

## **Csapadékintenzitás-mérő és vízszintregisztráló műszerek tesztelése egy hegyvidéki kísérleti vízgyűjtőn (Radnai-havasok)**

*Galgóczy Zsolt*

*ELTE Természetföldrajzi Tanszék, 1117 Budapest Pázmány Péter sétány 1/c.,  
zsolt.galgoczy@gmail.com*

### **1. Bevezetés**

A vízgyűjtő területek csapadék-lefolyás összefüggéseinek feltárása és értelmezése a hidrológia egyik alapfeladata. A lefolyási viszonyok jellemzéséhez feltétlenül ismerni kell a csapadék tér- és időbeli eloszlását, a vízgyűjtő természetföldrajzi adottságait és hatásait, amelyek eredőjeként megy végbe a lefolyás folyamata.

A vízgyűjtők hidrológiai tulajdonságainak komplex tanulmányozására a múlt század második felében világszerte kísérleti és tájjellemző területeket jelöltek ki ill. létesítettek abból a célból, hogy a feltárt összefüggéseket a hidrológiai analógia és egyéb eljárások (regionális általánosításon alapuló módszerek, kereszt- és autoregresszív adatelőállítási modellek, statisztikai eljárások, stb.) felhasználásával kevésbé ismert, adathiányos területekre is alkalmazni lehessen (Domokos, 1979; Domokos és Kovács, 1983; Dub, 1965; Hewlett, et al. 1969; Leopold, 1973; Liebscher, 1973; Reinhart, 1958; Toebe és Ouryvaev, 1970; Tsukamoto, 1975; VITUKI, 1975; 1978).

Az összefüggések feltárásához és az eljárások kidolgozásához tehát mintaterületekre és mérési eredményekre (elsősorban csapadék- és vízhozam-idősorokra) van szükség. A kísérleti és tájjellemző vízgyűjtők üzemeltetése Magyarországon az 1980-as évek végén – részben anyagi okok miatt – megszűnt, de a határainkon túl (Egyesült Államok, Új-Zéland, Svájc, Japán, Szlovákia, Románia stb.) a mai napig értékes adatokat szolgáltatnak a műszaki hidrológia számára (Mendez, et al. 2003; Miklánék, et al. 2003; Parajka, 2001; Stone, et al. 2008; etc.).

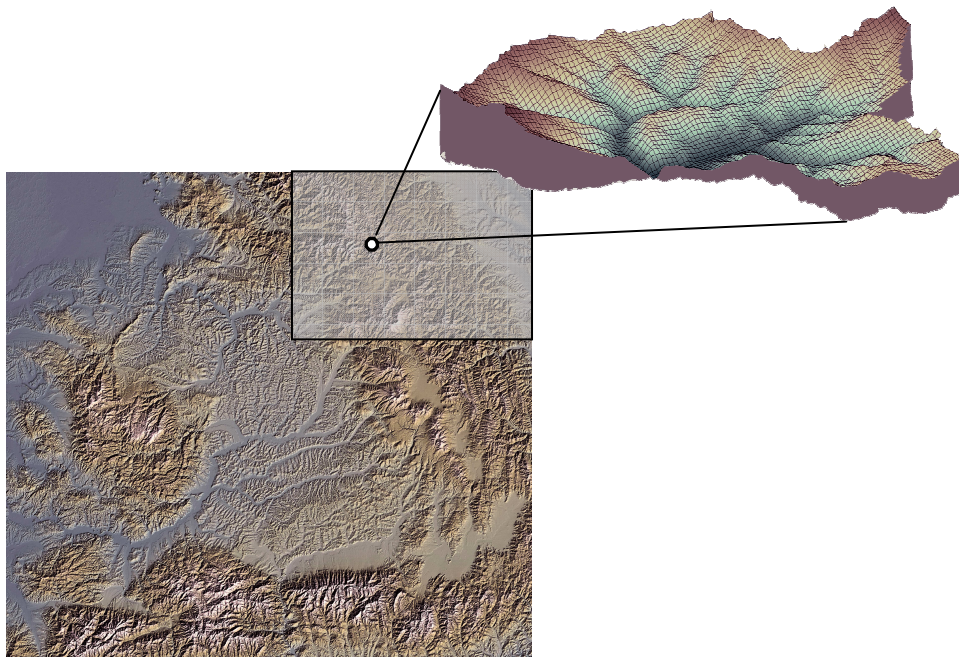
A hegyvidéki kísérleti vízgyűjtőkön végzett kutatások fontosságát jelzi, hogy folyóink vízjárását döntő mértékben az országhatáron kívüli hegységi területek adottságai és hidrometeorológiai folyamatai határozzák meg. Árvíz-hidrológiai szempontból különösen fontos a Kárpátok magasabb régióinak tanulmányozása, mert a Tisza és mellékfolyóinak árvizei a forrásvidékek csapadéokban gazdag, gyors lefolyású területein alakulnak ki. Vizsgálataimhoz ezért a felső-tiszai mellékfolyók gyökérterületeit megfelelően jellemző, reprezentatív vízgyűjtőt választottam ki, ahol a csapadék és a vízhozam időbeli változásának követésével lehetőség nyílik e területek behatóbb tanulmányozására.

Már a kutatómunka kezdeti időszakában nyilvánvalóvá vált, hogy a csapadék és a lefolyás összefüggéseinek vizsgálatához műszeres mérésekre lesz szükség. Az adatsorok előállítása érdekében saját fejlesztésű csapadékintenzitás-mérő és vízszintregisztráló műszerek gyártásába kezdtem, az első használható széria tesztelésére 2008. nyarán került sor. Az észlelési adatok kiértékelése során olyan eredmények születtek, amelyek igazolták a műszerek helyes működését és használhatóságát. A kifejlesztett mérőeszközök a későbbiekben tetszőleges (hó- és fagymentes) időszak csapadékeseményeinek regisztrálására és vízjárási folyamatainak nyomon követésére alkalmasak.

## 2. A vizsgált terület

A műszerek tesztelésére kiválasztott 99,2 km<sup>2</sup>-es mintaterület a Nagy-Szamos forrásvidéke, a Radnai-havasok keleti részén 687-2222 m közötti magasságtartományban fekszik. A vízgyűjtő határa hosszú szakaszon egybeesik a Kárpátok fő vízválasztójával. A Radnai-hágótól (1275 m) nyugatra és keletre elterülő mintegy 1500-1800 m átlagmagasságú gerincszakaszok amfiteátrum-szerűen ölelik körül a területet, meghatározva a részvízgyűjtők lejtésviszonyait és égtáj szerinti kitettségét. A domborzatot erős horizontális és vertikális tagoltság jellemzi, több helyen 4 km/km<sup>2</sup> feletti völgsűrűség- és 550 m/km<sup>2</sup>-t meghaladó relatívrelief-értékekkel. A vízgyűjtő alapköze túlnyomó részben vízzáró csillámpala, kvarcit, gránit és gneisz, ami kedvez a gyors lefolyásnak (Morariu, et al. 1972; Kräutner, 1938; Sîrcu, 1978).

A vizsgált terület vízrendszerét mintegy 600 kisebb-nagyobb, a peremterület felől legyezőszerűen összefutó vízfolyás alkotja. A vízhálózat rajzolata a Verstaappen-féle besorolás (1964) szerint jellemzően szabadon fejlődő ágas, részben szerkezetileg befolyásolt. A bifurkációs együttható átlagos értékei 1: 25 000-es térképről a Strahler-féle kategorizálás (1957) alapján:  $Rb_{1-2} = 4,1$ ,  $Rb_{2-3} = 4,6$ ,  $Rb_{3-4} = 3,7$  (Galgóczy, 2004). A vízgyűjtő alakja és az említett vízhálózati tulajdonságok a heves árhullámok kialakulásának kedveznek (1. ábra).



1. ábra. A kísérleti vízgyűjtő földrajzi helyzete és digitális domborzatmodellje

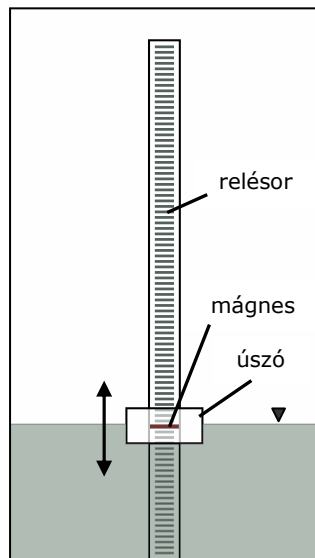
A Nagy-Szamos forrásvidékét hűvös, csapadékos hegyvidéki éghajlat jellemzi. A csapadékot szállító légáramlat és az ütköző felület térbeli viszonyától, valamint a tengerszint feletti magasságtól függően a sokévi átlagos csapadékmennyiség 900-1300 mm között alakul, egyes helyeken az 1400 mm-t is meghaladhatja. A mintaterület és környéke tehát a Kárpát-medence legcsapadékosabb régiói közé tartozik (Coldea, 1990; Mureșianu, 1997). A sajátos domborzati és hidrometeorológiai adottságoknak köszönhetően a körzetben esetenként extrém árvizeket kialakító csapadéggócok is létrejöhetnek, jellemző példa erre az 1970-es Tiszavölgyi árvíz (Andó és Vágás, 1972; Boga, 1973; Illés és Konecsny, 2001; Topor, 1970).

A javarészt tűlevelűekből álló természetes növénytakaró (lucfenyő 63 %, jegenyefenyő 14 %, bükk 16 %) 75 %-ban borítja a felszínt; a lefolyás szempontjából kritikus, erdőhatár feletti meredek lejtők aránya 25 %.

### 3. Módszerek

A kísérleti vízgyűjtő lefolyási folyamatainak vizsgálatára 12 db vízszintregisztráló és 8 db csapadékintenzitás-mérő műszer készült. A műszerek a vízállás időbeli változásának nyomon követésére alkalmasak, így a megfelelő helyszínre telepítve őket, a csapadékesemények és a belőlük kialakuló árhullámok összefüggéseinek egzakt, mennyiségi vizsgálatát teszik lehetővé.

Mindkét műsértípus mérési elve azonos: a függőlegesen vízbe helyezett műszertokban sűrűn egymás alatt mágneses (reed-) relék vannak elhelyezve. A vízszint változásának megfelelően egy mágnessel ellátott úszó mozog gyűrűként fel-le a műszertok körül, amely az aktuális vízszintnek megfelelő pozícióban lévő relét hozza működésbe (zárja a két elektródát). A zárt állapotú relé sorszámát – az elérni kívánt mérési gyakoriságnak megfelelő időközönként – egy adatgyűjtő elektronika rögzíti és tárolja el a memóriában (2. ábra). A mágneses relék egymástól való távolságának (3,3 mm) ismeretében a vízszintváltozás számítható. Tekintettel arra, hogy az úszóba beépített mágnes egyszerre két relét is képes zárt állapotba hozni, a mérési pontosság megduplázódik (1,5 mm).



2. ábra: A saját tervezésű és gyártású reed-relés vízszintérzékelő műszer mérési elve (a zárt állapotú relé helyzetét rögzíti az adatgyűjtő)

A csapadék-regisztráló műszereknél a csapadékot – a Hellmann-típusú csapadékírók mintájára – egy 200 cm<sup>2</sup> szabványos felfogó felületű tölcser vezet a gyűjtőhengerbe, ahol az érzékelő van elhelyezve. A felfogó felület és a gyűjtőhenger hasznos felületének aránya 3:1, ami további háromszorosra (0,5 mm) növeli a csapadékmérés pontosságát. A műszer mérési tartománya 50 cm. A folyamatos mérés biztosítása érdekében a csapadék-regisztrálók szivornyás automata ürítő berendezéssel vannak ellátva (3/a ábra).

A vízszint-regisztráló műszerek a vízfolyás mellett a partoldalba épített csillapító aknában vannak elhelyezve. A patak vizét szűrőbetéttel és hordalék-ülepítő tartállyal ellátott összekötő csövek vezet az aknába, ahol a vízszint a közlekedőedény elvén, egyidejűleg és

azonos amplitúdóval, hullámzásmentesen változik. A műszer mérési tartománya – a területen várható maximális vízszintváltozások becslése alapján – 580 mm. Az illetéktelen hozzáférés megelőzésére a berendezés a föld alatt van elhelyezve (3/b ábra).



3. ábra. Csapadékinzintázás-mérő (bal oldali kép - 3/a) és vízszintregisztráló (jobb oldali kép - 3/b) műszerek, üzembe helyezés előtt.

A területen lévő vízfolyások dinamikus vízjárása miatt a mintavételi időközt 5 percre állítottam be. Az áramkörbe épített időzítő elektronika lehetővé teszi, hogy valamennyi műszer azonos időpontokban vegye az adatokat, tehát a műszerek egymással szinkronban működjenek. A műszerek hőmérsékletadatokat is tárolnak, elsősorban a fagymentes időszak elkülönítése céljából. Az energiaellátását műszerenként 2 db, szélsőséges hőmérsékleti körülmények (-40–+60 °C) között is hónapokig működőképes lítium-elem biztosítja. Az elektronika két mintavétel között alvó üzemmódban van.

A reed-relés vízszint-érzékelés előnyei a fizikai mennyiségek (pl. nyomás, kapacitás stb.) változásán alapuló módszerekkel szemben az alábbiak:

- garantált linearitás
- időbeli stabilitás (nincs szükség kalibrálásra)
- magas zavartűrés (független a környezeti hatásoktól)
- nagy felbontás.

A műszerek tesztelésére 2008. augusztus 26–október 10. között került sor. A csapadékinzintázás-mérők közül 4 db-ot a vízválasztón, 1735–1793 m közötti magasságban ill. a Radnai hágón (1275 m) helyeztem el. A részvízgyűjtők zárószelvényénél 9 vízszintregisztrálót helyeztem üzembe, ebből hatnak volt értékelhető adatsora.

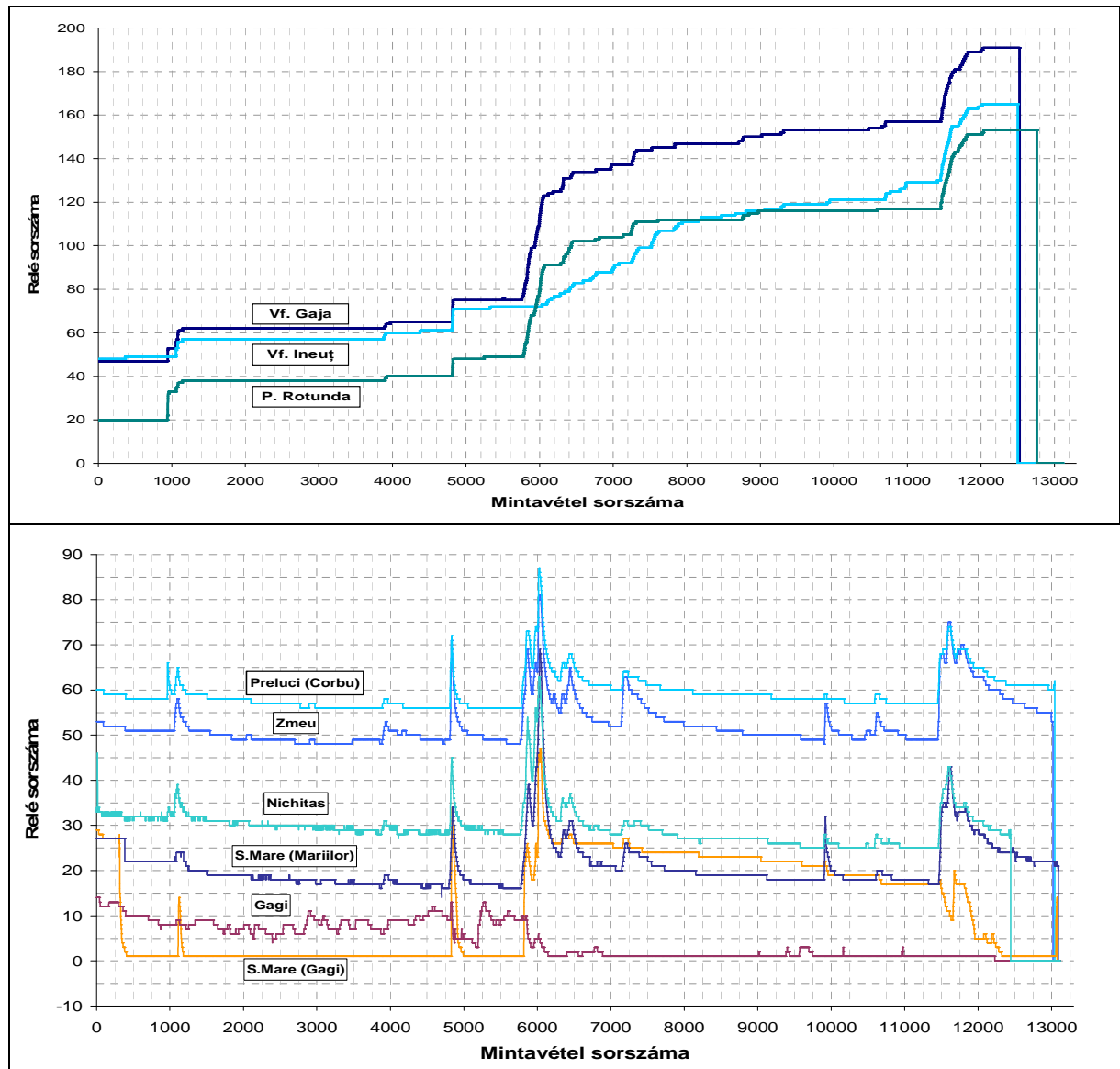
## 4. Eredmények

### 4.1. A mérési adatok értékelése

A mérési adatok elemzése alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

- a) Valamennyi műszer egy időben vette az adatokat (szinkronban működtek). Ezt az ellenőrzött mintavételi időköz mellett az azonos számú mintavétel is igazolja.
- b) A csapadék-regisztrátum (összegzett görbe) a szokásos, jellegzetes monoton növekvő és vízszintes szakaszokból áll. A görbe töréspontjai a csapadék intenzitásában bekövetkező változásokat jelzik (4/a. ábra).

- c) Az összegzett csapadékgörbe „ugrásai” mennyiségileg reális értékeket mutatnak.  
 d) A görbék alapján mind a négy csapadékmérési helyszínen közel egy időben volt csapadékesemény. A jelentősebb csapadékesemények időpontjaiban a közeli meteorológiai állomásokon (Valea Mare, Iezer) is hullott csapadék, a mért értékkel arányos mennyiségben. Ez feltehetően nem lokális eső, hanem időjárási fronttevékenység eredménye.



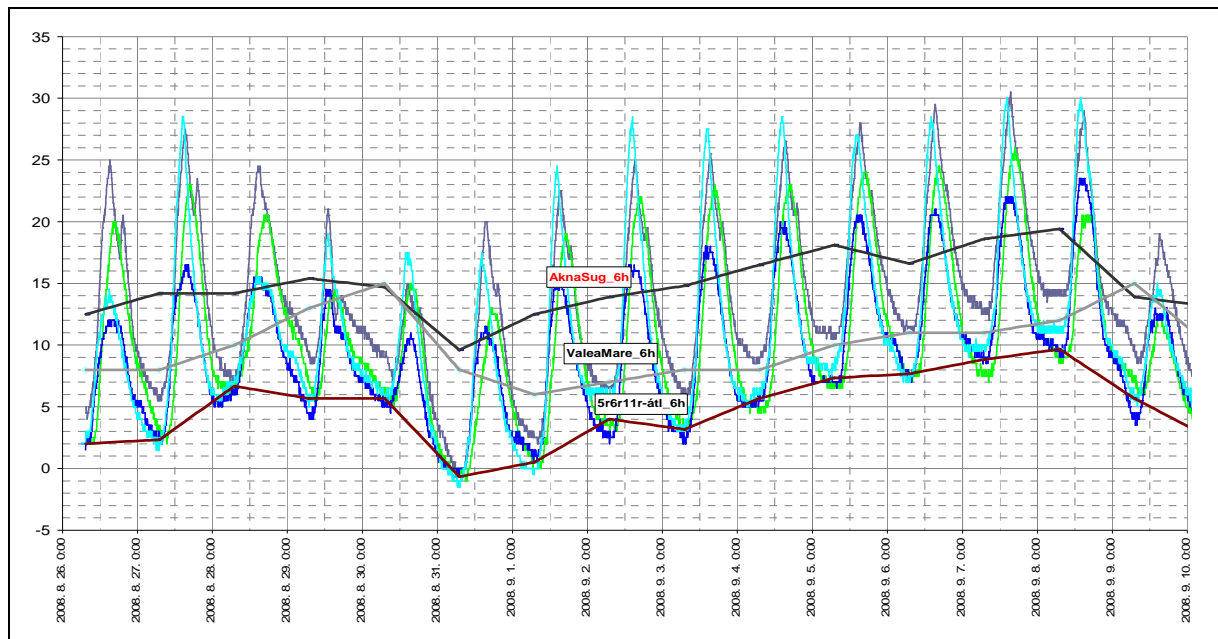
4. ábra. A megfelelő vízgyűjtőrészeken elhelyezett műszerek összegzett csapadék-regisztrátumai (felső ábra – 4/a) és vízállás-idősorai (alsó ábra – 4/b).

- e) A másfél hónap alatt a viszonylag száraz, kisvízes tesztelési időszakban, 6 mérési helyszínen mintegy 42 kisebb árhullámot sikerült kimérni a vízszintregisztráló műszerekkel (4/b. ábra).  
 f) A vízállás-idősorok görbéiben megfigyelhető kiugrások nagyjából egy időben jelentkeznek, és az összegzett csapadékgörbék változásaival is összhangban vannak.



Ennek oka, hogy a területen hullott csapadékeseményre a részvízgyűjtők a zárószelvénynél közel azonos időben, jellegzetes alakú árhullámokkal válaszolnak. Az adatsorok részletes elemzésével az árhullámok közötti időeltérések és mennyiségi relációk is tanulmányozhatók. Mindenesetre a mérések egyik fontos tapasztalata, hogy hasonlóan heves vízjárású területeken a csapadékeseményre adott gyors válasz miatt rövidebb mintavételi időköz (5 helyett 1-3 perc) alkalmazása indokolt.

- g) Két vízállásgörbénél megfigyelhető, hogy hosszabb szakaszokon az x tengellyel párhuzamosan „1” értéket vesz fel a vízállás. Ennek magyarázata, hogy a vizsgált szelvénynél a vízszint a mérhető legalacsonyabb érték alá süllyed, amit az úszó már nem tud követni, és megakad. Ettől az időponttól az úszó ismételt mozgásba hozásáig (a következő áradásig) folyamatosan a legelső zárt állapotú relé helyzetét rögzíti az adatgyűjtő.
- h) A vízállás-idősorokban nem figyelhető meg napi ciklikusság (Gribovszki, et al. 2003; 2004), ami bizonyíték arra, hogy az erdő alapvízhozamra gyakorolt hatása – feltehetően az interferencia jelenség miatt – csak egy bizonyos vízgyűjtő-mérettartományon belül érvényesül.



5. ábra. A csapadékkintenzitás-mérőkben elhelyezett hőmérők hőmérséklet-idősorai. Az alsó összekötő vonal az azonos tengerszint feletti magasságban (1735-1793 m) elhelyezett három műszer reggeli (6h) adatai átlagértékének hosszú távú változását, a középső és a felső összekötő vonal a közeli meteorológiai állomások (Valea Mare és Ocna Șugatag) hasonló adatainak időbeli változását mutatja.

- i) A csapadékkintenzitás-mérőkben elhelyezett, kalibrált hőmérők görbéi jól mutatják a napi ritmust. A hőmérséklet-idősorban megfigyelhető hosszú távú (több napos) tendenciák hasonlóak a környező meteorológiai állomások idősorainak tendenciáihoz, ami szintén a reális mérési eredményeket igazolja (5. ábra).

#### 4.2. A tesztelési eredmények felhasználása, továbblépési irányok

A tesztelt műszerek jövőbeli alkalmazása lehetőséget nyújt a csapadék és a vízállásból származtatott vízhozam időbeli változásainak nyomon követésére, elemzésére és az

összetartozó csapadék-árhullám párok összefüggéseinek feltárására. A fontosabb vizsgálati lépések, lehetőségek és célok az alábbiakban foglalhatók össze:

- 1) A műszeres mérések mintaterületen történő folytatása a későbbi vizsgálatok alapja.
- 2) Vízhozamgörbe meghatározásával és alkalmazásával a vízállás-idősor vízhozam-idősorrá alakítható.
- 3) A vízhozam-idősor alapján bármely mérési szelvényre meghatározható a levonuló árhullám víztömege és időtartama.
- 4) Az árhullámképek elemzésével, szeparálásával és a lefolyásképző csapadék meghatározásával (kettős transzformáció) lehetőség nyílik a vízgyűjtő alapvetően fontos hidrológiai jellemzőjének, az egységárhullám-képnek<sup>1</sup> a meghatározására. Az egységárhullámkép a vízgyűjtő lefolyási rendszerjellemező függvénye, melynek ismerete igen fontos és hasznos input információja lehet a lefolyás-előrejelző modelleknek (Clark, 1945; Kontur, et al. 2001; Sherman, 1932).
- 5) A különböző időtartamú hatékony csapadékhöz tartozó egységárhullám-képek alapján árhullámok generálhatók a vizsgált szelvényre.
- 6) A nagyszámú generált árhullám árvízi eloszlásfüggvény meghatározására ad lehetőséget.
- 7) Az eredmények adaptálása hasonló adottságú vízgyűjtőkre a hidrológiai analógia alapján lehetséges. A kutatási program ennek megfelelően a hazai árvízi előrejelzésbe is integrálható.
- 8) A mérési adatok lehetővé teszik a csapadék területi és időbeli eloszlásának alaposabb vizsgálatát, modellek kifejlesztését (esetleg kalibrálását) hegyvidéki területeken.
- 9) A kutatási eredmények hasznos adalékul szolgálnak a vízrajzi (hidrológiai és hidrometeorológiai) észlelőhálózat fejlesztésének tervezésénél (alapvető igény az automatizálás és a távjelzés). A csapadékmérés esetében – a területi eloszlás eddiginél megbízhatóbb megismerése céljából - kiemelten fontos a földi mérési adatokkal kalibrált csapadékradar-információk rendelkezésre állása.
- 10) A vízállás folyamatos regisztrálásával lehetőség nyílik az erdő alapvízhozamra gyakorolt hatásának további elemzésére, a fent említett Sopron környéki vizsgálatok kiegészítéseként.

## 5. Összegzés

A Radnai-havasokban lévő reprezentatív mintavízgyűjtőn 2008. nyarán új fejlesztésű, mágneses érzékelésen alapuló csapadék- és vízszintregisztráló műszerek tesztelésére került sor. A mérési módszernek több előnye is van a fizikai mennyiségek változásán alapuló vízszintregisztrálókkal szemben (magas zavartűrés, automatikusan biztosított linearitás, nagy felbontás stb.). A kiértékelt mérési adatok visszaigazolták a módszer használhatóságát és a műszerek megfelelő működését.

A tesztelés idején a csapadék- és vízszintregisztrálók egymással szinkronban gyűjtötték az adatokat, ami az adatsorok összehasonlítására adott lehetőséget. A csapadékesemények hatására a vízfolyások – a domborzati viszonyoknak megfelelően – rövid időn belül jellegzetes alakú árhullámokkal válaszoltak. A másfél hónapos őszi kisvízes időszakban mintegy 42 db árhullámot sikerült regisztrálni a területen.

A későbbiekben, a mérések alapján lehetőség nyílik hidrológiailag kevésbé feltárt területek lefolyási folyamatainak, csapadék-lefolyás összefüggéseinek tanulmányozására. A

---

<sup>1</sup> Valamely terület egységárhulláma az a vízhozam-időfüggvény, amelyet az egész vízgyűjtőn adott időszak alatt, egyenletes intenzitással, egyenletes (vagy esetleg más, meghatározott) területi eloszlásban hulló egységnyi csapadék (vagy esetleg más tényező) eredményeként keletkezik (WMO, 1974).

műszeres mérések révén fontos és ígéretes vizsgálati lehetőségnek mutatkozik az egységárhullám-képek meghatározása, melynek segítségével árvízi eloszlásfüggvény állítható elő. A kutatási eredmények hasznos adalékul szolgálhatnak továbbá a vízrajzi észlelőhálózat fejlesztéséhez, a csapadék területi eloszlásának vizsgálatához, a csapadékradar-információk földi adatokkal történő kalibrálásához, az árvízi előrejelzésekhez vagy az erdő alapvízhozamra gyakorolt hatásának tanulmányozásához.

### **Köszönetnyilvánítás**

A műszerek kifejlesztésében Molnár Zsolt és Dr. Kohut József, a Budapesti Műszaki Főiskola Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar munkatársai vettek részt, önzetlen segítségükért köszönettel tartozom. A kutatást a Pázmány-Eötvös Természettudományi Információs Alapítvány támogatta.

### **Irodalom**

- Andó M. – Vágás I. 1972. A Tisza-völgy 1970. évi nagy árvize. Földrajzi Közlemények 96/20, 18-37.
- Boga T.L. 1973. Árvizek 1970. tavaszán Romániában. Hidrológiai Közlöny 53/5, 242-245.
- Clark C.O. 1945. Storage and unit hydrograph. Transactions of the American Society of Civil Engineers 110/2261, 1419-1446.
- Coldea G. 1990. Munții Rodnei. Studiu geobotanic. Editura Academiei Române, București 183.
- Domokos M. 1979. A Vízrajzi Intézet hidrológiai kísérleti és tájleíró területei (Eredmények és célok). MHT IV. Országos Vándorgyűlése Keszthely, 1979. május 17-18. Magyar Hidrológiai Társaság, Budapest 16.
- Domokos M. – Kovács Gy. 1983. Kísérleti vízgyűjtőn meghatározott csapadék-lefolyás kapcsolat regionális általánosítása. Hidrológiai Közlöny 63/3, 107-113.
- Dub O. 1965. Experimental and representative basins in Czechoslovakia. In: Tison, L.J. (ed.): Symposium on Representative and Experimental Areas, Budapest, 28 September-5 October 1965. IAHS Publication 66. Gentbrugge 131-135.
- Galgóczy Zs. 2004. Morfometriai paraméterek vizsgálata a Nagy-Szamos forrásvidékén. Földrajzi Közlemények 128/1-4, 89-103.
- Gribovszki Z. – Kalicz P. – Kucsara M. 2003. Erdővel borított kisvízgyűjtők lefolyási jellemzői. A Magyar Hidrológia Társaság XXII. Országos Vándorgyűlésének kiadványa, Budapest. CD-ROM
- Gribovszki Z. – Kalicz P. – Kucsara M. 2004. Klimatikus és hidrológiai hatások tükröződése az erdei patakok alapvízhozamában. A Magyar Hidrológia Társaság XXII. Országos Vándorgyűlésének kiadványa, Keszthely. CD-ROM.
- Hewlett J.D. – Lull M.W. – Reinhart K.G. 1969. In defense of experimental watersheds. Water Resources Research 5/1, 306-316.
- Illés L. – Konecsny K. 2001. Az árhullám hidrológiai jellemzése. In: Bodnár G. – Illés L. – Kertai I. – Pesel A. (szerk.): Az 1998. novemberi felső-tiszai árvíz. Nyíregyháza 13-76.
- Kontur I. – Koris K. – Winter J. 2001. Hidrológiai számítások. Linograf Kft, Budapest 584.
- Kräutner T. 1938. Das Kristalline Massiv von Rodna (Ostkarpathen). Anuarul Institutului Geologic al Romaniei 19, Bucharest 161-292.
- Leopold L.B. 1973. Hydrologic research on instrumented watersheds. In: IAHS/UNESCO (co-eds.): Results of research on representative and experimental basins. Proceedings of the Wellington Symposium, 1-8 December 1970. International Association of Hydrological Sciences–Unesco, Paris, IAHS Publication 97, 135-150.
- Liebscher H. 1973. Results of research on some experimental basins in the upper Harz Mountains (Federal Republic of Germany). In: IAHS/UNESCO (co-eds.): Results of research on representative and experimental basins. Proceedings of the Wellington Symposium, 1-8 December 1970. International Association of Hydrological Sciences–Unesco, Paris, IAHS Publication 97, 150-162.
- Mendez A. – Goodrich D.C. – Osborn H.B. 2003. Rainfall point intensities in an air mass thunderstorm environment: Walnut Gulch, Arizona. Journal of the American Water Resources Association 39/3, 611-621.
- Miklánek P. – Halmova Z. – Pekarova P. 2003. Extreme runoff simulation in the Mala Svinka Basin. In: Verhoest N. – Hudson J. – Hoeben R. – De Troch F. (eds.): Monitoring and modelling catchment water quantity and quality. 8th Conference of the European Network of Experimental and Representative Basins



- (ERB), Ghent (Belgium), 27-29 September 2000. IHP-VI Technical Documents in Hydrology 66. UNESCO, Paris 61-67.
- Morariu T. – Buta I. – Maier A. 1972. Județul Bistrița-Năsăud. Editura Academiei Române, București 155.
- Mureșianu M. 1997. Potențialul turistic din bazinul superior al Someșului Mare. Editura Focul Viu, Cluj-Napoca.
- Parajka J. 2001: Estimation of the average basin precipitation for mountain basins in the Western Tatra mountains. ERB 2000 Conference on Monitoring and modelling catchment water quantity and quality, Ghent, September 27-29, 2000. (CD-ROM)
- Reinhart K.G. 1958. Calibration of Five Small Forested Watersheds. Transactions of the American Geophysical Union 38, 933-936.
- Sherman L.K. 1932. Streamflow from rainfall by unit-graph method. Engineering News Record 108/14, 501-505.
- Sîrcu I. 1978. Munții Rodnei. Studiu morfogeografic. Editura Academiei Române, București 112.
- Stone J.J. – Nichols M.H. – Goodrich D.C. – Buono J. 2008. Long-term runoff database, Walnut Gulch Experimental Watershed, Arizona, United States. Water Resources Research 44. 5. W05S05, doi:10.1029/2006WR005733.
- Strahler A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions of the American Geophysical Union 38/6, 913-920.
- Toebes C. – Ouryvaev V. (eds.) 1970. Representative and experimental basins. An international guide for research and practice. Studies and Reports in Hydrology 4. Unesco, Paris 348.
- Topor N. 1970. Cauzele unor ploi cu efecte catastrofale în R. P. R. Hidrotehnică 15/11, 584-592.
- Tsukamoto Y. 1975. Effect of forest litter on runoff cycle in a small experimental watershed. Proceedings of Symposium on the Hydrological Characteristics of River Basins and the effects of these characteristics of better water management, Tokyo, 1-8. December 1975. IAHS Publication 117, 487-495.
- Verstappen H.T. 1964. Elements de photogéologie et géomorphologie. ITC Publication, Delft 44.
- VITUKI 1975. Táj jellemző és kísérleti területek hidrológiai feltárása. Kutatási Jelentés, Budapest 31.
- VITUKI 1978. A kísérleti vízgyűjtőkön folyó tevékenység értékelése és jövőjének koncepciója. Témabeszámoló, Budapest 46.
- WMO 1974. Guide to hydrological practices. WMO-No. 168, World Meteorological Organization, Genf 735.