Célzott felszínalatti vízutánpótlás (Managed Aquifer Recharge – MAR) tájékoztató

Készült az ENeRAG H2020 projekt keretében
(Excellency Network Building for Comprehensive Research and Assessment of Geofluids)

Szabó Zsóka
PhD hallgató

Mádlné Dr. Szőnyi Judit
témafelelős

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék
Tóth József és Erzsébet Hidrogeológia Professzúra

2018

I. Bevezetés

A célzott felszínalatti vízutánpótlás (Managed Aquifer Recharge – MAR) egy olyan vízgazdálkodási módszercsalád, melynek alkalmazása hosszú időkre nyúlik vissza, de mint fogalom viszonylag fiatal (Dillon et al. 2018). Definíció szerint a víztartók tudatos vízutánpótlását jelenti, későbbi vízkivétel céljából vagy környezeti haszon elérése érdekében (NRMMC, EPHC és NHMRC 2009).

MAR rendszerek létrehozása több előnnyel is jár, vízmennyiségi, vízminőségi és környezeti szempontból egyaránt. Alkalmazásuk elősegítheti a vízellátás hosszútávú biztonságát, növelheti a víztartalékokat, csökkentheti az evaporációs vízveszteséget, javíthatja a vízminőséget, csökkentheti a víztartó sótartalmának növekedését a sós víz betörés miatt tengerparti területeken, fenntarthat felszínalatti víztől függő ökoszisztémákat (FAVÖKO), továbbá növelheti a terület (turisztikai) értékét, a környezet sokszínűségét, valamint a biodiverzitást is (Dillon et al. 2009). Természetesen bizonyos feltételek teljesülése esetén alkalmazhatók, annak függvényében, hogy: (i) van-e igény további víz kitermelésére, használatára a területen; (ii) van-e megfelelő forrása az utánpótlásra használt víznek; (iii) van-e megfelelő víztartó, melyben víz tárolható és abból ki is termelhető; (iv) van-e megfelelő terület a létesítmények számára; (v) van-e megfelelő tudás a kivitelezéshez és a fenntartható működéshez (Dillon et al. 2009). Abban az esetben, ha a rendszer nem működik megfelelően, különböző problémák léphetnek fel, pl. alacsony kinyerési kapacitás (jelentős vízveszteség), a pórusok eltömődése, a vízminőség romlása, szennyezések, túlzott vízszint emelkedés hatására bekövetkező vízelöntés és műszaki földtani problémák stb. (Gale 2005, Dillon et al. 2009). A hidrogeológusok szerepe kiemelten fontos egy ilyen projekt megtervezésében, hiszen a terület földtani, hidrológiai, hidrogeológiai viszonyainak (Dillon 2005), valamint a tágabb terület áramlási rendszereinek ismerete elengedhetetlen a megfelelő kivitelezéshez. Természetesen bizonyos esetekben a hidrogeológus feladata az, hogy a MAR módszerek alkalmazását elvesse, amennyiben az több kárt okozna, mint amennyi előnnyel jár (Dillon 2005).

A témakör nemzetközi jelentőségének növekedése következtében mára elkészült egy MAR helyszíneket összefogó globális adatbázis (1.), mely tartalmazza az egyes helyszíneken alkalmazott módszerek alapvető információit, ezzel segítve a minél nagyobb számú újonnan létrejövő projektet (Stefan és Ansems 2017). Ebben az adatbázisban Magyarországról összesen 6 helyszín található: 5 parti szűrésű rendszer, valamint egy

beszivárogtató medence (hazai irodalomban talajvízdúsító). Hazai szakemberek tájékoztatása szerint több helyszín is található hazánkban, de ezek nem jelennek meg az adatbázisban megfelelő angol nyelvű szakirodalom hiányában. Kiemelten fontos lenne a hazai MAR rendszerek átfogó ismerete, hiszen továbblépési lehetőséget nyújtana a kiterjedtebb hazai alkalmazás eléréséhez, melynek lehetőségei jelenleg kiaknázatlanok.

A magyarországi MAR adatok összegyűjtésére Andrew Ross (Canberra, Ausztrália) kérte fel ezen anyag készítőit 2018 őszén, a kérést az OVF főosztályvezető-helyettese Tahy Ágnes felkarolta. Annál is inkább, hiszen a felülvizsgált Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv intézkedési programja (2.) több intézkedést is tartalmaz, mely a felszínalatti víz utánpótlására vonatkozik, például:

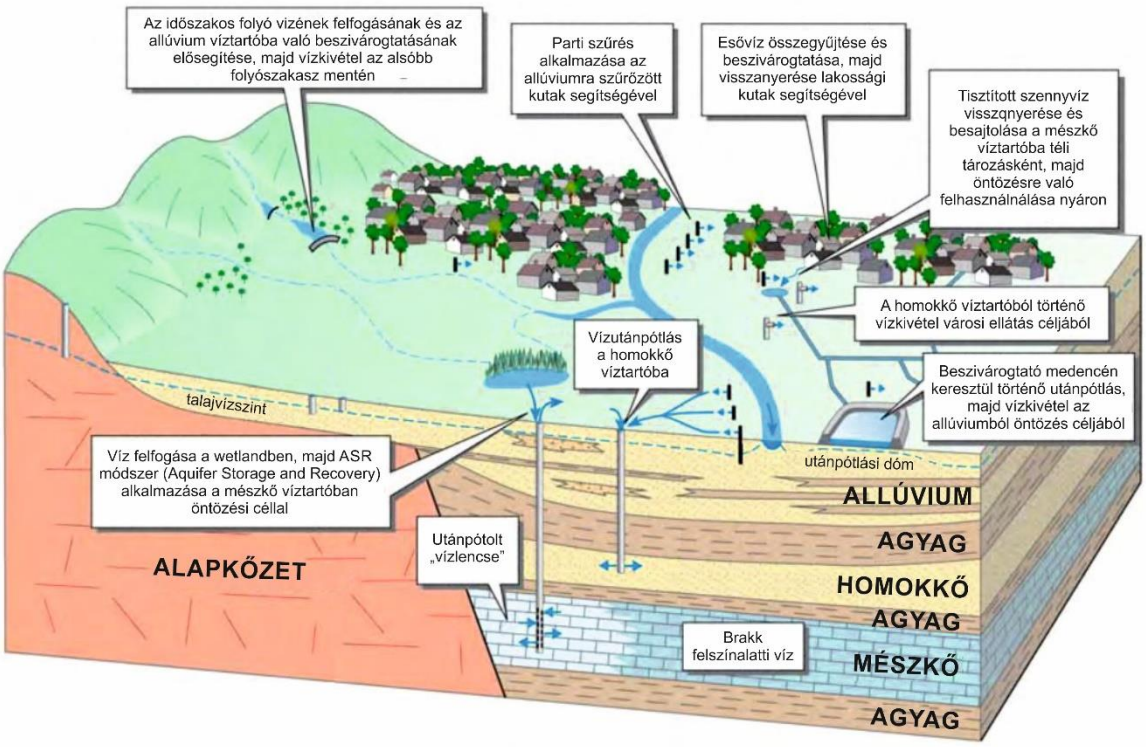
- 7.1 intézkedés: Belvízelvezető rendszer módosítása,
- 23.1 intézkedés: Belterületi vízvisszatartási lehetőségek,
- 23.2 intézkedés: Csapadékgazdálkodás, táblaszintű vízvisszatartás a beszivárgás növelése és a lefolyás csökkentése érdekében,
- 23.3 intézkedés: Vízvisszatartás tározással dombvidéki területeken, kisvízfolyásokon záportározókban, esetleg állandó tározókban,
- 23.4 intézkedés: Vízvisszatartás tározással síkvidéken belvíztározókban, illetve medertározás öbölszerűen kiszélesített szakaszokon,
- 31.1 intézkedés: Talajvízdúsítás vízvédelmi szabályozása,
- 32.2 intézkedés: Folyók eltereléséből, bevágódásából származó alacsony folyó vízszint miatt bekövetkezett talajvízszint-süllyedés kompenzációja vízpótlással, mederbeli fenékgátas duzzasztással,
- 33. intézkedés csoport: Károsodott vízi, vizes és szárazföldi élőhelyek védelme a vízjárást befolyásoló hatásokkal szemben, az egyéb intézkedéseken felül.

Az ELTE ENeRAG H2020 projekt „Excellency Network Building for Comprehensive Research and Assessment of Geofluids" kiemelt kérdésként foglalkozik a MAR témakörrel, mely projektet az OVF is támogatja partnerként. A projekt keretében létrejött egy kapcsolat a Milánói Egyetem (UMIL), a Finn Földtani Intézet (GTK) és az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Tóth József és Erzsébet Hidrogeológia Professzúra munkatársai között, mely lehetővé teszi többek között, a célzott felszínalatti vízutánpótlással kapcsolatos tudáscserét és ezáltal a megszerzett ismeretek itthoni alkalmazását (3.). Ennek első lépéseként született meg ez az ismertető, mely két célt

szolgál: (i) A MAR rendszerekkel kapcsolatos felmérésben résztvevőknek és adatokat szolgáltatóknak nyújt háttér-információt; továbbá (ii) közérthető módon áttekinti a MAR-okkal kapcsolatos ismereteket a témakörben érintett különböző háttérrel rendelkező szakembereknek, de akár a laikusoknak is könnyen érthető módon.

II. MAR típusok

Számos módszer tartozik a célzott felszínalatti vízutánpótláshoz, ezek alkalmazási lehetőségei több tényezőtől függnek (1. ábra). Kiemelten fontos többek között a víztartó típusa, mely alapvetően megszabja, hogy felszíni beszivárogtató módszerek vagy kúton történő injektálás alkalmazható a területen, az előbbi esetén fedetlen víztartóra van szükség, míg az utóbbinál a fedett víztartó megfelelőbb. Ezen túl egyes esetekben nem érdemes MAR módszerek alkalmazása, pl. ha a víztartó túl vékony, vagy finomszemcsés konszolidálatlan üledék alkotja, ha vezető vetők vannak jelen, ha rossz minőségű vizet tartalmaz, vagy ha nagyon kicsi a vízáramlás horizontális komponense (Dillon et al. 2009). Szintén jelentős befolyásoló szerepe van a víz forrásának, mely lehet: esővíz, folyóvíz, tóvíz, felszínalatti víz, brakkvíz, tisztított szennyvíz, csapvíz és bizonyos esetekben desztillált víz. A víz forrása és elsősorban ezzel összefüggésben a minősége befolyásolja a kúton át történő vízbejuttatás lehetőségét. A geológiai felépítésen és a vízminőségen túl meghatározó tényező még a topográfia, az éghajlat, valamint az épített környezet és a kitermelt víz felhasználási módja is (Dillon et al. 2009).



1. ábra: A különböző MAR típusok alkalmazási lehetőségei a helyi környezeti adottságok függvényében (Dillon et al. 2009 alapján).

A különböző szakirodalmak más-más módon csoportosítják a MAR típusokat (Bouwer 2002, Gale 2005, Dillon 2005, Dillon et al. 2009, Sprenger et al. 2017, Stefan és Ansems 2017 stb.), melynek oka, hogy gyakran átfedések és hasonlóságok vannak a módszerek között. Jelen esetben a globális MAR adatbázis (1.) által alkalmazott csoportosítás kerül bemutatásra, azon belül is a specifikus MAR típusok alkalmazása és a köztük lévő különbségek. A fő MAR típusokat két csoportra lehet bontani attól függően, hogy a módszer alkalmazása a víz intenzívebb beszivárogtatására vagy a víz felfogására és összegyűjtésére irányul (1. táblázat). Az előbbi csoportba tartoznak a felszíni beszivárogtató módszerek, a parti szűrés, és a kúton, aknán vagy fúrólyukon történő utánpótlás, míg az utóbbiba a medermorfológia-módosítás, valamint az esővíz és felszíni lefolyás összegyűjtésére és felhasználására irányuló módszerek. A továbbiakban ennek a két fő csoportnak a specifikus típusait mutatjuk be részletesebben. Az egyszerűsített magyarázó ábrák és szövegek forrása az INOWAS (4.), valamint a DEMEAU weboldala (5.).

1. táblázat: A MAR típusok lehetséges csoportosítása a globális MAR adatbázis tagolása alapján (1.)

	Fő MAR típusok	Specifikus MAR típusok
Elsősorban a víz beszivárogtatására irányuló módszerek	Felszíni beszivárogtató módszerek	Csatornák és árkok
		Fordított lecsapolás
		Többletöntözés
		Árasztás
		Beszivárogtató tavak és medencék
	Parti szűrés	Parti szűrés
	Kúton, aknán vagy fúrólyukon történő utánpótlás	ASR/ASTR
		Sekély/ásott kúton, aknán keresztül történő injektálás
Elsősorban a víz felfogására, összegyűjtésére irányuló módszerek	Medermorfológia-módosítás	Meder horizontális kiterjesztése
		Utánpótlódást segítő gát
		Homok kitöltésű tározó gát
		Felszín alatti gát
	Esővíz és felszíni lefolyás összegyűjtése és felhasználása	Gátak és töltések
		Esővíz összegyűjtése háztetőkről
		Árkok

1. Felszíni beszivárogtató módszerek (Spreading methods)

1.1. Csatornák és árkok (Ditch and Furrow)

A csatornák, árkok és barázdák pontszerű vagy lineáris szerkezetek, amelyek lehetővé teszik az utánpótlásra használt víz beszivárgását a felszínalatti vízbe. Ezek rendszerint sekélyek, lapos aljzatúak és szorosan egymás mellett helyezkednek el. Ez a felszíni beszivárogtatási módszer elsősorban szabálytalan terepen történik a víz gyűjtésére és elosztására, vagy olyan területeken, ahol a felső talajprofilban vízfogó réteg van jelen, amit így eltávolítanak.

1.2. Fordított lecsapolás (Reverse Drainage)

A fordított lecsapolás alkalmazása során a víz perforált vízelvezető csatornák hálózatában áramlik a felszín alatt, majd a mélyebb rétegekbe szivárog. Ezt a módszert ott

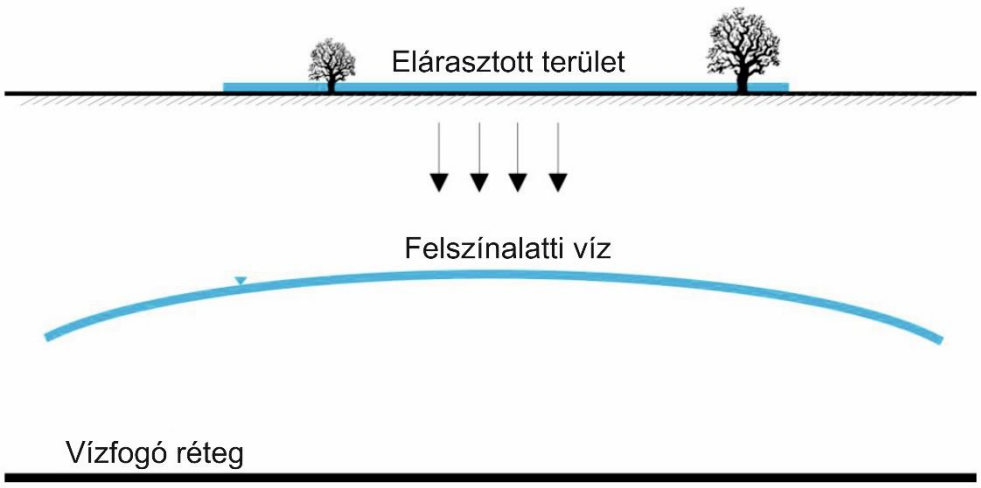
használják, ahol a földterület drága, ugyanis ez a módszer elhanyagolható hatással van a felszíni földhasználatra.

1.3. Többletöntözés (Excess Irrigation)

A többletöntözés MAR módszerként olyan egyébként is öntözött mezőgazdasági területeken alkalmazható, ahol feleslegben víz áll rendelkezésre, és ez a többlet víz a területen művelési vagy öntözési időszakokon kívül elöntözhető, így biztosítva a víztartó feltöltését. A többlet öntözés előnyös lehet más hagyományos MAR módszerekkel szemben, hiszen világszerte jelentős öntözött mezőgazdasági területek állnak rendelkezésre, amelyek már rendelkeznek a szükséges infrastruktúrával, és ha a többlet öntözővíz is rendelkezésre áll (más forrásból), akkor annak víztartóba juttatása megoldható. Itt a MAR-rendszer nem versenyez más földhasználatokkal, valamint a vízigényes mezőgazdaság kedvezőtlen hatásai (csökkenő talajvízszintek) is kiegyenlíthetők e módszer alkalmazásával.

1.4. Árasztás (Flooding)

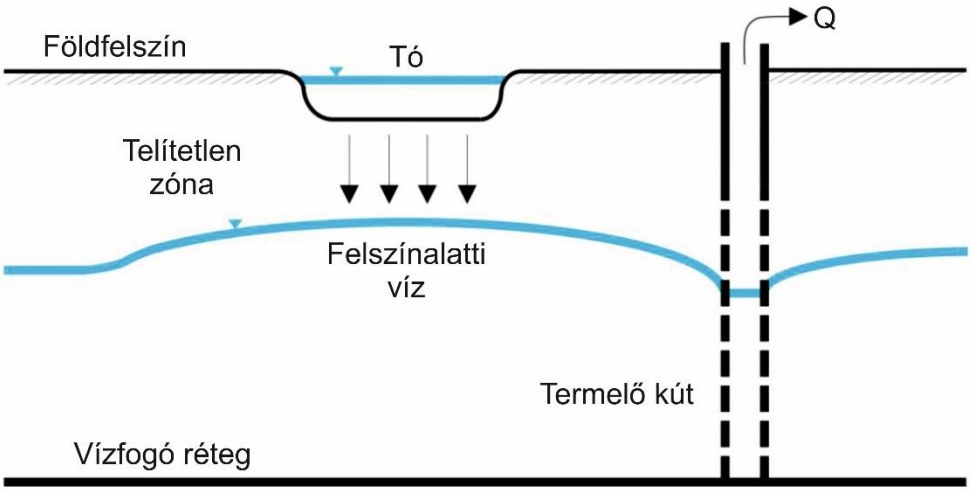
Árasztás (2. ábra) MAR módszerként való alkalmazása akkor történik, amikor nagyvízi időszakban többlet víz áll rendelkezésre, vagy amikor árvízi eseményt kell kezelni. A rendszer passzív beszivárgást biztosít, amely áthatol a vadózus zónán és az alatta lévő víztartóba kerül. Ezek a rendszerek számos előnnyel rendelkeznek, például az árvízvédelem, a szárazságra való felkészülés, a víztartó és az ökoszisztéma helyreállítása szempontjából. Azonban a módszer alkalmazásához nagy földterületekre lehet szükség, melyeket készenlétben kell tartani, hogy lehetővé tegye az időszakos árasztást. így kompenzációs rendszereket kell bevezetni a földtulajdonosok számára.



2. ábra: Árasztás (Flooding) (4. alapján)

1.5. Beszivárogtató tavak és medencék (Infiltration Ponds and Basins)

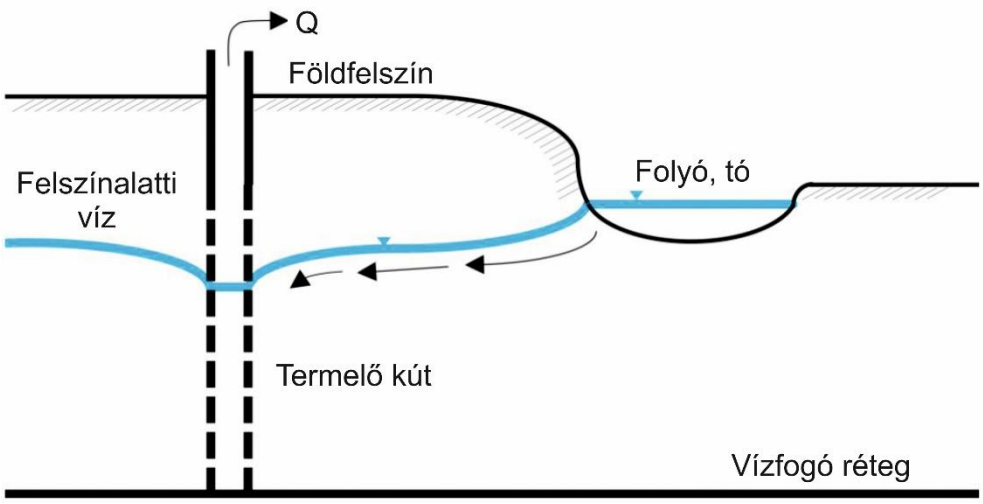
A felszíni beszivárogtató módszerek és azon belül is a beszivárogtató tavak, medencék (3. ábra) a világon leginkább alkalmazott MAR módszerek közé tartoznak. Ezek alapja a víz megtartása és szétterítése többnyire sík területen, a beszivárgás fokozása érdekében. A fedetlen víztartóba való beszivárgás mértékét növelhetik árkok, gátak, üregek létrehozásával is. A felszíni beszivárogtató módszerek akkor alkalmazhatók, ha a terület felszíni és felszín alatti jellemzői lehetővé teszik a víztartó felszínről történő utánpótlását (pl. fedetlen víztartó, jó felszínközeli vezetőképesség).



3. ábra: Beszivárogtató tavak és medencék (Infiltration Ponds and Basins)(4. alapján)

2. Parti szűrés (Induced Bank Filtration)

Folyókhoz vagy tavakhoz kapcsolódó parti szűrésű rendszerek (4. ábra) működése során a vízforrással párhuzamosan elhelyezett kútsor vagy galéria szivattyúzása beindítja a folyó vagy a tó vizének az objektum felé történő áramlását. A szivattyúzás lecsökkenti a talajvízszintet a folyó/tó környezetében, ami előidézi vizük víztartóba való beszivárgását. E folyamat elsődleges célja a felszíni vizek minőségének javítása a kútba jutásig. A víz folyó- vagy tómedren, illetve víztartón történő áthaladása során fizikai, kémiai és biológiai folyamatok játszódnak le, melyek eltávolítják az oldott és lebegtetett szennyezőket és patogéneket.



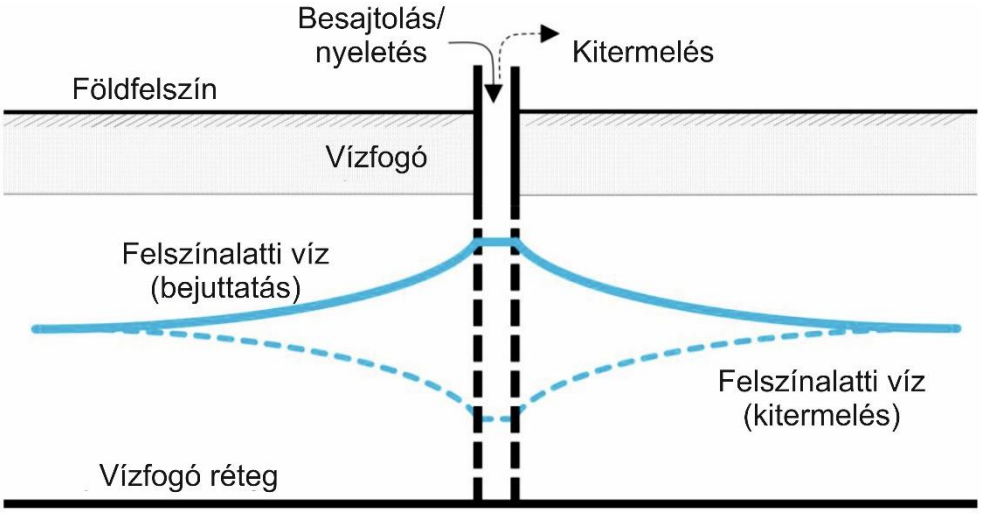
4. ábra: Parti szűrés (Induced Bank Filtration) (4. alapján)

3. Kúton, aknán vagy fúrólyukon történő utánpótlás (Well, Shaft and Borehole Recharge)

3.1. ASR (Aquifer Storage and Recovery)

Az „Aquifer Storage and Recovery" (ASR) esetén egy mélyebb kutat fúrnak, melyet a célzott víztartóra szűrőznek és injektálásra, valamint vízkivételre egyaránt használják (5. ábra). Ezt a MAR módszert ott alkalmazzák elsősorban, ahol nagy vastagságú és alacsony permeabilitású réteg van jelen a célzott víztartó felett. A legtöbb jelenleg működő ASR rendszer célja az ivóvíz tárolása a víztartóban a legnagyobb vízigényű időszakokkor történő vízkivétel céljából, tehát a vízhiányos és víztöbblettel rendelkező időszakok közötti vízkülönbség enyhítése. A kúton át történő injektáló módszerek megfelelő vízminőséget igényelnek, mivel közvetlenül juttatják a vizet a víztartóba. A felszíni

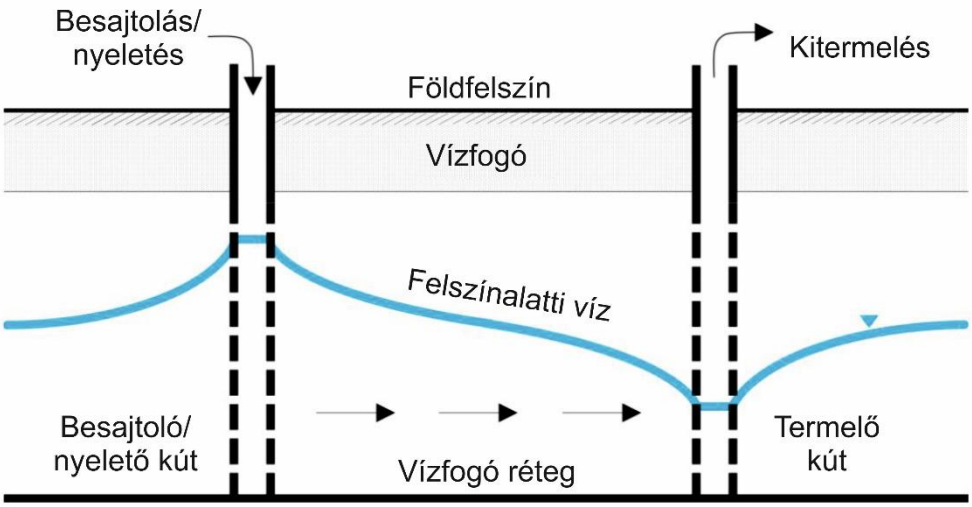
képződmények milyensége itt nem játszik fontos szerepet, valamint további előnye, hogy relatíve kis terület szükséges hozzá a felszínen.



5. ábra: ASR (Aquifer Recharge and Recovery) (4. alapján)

3.2. ASTR (Aquifer Storage, Transfer and Recovery)

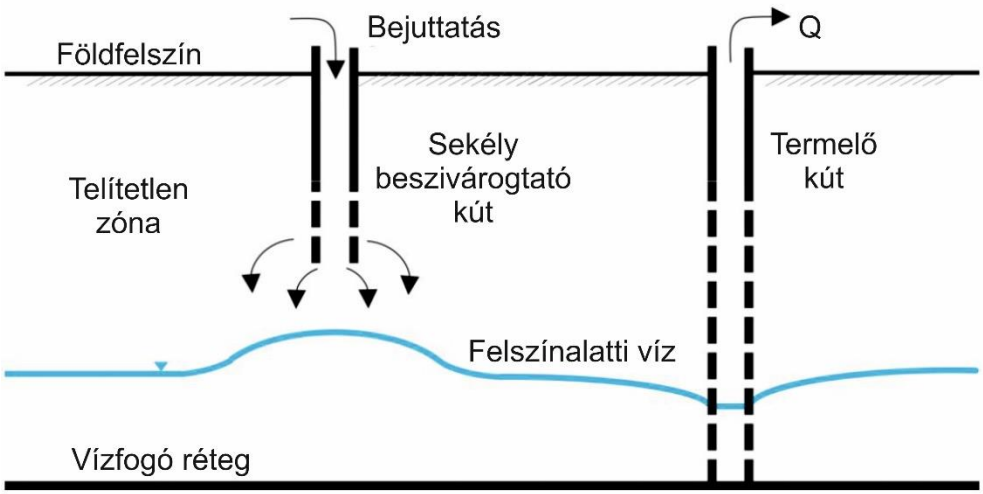
Az „Aquifer Storage, Transfer and Recovery" (ASTR) esetén a vizet egy kúton keresztül injektálják a víztartóba, és egy másik, tőle távolabb található kútból nyerik ki (6. ábra). A felszín alatt megtett áramlási pályája során fizikai és kémiai folyamatok játszódnak le, amelyek javítják a bejuttatott víz minőségét. A kúton át történő injektáló módszerek megfelelő vízminőséget igényelnek, mivel közvetlenül juttatják a vizet a víztartóba.



6. ábra: ASTR (Aquifer Recharge, Transfer and Recovery) (4. alapján)

3.3. Sekély/ásott kúton, aknán keresztül történő injektálás (Dug well/Shaft/Pit Injection)

A sekély kutakon (7. ábra), aknákon vagy gödrökön keresztül történő utánpótlást rendszerint olyan területeken használják, ahol a felszíni beszivárogtató módszerek nem alkalmazhatók a felszín közelében található alacsony permeabilitású rétegek jelenléte miatt. Gyakran felhagyott kutakat vagy gödröket használnak, amelyek korábban szárazak voltak. A szerkezetbe táplált víz lassan utánpótolja a víztartó réteg vizét. Ez egy meglehetősen költséghatékony módszer, mert az utánpótlást csak a gravitáció szabályozza.

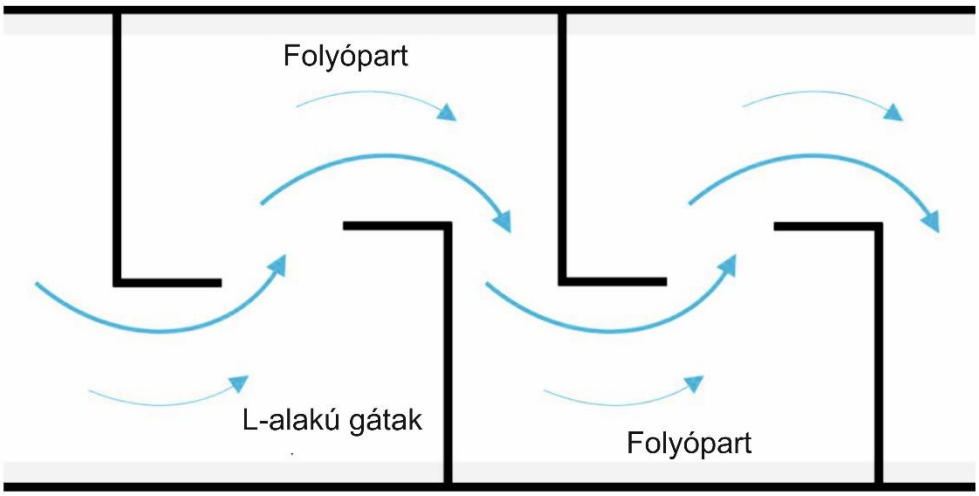


7. ábra: Sekély kúton keresztül történő injektálás (Shallow well injection) (4. alapján)

4. Medermorfológia-módosítás (In-Channel Modification)

4.1. Meder horizontális kiterjesztése (Channel Spreading)

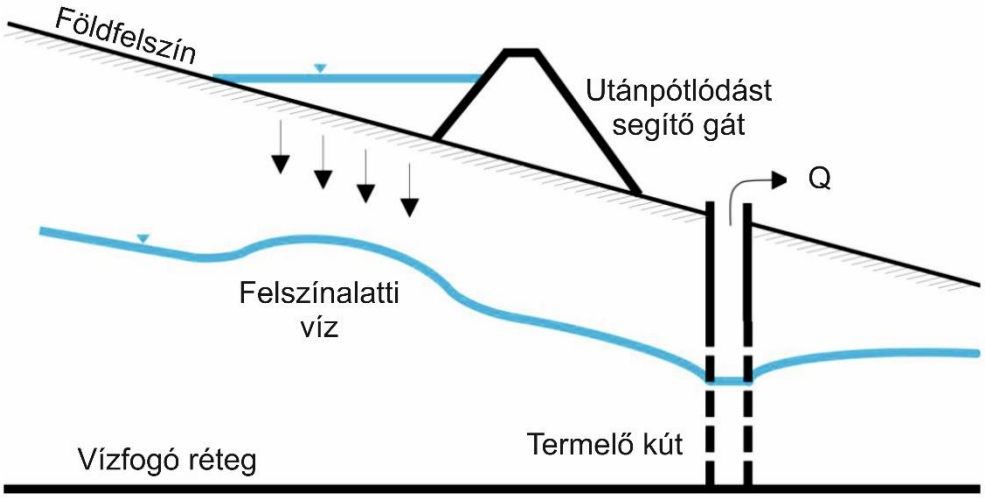
Rátápláló folyó medrének horizontális kiterjesztéséhez olyan módszerek tartoznak, amelyek segítségével a vízelvezető csatorna vagy folyó medrének nedvesített felülete mesterségesen megnövekszik, hogy fokozza a víztartóba történő beszivárgást. A csatorna kiszélesíthető, kiegyenlíthető, bordázható vagy kotorható. A vízáramlás iránya is módosítható L-alakú gátak segítségével (8. ábra). A beszivárgási terület növelésével és az áramlási sebesség csökkentésével az utánpótlódás mértéke növelhető.



8. ábra: Medermorfológia-módosítása L-alakú gátak segítségével (4. alapján)

4.2. Utánpótlódást segítő gát (Recharge Dam)

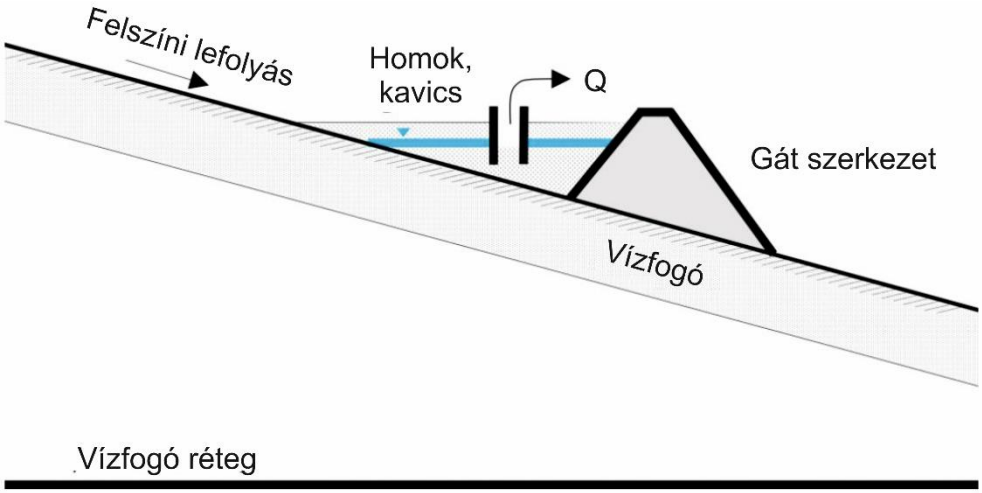
Az utánpótlódást segítő gátak impermeábilis szerkezetek, melyeket rátápláló folyók medrébe építenek, így felszíni rezervoárok létrehozásával a folyóvízi és felszíni lefolyás vize tárolható. A beszivárogtatás kétféleképpen történhet, vagy az elgátolással megnövelik az utánpótlódást segítő gát mögötti rezervoárból történő beszivárgás mértékét (9. ábra), vagy szabályozottan átengedik a vizet a gáton, így a víz az alvízi oldalon a folyómedren keresztül fog beszivárogni.



9. ábra: Utánpótlódást segítő gát (Recharge Dam) (4. alapján)

4.3. Homok kitöltésű tározó gát (Sand Storage Dam)

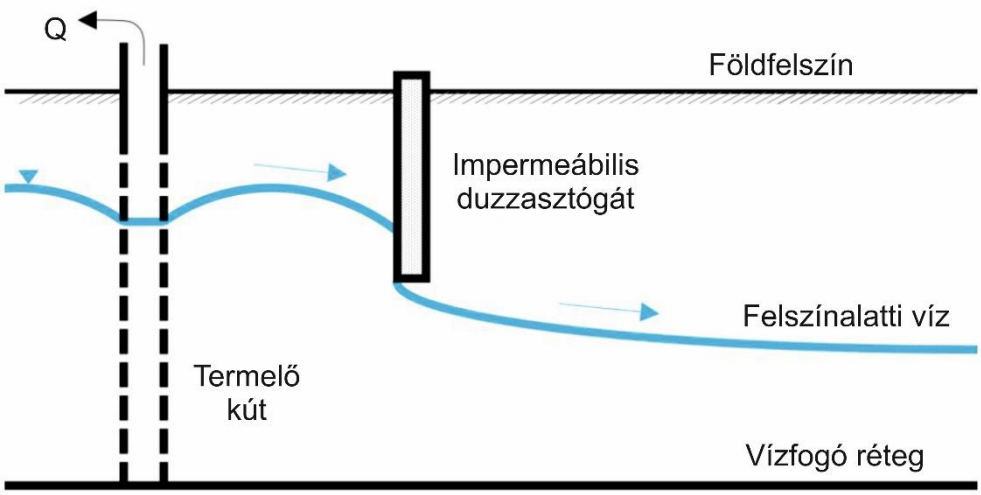
Ezek a gátak olyan felszínen kialakított szerkezetek, melyeket időszakos folyók medrébe építenek. Esőzések során a felszíni lefolyás homokot és kavicsot halmoz fel a gátszerkezet mögött, így létrehoz egy víztartót, ami képes tárolni a heves esőzések utáni felszíni lefolyás vizét (10. ábra). A víztartó akár mesterségesen is létrehozható. Az esőzések során a rezervoár megtelik vízzel, tárolja a vizet, ahelyett, hogy engedné tovább haladni a vízgyűjtő mélyebb részei felé. Ez a MAR módszer növelheti a víz elérhetőségét száraz évszakok alatt, megakadályozhatja a víz elpárolgását, és megvédheti a szennyeződésektől. Gyakran alkalmazzák Afrika Szaharától délre fekvő területein és a vidéki közösségek számára is életképes technológiát nyújthat, mivel a megépítéséhez szükséges anyagok akár helyben is megtalálhatók.



10. ábra: Homok kitöltésű tározó gát (Sand Storage Dam) (4. alapján)

4.4. Felszín alatti gát (Subsurface Dam)

A felszín alatti gátak olyan alacsony áteresztőképességű akadályok, amelyeket a felszín alá helyeznek el (11. ábra). Ezek a szerkezetek részlegesen gátolják a felszínalatti víz oldalirányú áramlását annak érdekében, hogy a víz szintjének megemelésével a felszínalatti vizet tárolják. A felszín alatti gátak megépítéséhez egy patakon vagy völgyön keresztül árkot mélyítenek, amíg el nem érik az alapkőzetet vagy egy agyagréteget. Az árokban egy impermeábilis vagy alacsony áteresztőképességű falat építenek, majd az árkot betemetik a kiásott anyaggal.

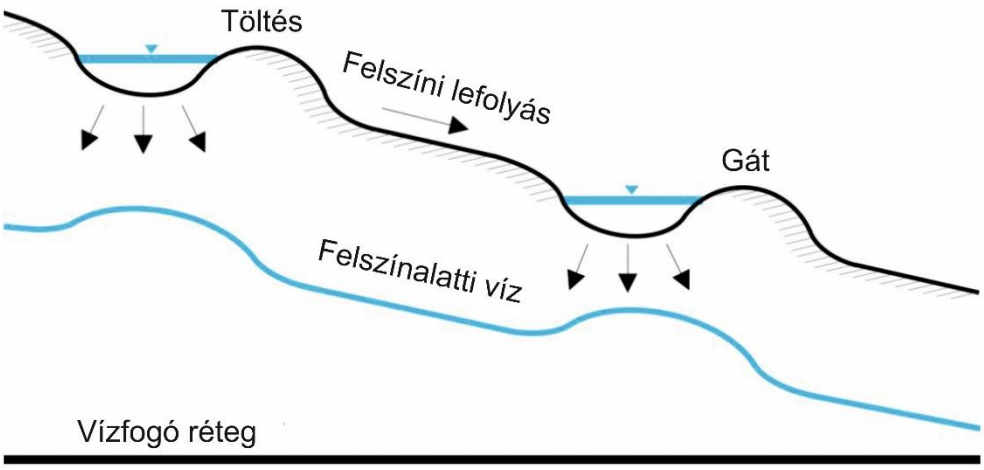


11. ábra: Felszín alatti gát (Subsurface Dam) (4. alapján)

5. Esővíz és felszíni lefolyás összegyűjtése és felhasználása (Rainwater and Run-off Harvesting)

5.1. Gátak és töltések (Barriers and Bunds)

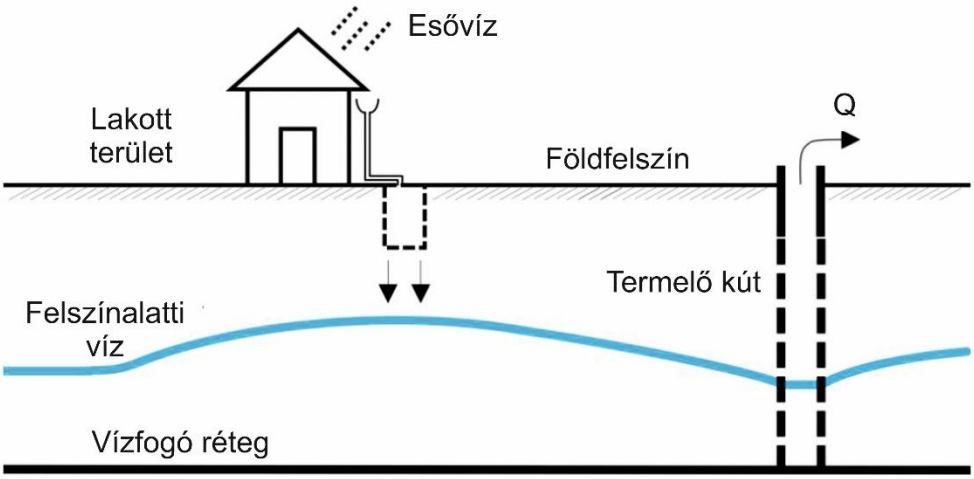
Az akadályok, gátak, töltések építésének célja, hogy akadályozzák a felszíni lefolyást a vízgyűjtőkről, összegyűjtsék a csapadékvizet elősegítve ezzel a nagyobb mértékű beszivárgást (12. ábra). Ezek a szerkezetek könnyen megépíthetők, karbantarthatók és alkalmazhatók, valamint akár az árkokkal (lásd 5.3.) együtt is használhatók.



12. ábra: Gátak és töltések (Barriers and Bunds) (4. alapján)

5.2. Esővíz összegyűjtése háztetőkről (Rooftop Rainwater Harvesting)

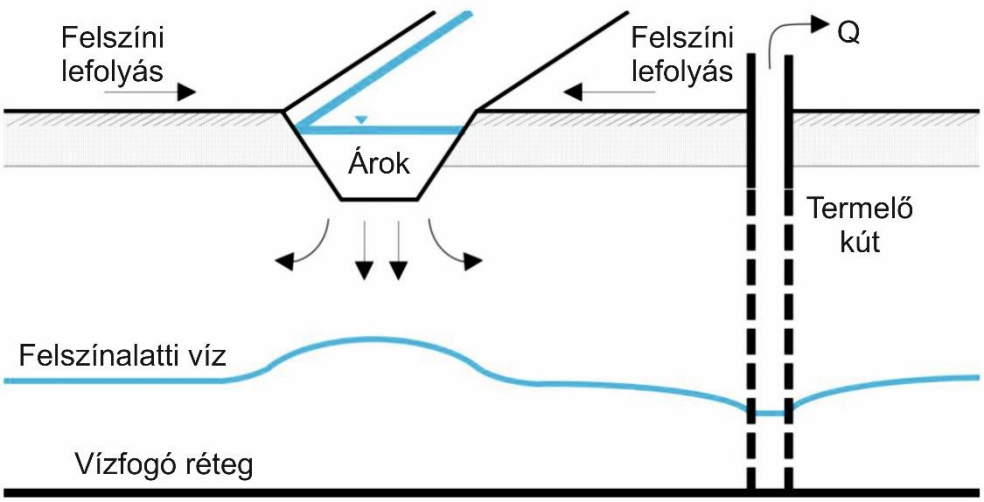
A városi területeken egyre gyakrabban alkalmazzák a háztetőkről történő esővíz-összegyűjtést (13. ábra). A felhasználások sokrétűek és magukba foglalják a víz felszíni tárolását tartályokban, valamint öntözésre és a felszínalatti víz utánpótlására való felhasználását. Az összegyűjtött esővíz utánpótoltatható árkok, fordított lecsapolás vagy bármely más, kis területigényű MAR módszer segítségével. Mivel a városi területeket zárt felületek jellemzik, a víz összegyűjtése és felszín alá juttatása segít a talajvízszint fenntartásában. Segítenek továbbá csökkenteni a heves esőzések során a felszíni lefolyást és az elszennyeződést.



13. ábra: Esővíz összegyűjtése háztetőről (Rooftop Rainwater Harvesting) (4. alapján)

5.3. Árkok (Trenches)

Az árkok létrehozásának célja, hogy akadályozzák a felszíni lefolyást a vízgyűjtőkről és koncentráltan szivárogtassák be a vizet. Az összegyűjtött esővíz beszivárogtatható árkokon (14. ábra), aknákon és gödrökön keresztül. Ezek a szerkezetek könnyen megépíthetők, karbantarthatók és alkalmazhatók.



14. ábra: Árok, mint MAR módszer (Trench) (4. alapján)

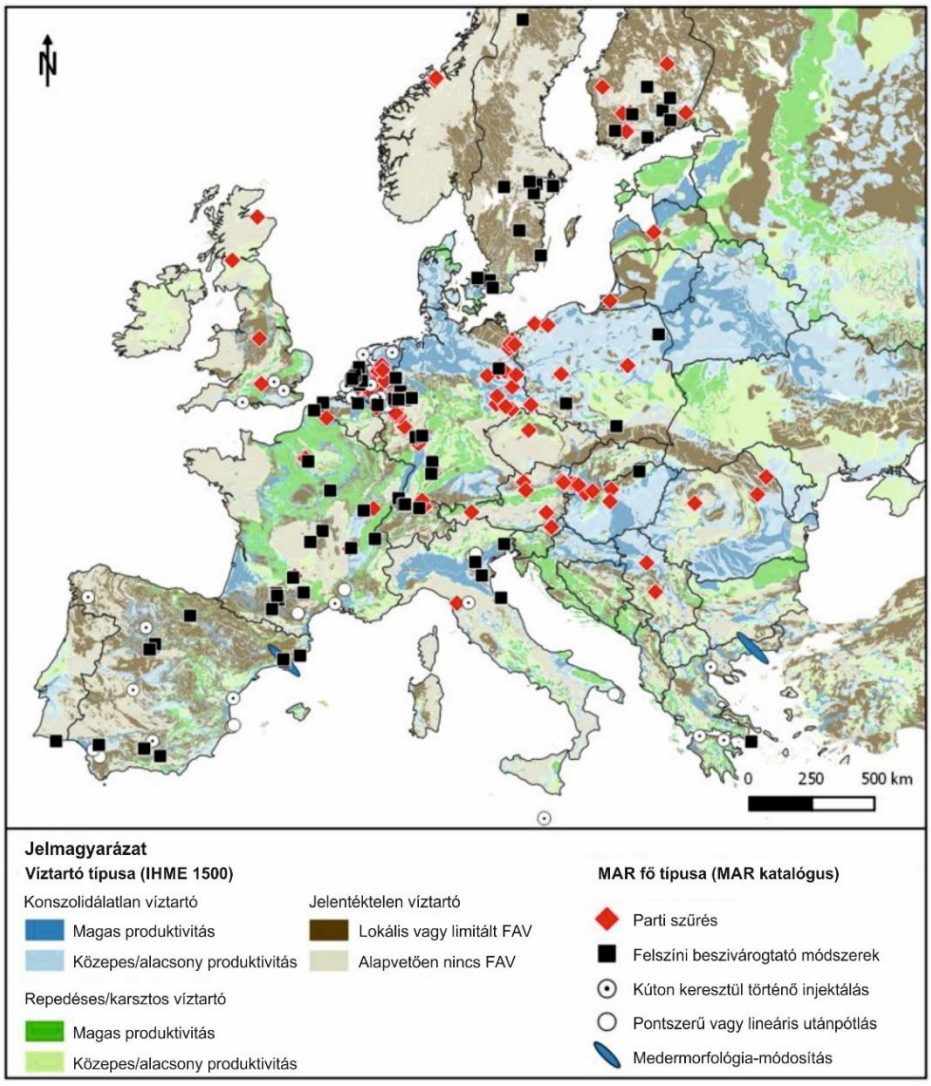
III. MAR helyszínek a Földön, Európában és Magyarországon

A már korábban említett globális MAR adatbázis (1.) több, mint 1200 MAR helyszínt tartalmaz és ez a szám egyre csak növekszik (Stefan és Ansems 2017). Az adatbázisban szerepelnek a helyszínek alapadatai, a működtetési paraméterek, a hidrogeológiai tulajdonságok, illetve egyes esetekben vízkémiai paraméterek is. Az adatbázis létrehozásának egyik fő célja volt, hogy a benne található MAR helyszínek ismerete alapján, azok előnyeiből és hátrányaiból tanulva, új MAR helyszínek létesülhessenek (Stefan és Ansems 2017). Mivel az egyes MAR módszerek alkalmazhatósága jelentősen függ többek között a topográfiától, az éghajlattól, a geológiától, valamint az épített környezettől, így az egyes MAR helyszínek is különböznek egymástól. Az éghajlat befolyásoló hatására jó példa, hogy míg Európában a MAR-ok alkalmazásának elsődleges célja a vízminőség javítása, addig Ausztráliában a környezeti hasznot, illetve a természetes tározás maximalizálását tartják elsődleges célnak. Ennek megfelelően Európában a legelterjedtebb módszer a parti szűrés, valamint a felszíni beszivárogtatás, Ausztráliában viszont gyakran alkalmaznak medermorfológia-módosítást vagy kúton át történő injektálást (6.)

Európában összesen 224 működő MAR helyszín van (15. ábra), a legtöbb Németországban, Hollandiában és Franciaországban (Sprenger et al. 2017). Itt szintén megfigyelhetők területi különbségek, elsősorban északról dél felé haladva. Észak-Európában az elsődleges cél, hogy felszíni beszivárogtató módszerekkel növeljék a

felszínalatti víz elérhetőséget, ezen túl néhány tóhoz kapcsolódó parti szűrésű rendszer is előfordul. Közép-Európában a Rajna, Elba és Duna mentén számos parti szűrésű rendszer található. Ezzel szemben Dél-Európában elsősorban felszíni beszivárogtató módszereket használnak és gyakori, hogy nem is termelik ki a vizet, az elsődleges cél a víztartók vizének utánpótlása (Sprenger et al. 2017).

Az adatbázis mindössze 6 magyarországi helyszínt tartalmaz, 5 parti szűrésű rendszer (Nagybajcs-Szőgye, Koppánymonostor, Esztergom, Szentendrei-sziget és Csepel-sziget), valamint egy beszivárogtató medencét (Borsodszirák), de sajnos több helyen a meglévő adatok is hibásak. Adatgyűjtő munkánk elsődleges célja a hazai MAR helyszínek teljes körű felmérése, hogy ezek tapasztalatainak beépítése a nemzetközi adatbázisba elősegítse a célzott felszínalatti vízutánpótló rendszerek szélesebb körű hazai megismerését és alkalmazását.



15. ábra: Európai MAR helyszínek a fő MAR típusok alapján, Európa Nemzetközi Hidrogeológiai Térképén – IHME1500 (Sprenger et al. 2017 alapján)

IV. Hivatkozások

Bouwer, H. (2002). Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering. *Hydrogeology Journal*, *10*(1), pp. 121-142.

Dillon, P. (2005). Future management of aquifer recharge. *Hydrogeology Journal*, *13*(1), pp. 313-316.

Dillon, P. J., Pavelic, P., Page, D., Beringen, H., & Ward, J. (2009). Managed aquifer recharge. *An introduction waterlines report series*, (13), 86 p.

Dillon, P., Stuyfzand, P., Grischek, T., Lluria, M., Pyne, R. D. G., Jain, R. C., Bear, J., Schwarz, J., Wang, W., Fernandez, E., Stefan, C., Pettenati, M., van der Gun, J., Sprenger, C., Massmann, G., Scanlon B. R., Xanke, J., Jokela, P., Zheng, Y., Rossetto, R., Shamrukh, M., Pavelic, P., Murray, E., Ross, A., Bonilla Valverde, J. P., Palma Nava, A., Ansems, N., Posavec, K., Ha, K., Martin, R., Sapiano, M. (2018). Sixty years of global progress in managed aquifer recharge. *Hydrogeology Journal*, pp. 1-30.

Gale, I., (2005). Strategies for managed aquifer recharge in semi-arid areas. *UNESCO-IHP Publications,* 30 p.

NRMMC, EPHC, NHMRC (2009). Australian Guidelines for water recycling, managing health and environmental risks, vol 2C: managed aquifer recharge. *Natural Resource Management Ministerial Council, Environment Protection and Heritage Council National Health and Medical Research Council*, 237 p.

Stefan, C., Ansems, N. (2017). Web-based global inventory of managed aquifer recharge applications. *Sustainable Water Resources Management*, *4*(2), pp. 153-162.

Sprenger, C., Hartog, N., Hernández, M., Vilanova, E., Grützmacher, G., Scheibler, F., Hannappel, S. (2017). Inventory of managed aquifer recharge sites in Europe: historical development, current situation and perspectives. *Hydrogeology Journal*, *25*(6), pp. 1909-1922.

Internetes hivatkozások:

1. https://apps.geodan.nl/igrac/ggis-viewer/viewer/globalmar/public/default
2. http://www.vizugy.hu/index.php?module=vizstrat&programelemid=149 (2018. 12. 13.)
3. http://enerag.elte.hu/
4. https://inowas.hydro.tu-dresden.de/managed-aquifer-recharge/ (2018. 12. 10.)
5. https://demeau-fp7.eu/toolbox/what-managed-aquifer-recharge (2018. 12. 10.)
6. https://recharge.iah.org/files/2016/08/Presntation-Global-Inventory-WG-Stefan-IAH-MAR-Plenary-Dubrovnik-25-Sept-2017.pdf (2018. 12.14.)