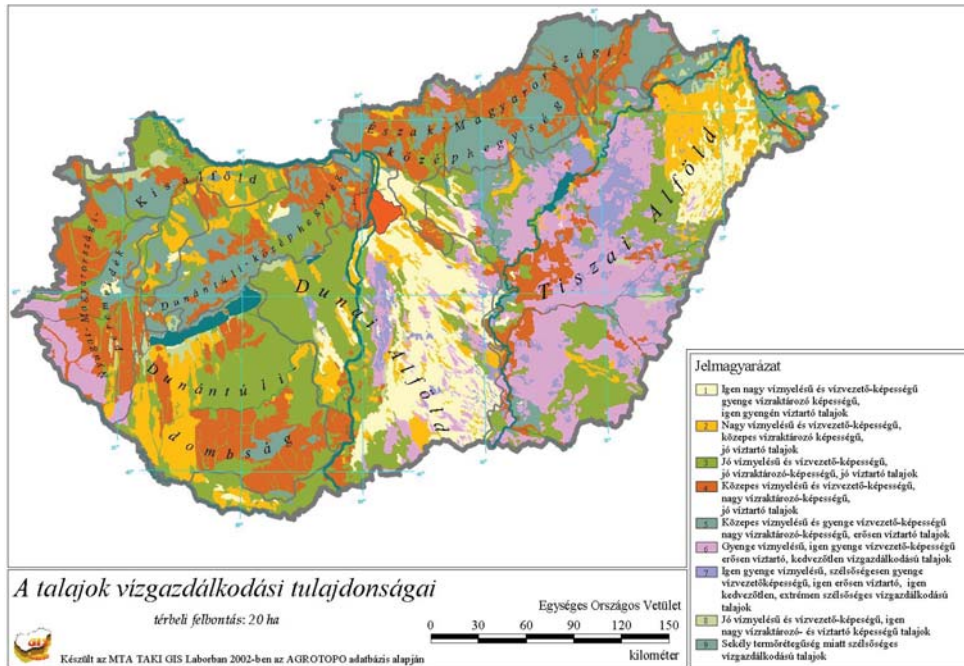
K: hidraulikus vezetőképesség.

* Enyhe szikesedés vagy pszeudoglej-képződés miatt kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok;

** Erős szikesedés miatt extrémén szélsőséges vízgazdálkodású talajok;

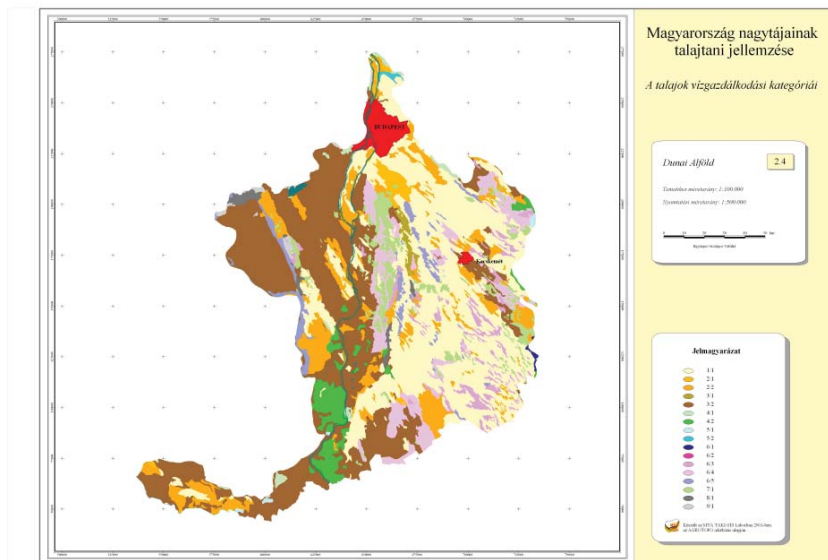
*** Láptalajok

12. ábra



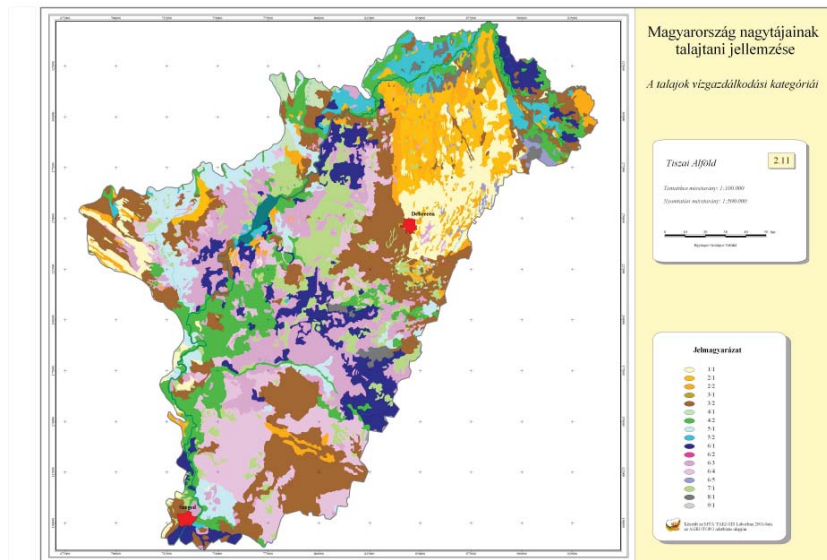
Magyarország talajainak vízgazdálkodási tulajdonságai

13. ábra



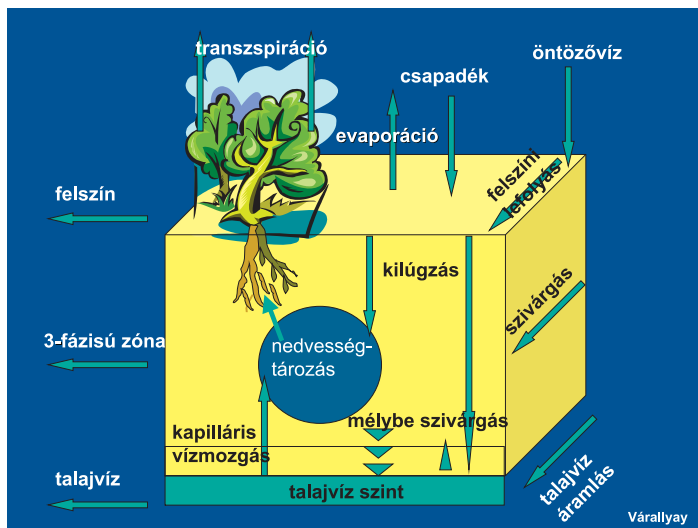
A Dunai Alföld talajainak vízgazdálkodási tulajdonságai

14. ábra



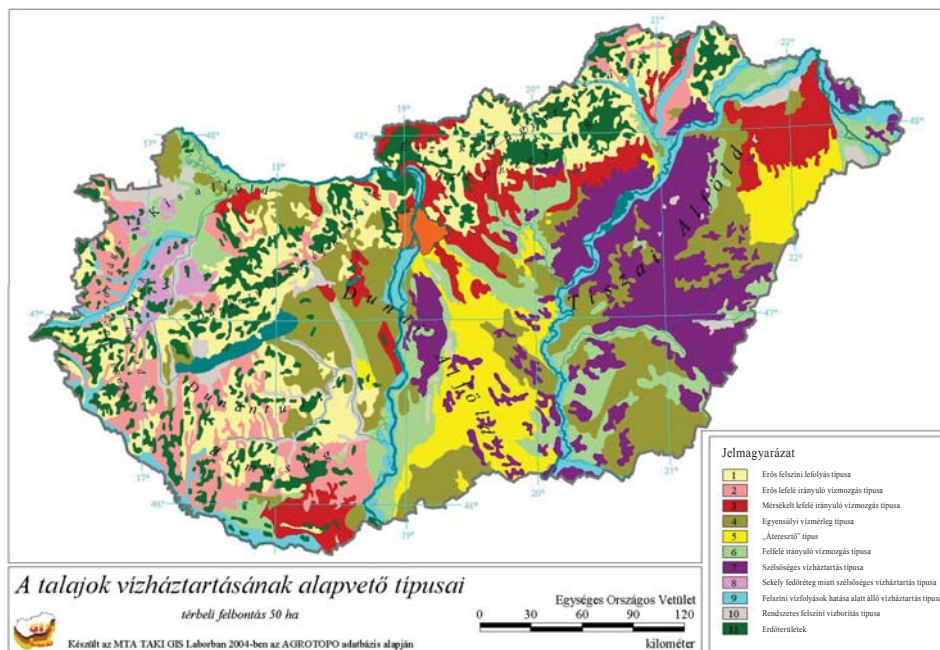
A Tiszai Alföld talajainak vízgazdálkodási tulajdonságai

15. ábra



A talaj vízmérlegének elemei

16. ábra



Magyarország talajainak vízháztartási típusai

TAKI számítógépes AGROTOPO adatbázisában kerültek tárolásra.

A térkép és az adatanyag alapján a megfelelő szelvényvariáns kiválasztásával és az a–b–c (a talajszelvényben nincs lényeges textúr-differenciálódás) vagy A–B–C (a talajszelvényben jelentős textúr-differenciálódás van) szintek tényleges vastagságuknak megfelelően való helyettesítésével Magyarország bármely talajtípusára, illetve bármely szelvényének bármely vastagságú rétegére megadható a talajban tározható víz mennyisége, sőt ennek „holtvíz”, illetve a növény számára hozzáférhető hányada is (VK_{sz} , HV, DV). Ezek az adatok közvetlenül térképre vihetők, számítógépes adatbázisban digitálisan (is) tárolhatók, s kvantitatív alapját jelenthetik egy-egy talajfőleség, egy-egy táj, körzet, üzem, esetleg egyéb természeti, adminisztratív vagy térképezési egység korszerű vízgazdálkodási jellemzésének; az optimálist minél inkább megközelítő mezőgazdasági vízgazdálkodás

kialakításának, valamint az ezt célzó racionális beavatkozások, intézkedések, eljárások, módszerek kidolgozásának (Várallyay, 2003, 2005b; Várallyay et al., 1980b).

Az adatbázisból kiemelve – példaképpen – a 13. és 14. ábrán két megkülönböztetett jelentőségű nagytáj, a Dunai Alföld (13. ábra) és a Tiszai Alföld (14. ábra) vízgazdálkodási talajtulajdonságainak térképét is bemutatjuk (Várallyay, 2004).

A talaj vízgazdálkodási tulajdonságain kívül természetesen szükség van a talaj vízmérlegének, illetve a vízmérleg 15. ábrán bemutatott elemeinek kvantitatív ismeretére is. Ettől ma még távol vagyunk, de kutatásainkkal erre törekszünk. Jelenlegi ismereteink alapján a talaj 11 vízháztartási típusát és 13 anyagforgalmi típusát határoztuk meg és definiáltuk, s megszerkesztettük e kategóriák tematikus térképeit (Várallyay, 1985). A vízháztartási típusok vázlatos térképét mutatjuk be a 16. ábrán.

A TALAJ, MINT HAZÁNK LEGNAGYOBB TERMÉSZETES VÍZTÁROZÓJA

A szeszélyes csapadékvizonyok, a gyakran előforduló szélsőséges vízháztartási helyzetek és a változatos domborzat miatt biomassza-termelési, mezőgazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt megkülönböztetett jelentősége van a *talaj vízraktározó képességének*.

Adataink alapján tényszerűen bizonyítható, hogy *a talaj hazánk legnagyobb kapacitású – potenciális – természetes víztározója* (Várallyay, 2007b, 2008b; Várallyay – Farkas, 2008). Jól mutatják ezt az alábbi – becslést és jelentős mértékben ingadozó – szám adatok

- a hazánkba lépő felszíni vízfolyások hozama: 110–120 km³/év;

- a Balaton víztömege: 1,5–2 km³;

- a hazánk területére hulló (átlagosan 550–600 mm-nyi) évi csapadék mennyisége: 50–55 km³;

- *a talaj felső egy méteres rétege potenciálisan mintegy 40 km³ víz befogadására és 25–30 km³ víz raktározására képes*. Ennek mintegy 55–60%-a a növény számára nem hozzáférhető „holtvíz”, 40–45%-a pedig „hasznosítható víz”, amelyre vonatkozóan pontos területi adatok állnak rendelkezésünkre.

Míndez azt jelenti, hogy a lehulló csapadék mintegy kétharmada (!) egyszerre „beleférne” a talajba, ha beszivárgását nem akadályozná

- a talaj tározóterének kisebb-nagyobb mértékű vízzel telítettsége (mint pl. 2000 tavaszán a csapadékos 1999. évi ősz követően): „tele edény effektus”;

- a felszíni rétegek fagyott volta: „befagyott edény effektus”;

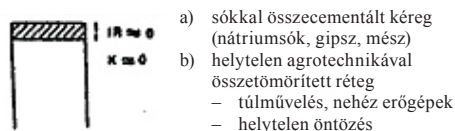
- a talaj felszínén, illetve felszín közeli rétegeiben kialakuló közel vízátnemeresztő, igen lassú víznyelésű réteg, ami megakadályozza vagy lassítja a víz talajba szivárgását, a talaj nedvességtároló terének feltöltését: „ledugaszolt edény effektus”.

Ez utóbbi főbb eseteit mutatjuk be vázlatosan a 17. ábrán.

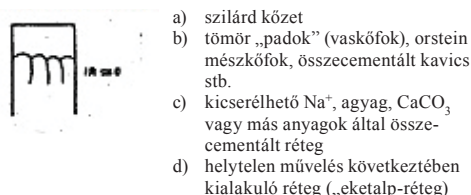
A felsorolt esetek nagyon gyakoriak a Magyar Alföld hatalmas kiterjedésű, nehéz mechanikai összetételű, nagy agyag- és duzzadó agyagásvány-tartalmú, valamint szikes talajain. Ezek a talajok gyakran még rövidebb-hosszabb ideig tartó hóolvadás, sok vagy nagy intenzitású csapadék miatti felszíni vízborítás alatt sem áznak be mélyen és egyenletesen, s nem „használják ki” felső egy méteres rétegük potenciális vízraktározó képességét. Ennek egyenes következménye azután, hogy – nagy területeken – a belvizek természetes „eltűnése” (elfolyás, párolgás) vagy mesterséges – gyakran meggondolatlan, s csak a felszíni vízborítás gyors elvezetését szem előtt tartó – „eltűntetése” után a csapadékszegény (sőt esetleg gyakorlatilag csapadéktelen) nyári időszakban a talaj viszonylag vékony rétegében tárolt csekély vízmennyiség csak rövid ideig képes a növényzet vízigényét kielégíteni, s a tavasszal belvizes vagy túlnedvesedett területek tekin-

17. ábra

A) Vízátmenesztő réteg (kéreg) a talaj felszínén



B) Sekély beázási réteg (kis vízraktározó képesség)

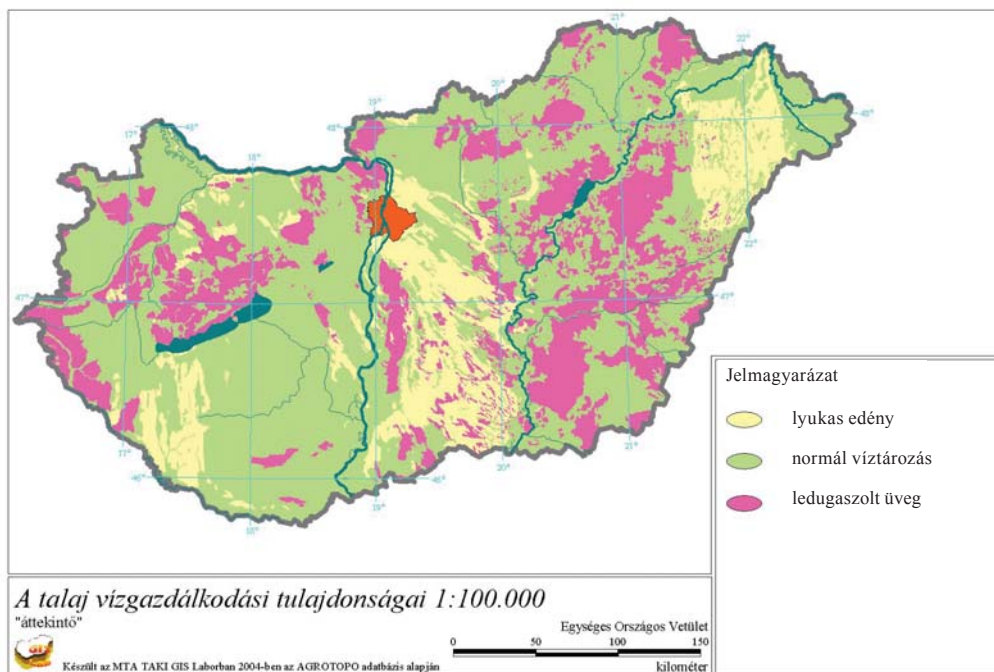


⇒ Szélsőséges vízgazdálkodás

túlnedvesedés, aerációs problémák
belvízvesztés
felszíni lefolyás, vízeróziós károk
aszály- (szárazság) érzékenység

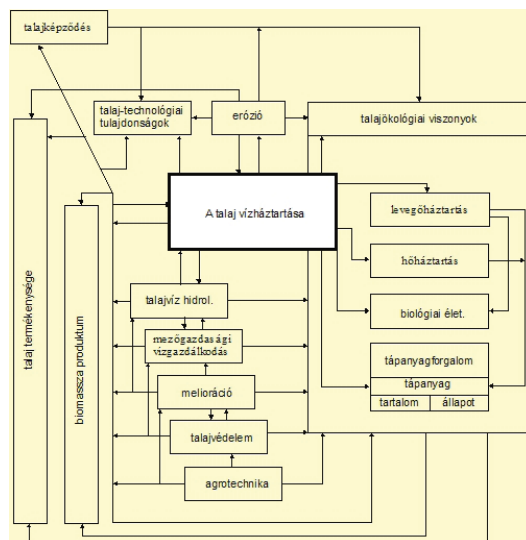
**A víz talajba szivárgását gátló tényezők
(„ledugaszolt edény effektus”)**

18. ábra



A talaj potenciális vízraktározó képességének korlátai

19. ábra



A talaj vízgazdálkodásának talajtani és környezeti összefüggései és befolyásolásának lehetőségei

télyes részén komoly aszálykárok jelentkeznek. Ez a „vízháztartási szélsőség” sajnos nem kivételes eset, hanem egyik jellemzője a Magyar Alföldnek, ami a prognosztizált klímaváltozások esetén csak súlyosbodni fog.

A talaj aszályérzékenységehez – ugyan-csak jelentős területeken – a talaj vízraktározó képességének egy másik korlátozó tényezője is hozzájárul. Könnyű mechanikai összetételű, laza homoktalajokon ugyanis be tud ugyan szivárogni a felszínre jutó víz a talajba, de a víz csak „átszalad” a talajszelevényen, s a talajban visszatartott kis hasznosítható vízkészlet teszi a talajt aszályérzékenyebbé: „lyukas edény effektus”.

A talaj vízháztartását befolyásoló (gyakran meghatározó) „effektusok” vázlatos térképét mutatjuk be a 18. ábrán. A „ledugaszolt effektus” a 6., 7. és 9. vízgazdálkodási kategóriák talajaira, a „lyukas edény effektus” az 1. és 2. kategóriák talajaira jellemző elsősorban.

Mindezek alapján egyértelműen megállapítható, hogy távolról sem mindegy, hogy a talaj pórustere, ez a hatalmas potenciális természetes nedvesség-tározótér mennyire használható ki, mennyire tud – különböző forrásokból – feltölteni, s vízkészlete mennyire hasznosítható. Ennek annál nagyobb a jelentősége, minél szélsőséesebb a klíma, illetve az időjárás. Ilyen esetekben ugyanis egy-egy hirtelen, nagy intenzitású zápor, vagy csapadékos periódus során a talajba szivárgó, s ott hasznosan tározódó vízkészlet, vagy a jó minőségű talajvízből történő kapilláris vízutánpótlás csak viszonylag rövid csapadékmentes, aszályos időszakra képes a növényzet (természetes és agro-ökoszisztémák) vízigényét többé vagy kevésbé kielégíteni. Nem véletlen, hogy a szélsőséges időjárási viszonyok, egy-egy pusztító árvíz, belvíz vagy aszály esetén a talaj (vízraktározó képességének) szerepe mindig felértékelődik, s a társadalmi érdeklődés és aggodás homlokterébe kerül, míg optimális vízellátás esetén gyakran elfelejtődik vagy háttérbe szorul. A történelem szemléletesen igazolta, hogy a talajtani tudomány fejlődésének mindig egy-egy ilyen időjárási katasztrófa adott

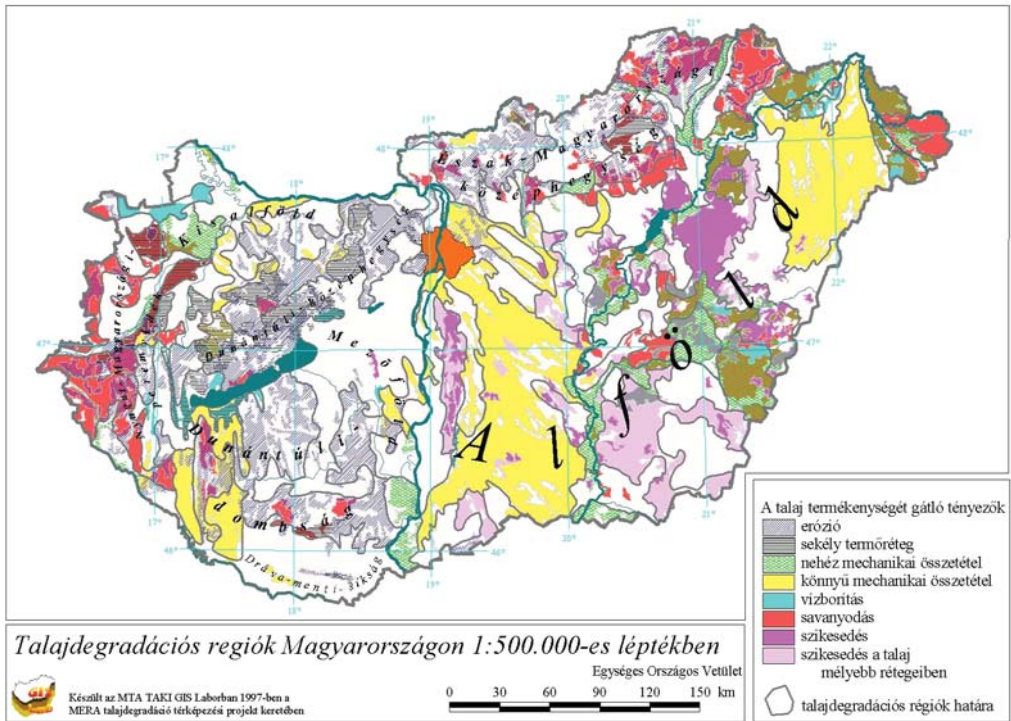
lökést. Kezdetről fogva, az egymást követő száraz vagy nedves évek halmozódó hatására reagálva mind a mai napig; sőt a globális klímaváltozás prognosztizált jövőbeni időjárási szélsőségeiig.

De ugyanezt fejezi ki a növénytermesztésben tapasztalt enyhébb vagy súlyosabb „évjáráthatás” is. Az azonos mértékű „éghajlati aszály” merőben más ökológiai következményekkel jár gyenge vízbefogadó vagy víztartó képességű (a talaj potenciális víztározó terét csak részben hasznosító) talajokon, mint jó vízbefogadó és víztartó képességű talajokon: állománypusztulás, illetve kisebb mértékű terméscsökkenés. S ha a talaj fizikai féleségén nem is tudunk változtatni, de szerkezeti állapotán, tömődöttségén, vízbefogadó és víztartó képességén igen! Nem lehet tehát elégszer hangsúlyozni, hogy a fenntartható és biztonságos (!) biomassza-termelés kulcskérdése a talaj vízháztartásának hatékony szabályozása (Várallyay, 2008b; Csete – Várallyay, 2004; Harnos – Csete, 2008; Láng et al., 2007; Birkás – Gyuricza, 2004).

A TALAJ VÍZGAZDÁLKODÁSA ÉS A TALAJTERMÉKENYSÉG

A talaj vízgazdálkodása meghatározza a talaj levegő- és hőgazdálkodását, biológiai tevékenységét és – ezeken keresztül – tápanyag-gazdálkodását is. Hat a talaj technológiai tulajdonságaira, meghatározva ezzel egyes agrotechnikai műveletek szükségességét, optimális időpontját, illetve lehetséges időtartamát, gépigényét, energiaszükségletét. Végül meghatározza, hogy a talaj, az ökoszisztéma, vagy a terület a környezet „stresszhatásait” milyen mértékig képes pufferni, s melyek a tűrési határt meghaladó „terhelés” esetén a talajban vagy a talajjal érintkező felszíni vagy felszín alatti vízkészletekben várhatóan bekövetkező károsodások rövid vagy hosszú távon, az adott területen vagy annak környezetében (Csete – Várallyay, 2004; Várallyay, 2004b, 2005a,c). Ezen összefüggéseket mutatjuk be a 19. ábrán.

20. ábra



A talaj termékenységét gátló tényezők és talajdegradációs folyamatok Magyarországon

Az ország agroökológiai potenciálját meghatározó tényezők, valamint a talaj termékenységét korlátozó *talajdegradációs folyamatok* (víz vagy szél okozta erózió; savanyodás; szikesedés; talajszerkezet leromlása, tömörödés; nedvességforgalom szélsőségesé válása; növényi tápanyagok és szennyező anyagok biogeokémiai körforgalmának kedvezőtlen irányú megváltozása; pufferkapacitás csökkenése; biodiverzitás és talajélet csökkenése) közvetlenül vagy közvetve ugyancsak a talaj vízháztartásával kapcsolatosak, annak okai vagy következményei (20. ábra).

A talaj szárazodása – fenti összefüggések alapján – változatos és jelentős hatást gyakorol a talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatokra: abiotikus és biotikus transzportra és transzformációra.

Néhány példa erre vonatkozóan:

(1) Szervesanyag-forgalom.

A kedvezőtlen vízellátás csökkenti az ökoszisztémák felszíni és felszín alatti biomasszaproduktumát. Ez nemcsak kisebb terméshozamot, hanem kevesebb talajban visszamaradó (vagy oda visszajuttatott, vagy visszajuttatható) növényi maradványt is jelent. Ezek a szárazabb körülmények közötti aerob folyamatok dominanciája miatt gyorsabban bomlanak → csökken(het) a talaj szervesanyag-tartalma, mérséklőd(het) az ökoszisztéma C-nyelő (carbon sink) funkciója.

(2) Biológiai tevékenység.

Szárazodás hatására átalakul a bióta fajösszetétele, szűkül fajspektruma, csökken(het) a biodiverzitás. Ennek valamennyi hátrányával vagy éppen előnyével (bizonyos káros folyamatokért felelős szervezetek

visszaszorulása bizonyos kedvező folyamatokért felelős szervezetekkel szemben) együtt. A „kedvező” és „kedvezőtlen” hatások megítélése „termőhely-specifikus” és időben is változó.

(3) *Erózió.*

A kevesebb lehulló csapadék miatt a víz-eróziós veszélyeztetettség csökken(het), ha nem ellensúlyozza ezt a csökkenést a nem megfelelő vízellátás hatására csak gyengébb fedettséget biztosító növényállomány kisebb talajvédő hatása; illetve ha a kisebb mennyiségű csapadék nem nagyintenzitású „erózió” záporok formájában hull, vagy zúdul lejtős területekre.

A szárazabb felszín (különösen ha a gyengébb vízellátás gyéresebb növényborítottsággal is jár) növeli a széleróziós kártétel kockázatát, különösen kialakulatlan vagy leromlott szerkezetű, elporosodott felszínű talajok esetében.

(4) *Sófelhalmozódás/szikesedés.*

A szárazabb körülmények közötti fokozott párolgás gyorsítja a talajoldat betöményedését, növeli annak sókoncentrációját és a jobban oldódó vegyületek irányába tolja el ionösszetételét. A kevesebb csapadéknak csökken, sőt megszűnik kilúgzó hatása. A két folyamat együttesen súlyosbítja a sófelhalmozódás kockázatát, növeli annak valószínűségét, intenzitását.

Azokon a területeken azonban, ahol a szikesedés fő Na-só forrását a felszín alatti vizek képezik (pl. a Magyar Alföldön is), a szárazodás miatti fokozott párolgás a talajvizet is „megcsapolhatja”, ami természetesen talajvízszint-süllyedéssel jár. A mélyebbre süllyedő talajvízből viszont nincsen vagy csökken a talajvízszint feletti rétegekbe irányuló kapilláris víz- és oldattranszport, mérséklődik a talajvízből történő sófelhalmozódás és szikesedés veszélye. Sőt „sziktelenedési” folyamat is előfordulhat, mint ahogy ez a Kiskunság néhány szikes területén be is következett.

Előállhat természetesen a két fenti folyamat egyensúlyi helyzetet eredményező párhuzamos előfordulása is (Várallyay, 2003, 2004, 2005c).

A TALAJ VÍZHÁZTARTÁS-SZABÁLYOZÁSA, MINT KÖRNYEZETVÉDELMI BEAVATKOZÁS

A szélsőséges vízháztartási helyzetek „kezelésének” alapvetően két lehetősége van.

a) Az egyik a *bekövetkezés kockázatának csökkentése*:

- megfelelő és időben történő felkészülés („preparedness”);
- időbeni riasztás („early warning”);
- előrejelzés, prognózis („forecast”);
- megelőzés, prevenció.

b) A másik a bekövetkezett események okozta *károk mérséklése*:

- elhárítás, védelem;
- bekövetkezett károk mérséklése;
- kártalanítás.

Természetesen mindent meg kell tenni az (a) intézkedések érdekében, hogy minél ritkábban legyen szükség a (b) tevékenységek kényszerére. Ez egyszerűbb, olcsóbb, kisebb fájdalommal és veszteséggel jár, s kevesebb a kedvezőtlen gazdasági, környezeti, társadalmi mellékhatása is (Harnos – Cséte, 2008; Láng et al., 2007; Várallyay, 2003, 2008a).

A talaj nedvességforgalmának szélsőségei az élet minden frontján komoly zavarokat, sőt katasztrófákat okozhatnak. A víz, mint *stratégiai hiánycikk* nemcsak szomjúságot, hanem éhínséget és kellemetlen környezetet is jelent! Ezért a prognosztizált klímaváltozások vízforgalmi hatásai és azok „kezelése” joggal érdemelnek kiemelt prioritást a fenntartható fejlődés megoldandó feladatai között.

A talaj zavartalan funkcióit biztosító *vízháztartás-szabályozási beavatkozások* egyaránt a talaj potenciális vízraktározó képességének minél teljesebb körű kihasználását célozzák. Azt, hogy

- a felszínre jutó víz minél nagyobb hányada jusson a talajba (felszíni lefolyás és párolgás csökkentése);
- a talajba jutó víz minél nagyobb hányada tárolódjon a talajban (vízraktározó képesség növelése, „szivárgási veszteségek” csökkentése);

– a talajban tározott víz minél nagyobb hányada váljon a természetett növények által hasznosíthatóvá.

Ezek legfontosabb lehetőségeit foglaltuk össze – nagyon leegyszerűsítve – a 3. táblázatban, bemutattva, hogy a *talaj-vízháztartási beavatkozások* túlnyomó része egyben hatékony *környezetvédelmi intézkedés* is (Várallyay, 2003, 2005c).

A felszínre jutó víz talajba szivárgásának és a talajban történő hasznos tározásának elősegítése eredményesen járul(hat) hozzá az időjárási szélsőségek káros hatásainak tompításához, a szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés – aszály) kockázatának (valószínűségének, gyakoriságának, tartamának, mértékének) csökkentéséhez, kedvezőtlen gazdasági,

3. táblázat

A talajvízháztartás szabályozásának lehetőségei, módszerei és környezeti hatásai

Lehetőségek		Módszerek	Környezeti hatások
Felszíni lefolyás	Megakadályozása vagy mérséklése, elősegítése	talajvédő gazdálkodás: beszivárgás időtartamának növelése (lejtőszög mérséklése; állandó, zárt növénytakaró megtelepítése; talajművelés); beszivárgás lehetőségeinek javítása (talajművelés, mélylazítás)	1,1a 5a, 8
Felszíni párolgás		beszivárgás gyorsítása (talajművelés, mélylazítás); felszíni vizek összefolyásának megakadályozása	2,4
Talajon keresztüli talajvíz-táplálás		talaj víztartó képességének növelése; repedezés (duzzadás-zsugorodás) mérséklése	5b, 7
Talajvízszint-emelkedés		szivárgási veszteségek mérséklése; talajvízszint-szabályozás, szivattyúzás, drénezés	2,3 5b,5c
Talajba szivárgás		felszíni lefolyás csökkentése (lásd fent)	1,4,5a, 7
Talajban történő hasznos tározás		talaj vízraktározó képességének növelése (beszivárgás elősegítése, talaj víztartó képességének növelése); megfelelő művelési ág és vetésszerkezet (növény-megválasztás); talajjavítás; talajkondicionálás	4,5b,7
Hiányzó víz pótlása (öntözés)		öntözés	4,7,9,10
Felesleges és káros vizek felszíni felszín alatti } elvezetése		felszíni felszín alatti } vízrendezés (drénezés)	1,2,3,5c,6, 7,11

Kedvező környezeti hatások	Kedvezőtlen környezeti hatások
Az alábbi káros környezeti mellékhatások megelőzése, megszüntetése vagy mérséklése 1. Víz okozta talajerózió; talajfolyás 2. Másodlagos szikesedés 3. Láposodás, vizenyősödés, belvízveszély 4. Aszályérzékenység, repedezés 5. Kijuttatott tápanyagok 5a. bemosódása (→ felszíni vizek eutrofizációja) 5b. kilúgzódása (→ felszín alatti vizek) 5c. immobilizációja 6. Fitotoxikus anyagok képződése 7. Biológiai degradáció 8. Árvízveszély a vízgyűjtőterületen	9. Túlnedvesedés (belvíz-érzékenység; elvizenyősödés, láposodás-mocsarasodás) 10. Tápanyag-kilúgzódás 11. Szárazságérzékenység

környezeti, ökológiai és társadalmi következményeinek elhárításához, megelőzéséhez.

A talaj vízgazdálkodásának tudományosan megalapozott szabályozása a fenntartható fejlődés nélkülözhetetlen eleme. Azt sem egy környezetvédelmi, sem egy vízgazdálkodási, sem egy agroökológiai, sem egy mező-

gazdaság-fejlesztési, sem egy agrár-környezetvédelmi program nem nélkülözheti. Az ezek érdekében végrehajtandó intézkedések megfogalmazása és hatékony megvalósítása össztársadalmi érdek, amely csak a társadalom egészének tenni akaró aktív közreműködésével (szemlélet, morál) valósítható meg eredményesen.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BIRKÁS M. – GYURICZA Cs. (szerk.) (2004): Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség. SZIE MKK. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft., Gödöllő
- (2) CSETE L. – VÁRALLYAY Gy. (szerk.) (2004): Agroökológia (Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei). „AGRO-21” Füzetek. 37.
- (3) HARNOS Zs. – CSETE L. (szerk.) (2008): Klímaváltozás: környezet–kockázat–társadalom. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
- (4) LÁNG I. – CSETE L. – HARNOS Zs. (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- (5) LÁNG I. – CSETE L. – JOLÁNKAI M. (szerk.) (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
- (6) LIGETVÁRI F. (szerk.) (2006): Felmelegedés és vizeink (válogatott írások). Környezetgazdák Kiskönyvtára. Agroinform Kiadó, Budapest, 238 p.
- (7) MAGYARORSZÁG NEMZETI ATLASZA, 1989. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest
- (8) OMSZ (2005): Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest
- (9) PÁLFAI I. (2005): Belvizek és aszályok Magyarországon (Hidrológiai tanulmányok). Közlekedési Dokum. Kft., Budapest
- (10) PÁLFAI I. (2007): Éghajlatváltozás és aszály. „KLÍMA-21” Füzetek. 49. 59–65. pp.
- (11) SOMLYÓDY L. (2002): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest
- (12) VARGA-HASZONITS Z. ET AL. (2006): Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Matematika–Fizika Tanszék, Mosonmagyaróvár
- (13) VÁRALLYAY Gy. (1985): Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. Agrokémia és Talajtan, 34. 267–298. pp.
- (14) VÁRALLYAY Gy. (1988): Talaj, mint a biomasza-termelés aszályérzékenységeinek tényezője. Vízügyi Közlemények. 70. (3) 46–68. pp.
- (15) VÁRALLYAY Gy. (2003): A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Egyetemi jegyzet. FVM Vízgazd. Osztály. Budapest–Gödöllő
- (16) VÁRALLYAY Gy. (2004): A talaj vízgazdálkodásának agroökológiai vonatkozásai. „AGRO-21” Füzetek. 37. 50–70. pp.
- (17) VÁRALLYAY Gy. (2005a): Magyarország talajainak vízraktározó képessége. Agrokémia és Talajtan, 54. 5–24. pp.
- (18) VÁRALLYAY Gy. (2005b): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. In: Németh T. (szerk.): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. MTA TAKI, Budapest, 15–30. pp.
- (19) VÁRALLYAY Gy. (2007a): A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében. In: Orsz. Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás, Balatonfüred, 2007. okt. 15–17. Tanulmánykötet. MTESZ, Székesfehérvár, 125–135. pp.
- (20) VÁRALLYAY Gy. (2007b): A talaj, mint legnagyobb potenciális természetes víztározó. Hidrológiai Közöny. 87. (5) 33–36. pp.
- (21) VÁRALLYAY Gy. (2008a): A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében. In: „KLÍMA-21” Füzetek 52. 57–72. pp.
- (22) VÁRALLYAY Gy. (2008b): Talaj–víz kölcsönhatások a klímaváltozás tükrében. In: Talajvédelem különszám. (Talajtani Vándorgyűlés, Nyíregyháza, 2008. május 28–29.) Talajvédelmi Alapítvány, Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza, 17–32. pp.
- (23) VÁRALLYAY Gy. – FARKAS Cs. (2008): A klímaválto-

zás várható hatásai Magyarország talajaira. In: Harnos Zs. – Csete L. (szerk.): Klímaváltozás: környezet–kockázat–társadalom. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 91–129. pp. (24) VÁRALLYAY GY. ET AL. (1979): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. I. Agrokémia és Talajtan. 28. 363–384. pp. (25) VÁRALLYAY GY. ET AL. (1980a): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. II. Agrokémia és Talajtan. 29. 35–76. pp. (26) VÁRALLYAY GY. ET AL. (1980b): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. Agrokémia és Talajtan. 29. 77–112. pp.