

Geohidrológia, mérések a hidrogeológiában

Oktatási segédanyag a Hidrogeológia c. Földtudomány BSc tantárgyhoz, Szegedi
Tudományegyetem

Simon Szilvia

A szöveghez kapcsolódó ábrák a kiadott ppt anyagban találhatóak.

A hidrológia tág értelmezésben a föld és a víz kapcsolatával foglalkozó tudomány, amely a víztömegek globális, szférákon belüli és azok közötti szállítódását elemzi. A hidrológia a vízkörforgalom folyamatainak és a szállítódó víztömegek mennyiségi és minőségi kérdéseinek megértésére törekszik a globálistól egészen a lokális léptékig. Szűk értelmezésben a felszíni vizekkel (tavak, folyók, mocsarak stb.) kapcsolatos jelenségekkel foglalkozó tudományterület. Ehhez képest a hidrogeológia vagy vízföldtan egyetlen szférára, a litoszférára összpontosít; úgy definiálhatjuk, mint a felszín alatt tárolt és mozgó víz tudományát. Fontos tudatosítani, hogy a felszín alatti vizek a Föld vízkészleteinek csak egy részét képezik, és a felszín alatti vízrendszert a környező hidrológiai rendszerek befolyásolják. A hidrogeológiai rendszerek tanulmányozása érdekében tehát ismernünk kell a hidrológiai rendszereket is és kapcsolatukat a hidrogeológiai rendszerekkel. A jelen anyag erre koncentrálna, ezen belül is kiemelten a felszín alatti vizek mennyiségtani kérdéseire, amivel a geohidrológia tárgya foglalkozik.

Egy felszín alatti víztest esetében a mennyiségi változásokat a már jól ismert vízmérleg egyenlet foglalja össze, mely a hidrológiai ciklus értékelésének kvantitatív jelentést biztosít a tömegmegmaradás elve alapján (adott térrészre, adott időtartamra):

$$\text{Hozzáfolyás} = \text{Elfolyás} \pm \Delta T \text{ározás.}$$

Ezen mennyiségi változások a felszín alatti víztestre vonatkozóan pedig lényegében a vízszintekben bekövetkező változások formájában jelentkeznek. Célunk tehát, hogy ismerkedjünk meg a vízmérleg egyenletben szereplő fő folyamatokkal/vízmennyiségekkel (csapadék, evapotranszpiráció, beszívargás, lefolyás) és azok meghatározási módjával, hiszen ezek a felszín alatti víztestek fő utánpótló és megcsapoló folyamatai. Ezen felül pedig vizsgáljuk meg a felszín alatti víztestek esetében bekövetkező vízszintváltozások jellegét és ezek mérési módszereit.

Csapadék

A felszín alatti vizek legfontosabb táplálója a csapadék. A csapadék képződése a harmatpont alatti hőmérsékleten történő kondenzáció. A csapadék különböző halmazállapotú lehet, szilárd és folyékony és vízgőz formátumú. A hidrogeológia szempontjából a lehulló csapadék mennyisége, illetve a csapadékösszeg a meghatározó. A csapadékösszeg a csapadékhullás ideje alatt, vagy egy adott időtartam alatt lehulló csapadékmennyiség (Stelczer, 2000). Látható tehát, hogy a pontos méréshez ismernünk kell a csapadékhullás időtartamát is.

A csapadék mérése többféle módon történhet. A legtöbb országban ez csapadékmérő állomásokon történik, mely állomások egy észlelőhálózatot alkotnak. A területi lefedettséget a geográfiai tényezők mellett a népsűrűség és gazdasági tényezők is befolyásolják. A csapadékmérő állomásokon különböző típusú csapadékmérő műszereket helyeznek el. Ennek legegyszerűbb változata az egyszerű csapadékmérő (ombrométer), mely két észlelés között lehullott csapadék mennyiségét méri. Ezen belül a Hellmann-féle csapadékmérő a legelterjedtebb. Ennél fejlettebb az ún csapadékíró (ombográf), melynek működése

tömegmérésen alapul. Képes a csapadékesemény hosszának, a lehullott csapadék mennyiségének folyamatos rögzítésére, azaz a csapadék időbeli változásának észlelésére.

Ennél még fejlettebb technika a radaros csapadékmérés, mely az előző módszerekkel szemben nagy területi lefedettséget biztosít. A mérés elve, hogy az időjárási radar másodpercenként néhány száz alkalommal néhány száz méter hosszú keskeny kb. 1 fokos nyílás szélességű nagyfrekvenciás több GHz-es impulzusokat bocsát ki fénysebességgel a térbe, folyamatosan mozgó antennájával. A nyaláb útjába kerülő csapadékelemek és tárgyak egyrészt elnyelik, másrészt minden irányba, de nem egyenletes eloszlással szétszórják a sugárzást. A radarantenna irányába szórt (visszavert) sugárzást pedig a radar képes detektálni. Magyarországon az OMSZ is rendelkezik időjárási radarhálózattal, mely az ország területére teljes lefedettséget biztosít.

A lehulló csapadék a téli időszakban hó formájában érkezik. Ennek mérésére a fejlettebb csapadékmérők egyaránt alkalmasak, mivel fűtőszállal rendelkeznek. Emellett azonban vannak szabvány hőmérési eljárások is: a meteorológiai gyakorlatban a hóvastagságot és a hósűrűséget mérik az észlelővel ellátott szinoptikus állomásokon. Csak abban az esetben mérik ezeket a paramétereket, ha a talajt legalább összefüggő hólepel (0,1-0,5 cm vastag hóréteg) borítja. A hóvastagság mérése cm-es beosztású mérőhengerrel történik egész cm-es pontossággal. Lehetőleg sík, egyenletes talajon végzik a mérést az állomás területén vagy annak közelében. Mindig a talajfelszíntől mérik a hóvastagságot, legyen az régi és friss hó egymásra rétegződve vagy csak régi vagy csak friss hó. Legalább 3 helyen mérik a hóvastagságot és a mérések átlagát jegyzik fel az észlelési jegyzőkönyvbe. Hófűvás esetén két adattal jellemzik a hó vastagságát: 1., az észlelőhely vidékének legjobban megfelelő átlagos hómagassági adattal (3 mérés és átlagolás módszere), 2., az egyes hóbuckák magasságával. A hóvastagságot minden reggel 06 UTC-kor határozzák meg, függetlenül attól, hogy volt-e csapadékhullás vagy sem, mindaddig, amíg a hó(lepel) el nem tűnik. Fontos tudni, hogy a lehullott hó, mint csapadék mérése a hóhulláskor történik, azonban ez majd csak hóolvadáskor lesz „hatékony” csapadék, azaz akkor szivárog be, és jelent utánpótlást felszín alatti víztetek felé.

Magyarországon a lehulló csapadék mennyisége megközelítőleg 500-800 mm, ennek nagy rész eső formájában jelentkezik. Területi eloszlás alapján a nyugati területek a legcsapadékosabbak (éves viszonylatban 800 mm), míg az Alföld területére esik a legkevesebb csapadék (~500 mm). A csapadék éves eloszlása azt mutatja, hogy a téli, tavaszi és nyári eleji időszak a legcsapadékosabb, a nyári vége és az őszi csapadékhányos. A folyamatosan zajló klímaváltozás arra mutat, hogy a rövidebb, de intenzívebb csapadékeseményekre számíthatunk, azaz a lehulló csapadék mennyisége egyelőre nem feltétlen változik jelentős mértékben, de eloszlása igen. A hirtelen csapadékesemények azonban nem kedveznek a beszivárgásnak. Márpedig a hidrogeológia szempontjából a beszivárgó csapadék mennyisége a meghatározó, ami halmazállapot, ezáltal hőmérséklet függvénye is. Így pl a téli csapadék azonnal nincs hatással a felszín alatti vizekre, csak a tavasz közeledtével, hóolvadáskor. Ilyenkor azonban az elolvadó hőtömeg hirtelen megemeli a talajvízszinteket, ami belvízképződéshez vezethet.

Párolgás

A felszín alatti vizek fő megcsapoló folyamata a párolgás. A párolgás egyrészt a fizikai párolgásból azaz evaporációból, valamint a növényzet által történő párologtatásból, transpirációból tevődik össze. A fizikai párolgás (evaporáció) történhet nyílt víztükrőről; vagy szárazföldről: földfelszínről vagy felszín alatti vízből. A párolgás vizsgálatoknál fontos meghatározni, hogy egy terület esetében beszélhetünk aktuális és potenciális evapotranspirációról. Az aktuális az adott talajnedvesség viszonyok mellett történő az adott klímán történő valós párolgás, míg a potenciális a talajnedvesség korlátozása nélkül adott klímán előforduló maximális párolgás.

A párolgásra számos tényező hat. Elsősorban meghatározóak a kőzet- és talajvízjellemzők, azaz a kőzet nedvességtartalma, minősége, hőmérséklete. Mindemellett fontos a talajvíztükrő mélysége is. Befolyásolóak a meteorológiai tényezők: a csapadék mennyisége, a levegő nedvességtartalma és

hőmérséklete, a széljárás. Emellett a növényzet szerepe sem elhanyagolható, hiszen egyrészt akadályozza a földfelszín párolgását, másrészt pedig párologtató hatása is van.

A párolgás a vízmérleg legnehezebben meghatározható komponense. Mérése történhet közvetlenül vagy közvetetten. Közvetlen mérés különböző mérőedényekkel, vagy liziméterekkel történik. Közvetett módon a légkörfizikai paraméterek mérésével (meteorológiai paraméterek: hőmérséklet, nedvességtartalom, széljárás, csapadékmennyisége és időtartama) a víz-hő- és energiaháztartási összefüggésekből meghatározott egyenletekkel számolhatjuk.

A közvetlen mérések során alkalmazott mérőedények lényegében szabad víztükör párolgásának mérésére alkalmasak, azaz a potenciális evaporáció meghatározására. Ezekből az aktuális párolgás meghatározása korrekciós tényezők alkalmazásával lehetséges. A mérőedények közül a leggyakrabban használtak a különböző szabvány kádak, melyek elhelyezése meteorológiai állomásokon történik. A leggyakrabban használt kád típus az A típusú kád, hazánkban is ezeket alkalmazzák. Hazánkban, a mérsékelt övi éghajlaton a kádészleléseket április 1- október 31 között végezzük, mert feltételezzük, hogy télen a párolgás mennyisége elhanyagolható. A talajfelszín, illetve felszín alatti víztükör párolgásának meghatározására ennél pontosabb értéket adnak a liziméterek, melyek a földbe süllyesztett mérési eszközök, tereptárgyak. Ezáltal magában a talajban történik a mérés, és nem csak a párolgás, de a szivárgás mérése is lehetővé válik. Ráadásul ha növényeket ültetünk a liziméter felszínére, a transpiráció is mérhető. Ezeket a műszereket a párolgás mérésén túl leginkább beszivárgás meghatározására használják.

Hazánkban az átlagos potenciális párolgás 700 mm körüli, azaz lényegében meghaladja a csapadék mennyiségét. Az aktuális párolgás azonban 550 mm körül alakul országos átlagban. A párolgási értékeket kádmérésekkel határozzák meg, emellett azonban liziméteres mérőállomások is működnek az ország számos területén.

Lefolyás

A harmadik fontos tárgyalandó elem a felszíni lefolyás. A lefolyás mindig a domborzat által meghatározott lefutású. A felszíni lefolyás három fő komponensből tevődik össze: szárazföldi, köztes- és folyóvízi lefolyás. A szárazföldi lefolyás a felszínen, míg a köztes lefolyás a telítetlen zónában zajló lefolyás, melyek lényegében a felszínre hulló csapadék azon részei, melyek nem jutnak le a talajvíztükör szintjéig, azaz nem nyújtanak közvetlenül utánpótlódást a felszín alatti víz számára. Szárazföldi lefolyás elsősorban akkor valósul meg, ha a talaj teljesen telített, vagy a kőzetminőség nem engedi a beszivárgás megvalósulását. A szárazföldi és a köztes lefolyás legtöbbször a folyóvizekben csapolódik meg, a folyóvízi lefolyás részévé válik. A folyóvízi lefolyás a folyókban vagy patakokban zajló felszíni vízfolyás. A teljes folyóvízi lefolyás négy alapvető komponensből tevődik össze: csapadék, felszíni lefolyás, köztes lefolyás, folyóvízi alaphozam (felszín alatti vízutánpótlódás). Amennyiben nincs csapadék, csak a felszín alatti víz táplálja a folyót (humid klímán), ezt nevezzük folyóvízi alaphozamnak. Ennek meghatározása fontos információ a hosszú távú vízszintek előrejelzése céljából. Egy vízgyűjtő területre vonatkozóan folyó vízhozamgörbéjének felbontása segítségével a folyóvízi alaphozam mennyisége meghatározható.

A folyóvizek esetében elsődleges a folyó vagy patak vízállásának és vízhozamának meghatározása. A vízállás ismerete főleg a vízgazdálkodással foglalkozó szakembereknek fontos a vízhozam előre jelzés tekintetében: elsősorban az áradások előrejelzése miatt. Emellett a hajózási szakemberek számára is ezek nélkülözhetetlen információk. A folyó vagy a patak vízhozama az a víztérfogat, amely egységnyi idő alatt átáramlik a meder adott szelvényen, az áramlási keresztmetszet és a vízáramlás sebességének a szorzata. A vízhozam – egészen kis vízfolyásoktól eltekintve – közvetlenül nem mérhető. A legtöbb vízhozam-meghatározás közvetett úton, a vízsebesség és a vízzel borított (nedvesített) áramlási keresztmetszeten, továbbiakban keresztmetszeten területének mérésén alapul. Mindezekhez szükséges a vízállás meghatározása is. Folyóvizek esetében a vízmélységet mindig egy viszonyító síkhoz képest mérik, ezért helyesebben mondva “vízszint-magasságot”, vízállást mérnek. Ha a vízállást az idő függvényében

ábrázoljuk, akkor azt vízállás görbének, vízhozam hidrogáfnak nevezzük. A vízállást a legegyszerűbben egy beosztásokkal ellátott vízszintmérő oszloppal/bottal mérhetjük meg, amelyet leggyakrabban a folyókba állítanak be. Pontosabb módja a vízállás mérésnek, amikor a vízszintet folyamatosan rögzít egy műszer, és a hidrogáfot automatikusan állítja elő. A viszonyító sík gyakran nem a meder szintjében található. A vízmérce „0” pontját a meghatározásakor eddig mért legkisebb vízálláshoz határozzák meg, és ehhez viszonyítva centiméterben adják meg. A „0” pont meghatározása után a folyómeder jelentősen átalakulhat, például meder mélyülés, aminek következménye, hogy a korábban meghatározott „0” pont alatt is lehetnek vízállások. Lehetőség lenne az „0” pont újbóli megállapítása, aminek hatására az adott felszíni víz korábbi adatsorát át kellene számolni, ami idő és költségigényes eljárás. A vízmércék „0” pontját a Tiszán 1842. évi, a Dunán 1834. évi, a Rábán 1875. évi kisvízszint magasságához adták meg. A módosítások elkerülésnek érdekében vezették be a „0” pont alatti vízállásoknál a negatív előjelet. Az adott vízmérce „0” pontját a tengerszint feletti magasság értékével is rögzítik. A Dunán, Budapesten a Vigadó térnél elhelyezett vízmérce „0” pontja 94,98 mBf, vagyis a Balti-tenger (kronstadti) közepes vízszintjéhez viszonyított tengerszint feletti magasság. A Tisza szolnoki vízmércéjének magasságértéke 78,78 mBf. A Balatonnál, Siófokon elhelyezett vízmércéjének „0” pontja 103,41 mBf-en, a Velencei-tó agárdi vízmércéjének „0” pontja 102,62 mBf-en van. A vízjárásához tartozik még a mederkitöltési tényező nevű adat. A vízmércén mért legnagyobb vízállás mederkitöltési tényezője 100%. A legkisebb mért vízszinthez tartozik a 0%.

A vízhozam meghatározásához tehát a vízállás és a vízsebesség ismerete szükséges. A vízsebesség mérésére számos módszert, eljárást dolgoztak ki. A legismertebb ezek közül az úszókkal történő mérés, a forgóműves sebességmérők alkalmazása, mesterséges jelzőanyagok használatán alapuló mérés, ultrahangos vízsebességmérés stb. A Magyarországon érvényes szabvány (MI-10-231-4:1986) a forgóműves vízsebességmérés mint a legáltalánosabban használt eljárás mellett a jelzőanyag mérést ismeri el. Fontos figyelembe venni, hogy a vízfolyások keresztmetszvényében a vízsebességek értékei térben és időben változnak. Ezért a vízhozam lehetőség szerinti legpontosabb meghatározása érdekében a keresztmetszvény minél több pontjában szükséges a vízsebességet meghatározni, az ebből számított részhozamok összegzése adja a keresztmetszvény teljes vízhozamát. A gyakorlati kivitelezés érdekében a vízfolyás keresztmetszvényét megfelelő sűrűségű mérési függélyre osztjuk. A mérési függélyek távolsága a víztükör szélességének növekedésével nő (2 m-es szélességnél 5 cm, 500 m-es szélesség felett 10 m). E függélyek menti sebességmérések alkalmasak a függély-középsébség meghatározására, mert a függély-középsébség elég hosszú idő alatt állandó marad. A függélyek által lehatárolt szelvények és a függély-középsébségekből számított szelvény-középsébségek felhasználásával számítható ki. Az eredmények sokkal jobban felhasználhatók, ha az idő függvényében vizsgáljuk a hozam változását. Ezt a görbét nevezik vízhozam görbének, vízhozam hidrogáfnak.

A másik módszer mérőszilipek vagy mérőműtárgyak alkalmazása. Ezek kialakítása abból fakadt, hogy a vízállást sokkal egyszerűbben meg lehet mérni, mint a vízáramlás sebességét. Ezért a hidrológusok -- a vízhozam minél egyszerűbb meghatározása érdekében -- az egyes vízhozam-mérőállomásokon megpróbálnak összefüggést előállítani közvetlenül a vízállás és a vízhozam között. Ezt az összefüggést felhasználva csak a vízállás mérésével a vízhozam értéket megkapjuk. Ezt szabvány alakú műtárgyak beépítésével, azaz bukók alkalmazásával lehet megvalósítani, melyek esetében a vízállás és vízhozam közti kapcsolat jól ismert. A bukók esetében a különböző alak különböző vízhozamú patakok-folyók mérésére alkalmas.

Beszivárgás

A felszínre érkező csapadék, illetve a felszíni lefolyás a beszivárgás útján válik a felszín alatti vízrendszer részévé. Lényegében a beszivárgás a felszín alatti víz utánpótlását szolgáló csapadékmennyiség. A beszivárgási kapacitás pedig a nedvességnek az a maximális összege, amelyet adott állapotban a kőzet el tud nyelni a lehulló csapadékból (sebesség, fajlagos hozam dimenzió). A beszivárgási kapacitás időben változik, folyamatos utánpótlódás esetén hirtelen jelentős beszivárgás után felvesz egy konstans értéket.

A beszivárgás mennyisége számos paraméter függvénye: a kőzet kezdeti nedvességtartalma, éghajlat, közetfizikai tulajdonságok (tömörítettség), lejtés (ennek szerepe azonban meglepően kicsi). A beszivárgás szoros kapcsolatba áll a csapadék intenzitásával is. Azonos csapadékmennyiség esetén az eső nagyobb intenzitású kevesebbet nyújt a felszín alatti vizeknek, mint a kis intenzitású!

A beszivárgás folyamat más és más a különböző vízadók esetén. Karsztos kőzetekben a pontszűrű és diffúz beszivárgás egyaránt jellemző. Kiemelendő az epikarszt szerepe: jelentős vezetőképesség, nagy tározóképesség. Porózus közegben a beszivárgás diffúz, míg hasadékos rendszerben ismét a repedéshálózat adja a porozitás fő részét, koncentrált és diffúz beszivárgás egyaránt jellemző.

Talajvíztükör és annak időbeli változása

A fent tárgyalt paraméterek mennyiségi változása a felszín alatti víztestek vízszintváltozásaiban jelentkezik. A felszín alatti víztestek legfelső potenciálfelülete a talajvíztükör. A hidrológiai ciklus elemei ennek helyzetét és időbeli változását elsődlegesen befolyásolják. Vízsztintváltozások jellege lehet ciklikus, vagy szabálytalan. A talajvízszint változása különböző ciklicitást mutat. Beszélhetünk napi ciklicitásról, melynek oka a párolgás, hőmérséklet napszakos változása, a légnyomásváltozás és az árapály hatás. Évszakos ciklicitás mutatkozik a csapadék, hőmérséklet, párolgás évszakos változásának megfelelően, a hófelhalmozódás/olvadás, illetve a talajfagy következtében. Ennél nagyobb léptékű, éves vagy többéves ciklusokat okoznak a klíma nagyobb léptékű változásai: száraz/esős évek, évtizedek. A szabálytalan változások véletlen események (földrengés), vagy emberi beavatkozás következményei lehetnek.

A talajvíztükör változását vízszintészlelések, vízszintméréssel segítségével követhetjük nyomon. Elkülönítünk automata vagy kézi vízszintregisztrálást. Magyarországon létezik kiépített talajvízmegfigyelő hálózat, karsztvízszint megfigyelő hálózat, és rétegvíz megfigyelő hálózat. Ezek adatai hozzáférhetőek a vízügyi szervezetknél.

A vízszintek térbeli és időbeli változásának szemléltetésére többféle módszer ismert: vízszint/potenciometrius kontúrtérképek különféle időpontokra, valamint kútidősorok/hidrográfok: megfigyelő kutakban rögzítik a vízszint adatsort. Fontos megemlíteni, hogy a talajvíztükör ingadozása a nagyléptékű áramlási rendszerek ki-és beáramlási területein más-más módon zajlik, a kiáramlási területeken a felszín alatti víz alátámasztó hatása miatt.

Irodalomjegyzék

Mádlné Dr Szőnyi Judit: Bevezetés a hidrogeológiába diasorok ELTE

Stelczer Károly (2000): A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai. ELTE Eötvös Kiadó

Juhász József (2002): Hidrogeológia. Akadémiai Kiadó

Price M (1995) Introducing groundwater. Taylor and Francis.

Fetter CW (2001) Applied hydrogeology . Prentice-Hall, New Jersey.

Simon Szilvia Magyary Zoltán posztdoktori ösztöndíjas kutatásának előzetes eredményei.

A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001, Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt (A2-MZPD-13-0282) az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.