

## Hirtelen levonuló árhullámok Szlovákia kisvízgyűjtőin<sup>1</sup>

ANNA GREŠKOVÁ<sup>2</sup>

### Abstract

### Flash floods in small basins of Slovakia

Flash floods most frequently originate in upper, often the spring parts of basins in mountain and submountain areas, but their destructive effects manifest themselves in the valley floodplains of streams with higher concentration of urbanisation with the corresponding damage and consequences. In the years 1997, 1998 and 1999 flash floods on minor streams have caused more damage than the floods on greater streams, because in the latter case the situation was coped with by reduction and constriction of flood water within the inundation area protected by dikes. The channels of smaller streams and brooks lack a sufficient capacity of discharge profile to manage higher discharges. Measures with retarding effect, increase of the overall retention of basins (reduction of volume and slowing down of surface runoff of rainfalls flowing into a stream), as well as the general approach of man with his activities in terms of surface runoff in the area of valley floodplains are necessary in order to reduce the threat of extreme discharges.

### Bevezetés

A 20. sz. utolsó éveiben Közép-Európa országaiban megsokasodtak az árvizek. A nagyobb folyók mentén – és elsősorban a síkvidéki területeken – levonuló árvizeken kívül gyorsan levonuló árhullámok jelentkeztek a hegyvidékeken és hegylábi előterekben. Az elmúlt években az ilyen hirtelen levonuló árhullámokról számos publikáció jelent meg (MUNZAR, J.–ONDRÁĚEK, S. 1995; MAJERĚÁKOVÁ, O.–ŠKODA, P. 1998; SVOBODA, A.–PEKÁROVÁ, P. 1998; BORSANYI, P. et al. 1999; ŠIPIKALOVÁ, H.–ŠKODA, P. 1999; VAISHAR, A. et al. 2000; GREŠKOVÁ, A. 2001; BÁLINT, G.–SZLÁVIK, L. 2001). Ezek a tanulmányok többnyire az egyes események lefolyásával, kiváltó okaikkal és következményeikkel foglalkoznak.

Jelen tanulmány célja azon kockázati tényezők azonosítása, amelyek a hegyvidéki és hegylábi térségekben található kisebb vízgyűjtőkön az utóbbi években kialakult katasztrofális árvizeket kiváltották. Ebben nagy segítséget nyújt az a gazdag ismeretanyag, amely a Szlovákia különböző területein 1997–99 között levonult árhullámokról gyűlt össze.

---

<sup>1</sup> A tanulmány a VEGA Scientific Grant Agency 2/7050/21 sz. projekt alapján készült.

<sup>2</sup> Szlovák Tudományos Akadémia Földrajzi Intézete, Štefánikova 49, Bratislava, Szlovákia  
greskova@savba.sk

### **A hirtelen levonuló árhullámok keletkezésének legfontosabb feltételei**

A gyorsan levonuló árhullámokat kiváltó legfontosabb tényező a csapadék. A Szlovákiában az évezred utolsó éveiben keletkezett árvizek elsőrendű oka a szélsőséges meteorológiai körülményekben: az igen intenzív zivatarokban és felhőszakadásokban keresendő, amelyek során viszonylag kis és jól körülhatárolható területre nagy mennyiségű csapadék hullott le.

Az ilyen események nyomán a felszíni vízfolyások hozama hirtelen és erőteljesen megnő. Az áradástól általában a legintenzívebb esőzésnek kitett hegyvidéki és hegylábi területek szenvednek. A hirtelen levonuló árhullámok okainak megértéséhez és azok elemzéséhez elsősorban a rendkívüli csapadékeseményeket tartalmazó adatbázisok vizsgálatára van szükség, amelyeket a lehullott csapadék mennyisége, intenzitása, időtartama és térbeli eloszlása alapján kell elemezni.

Egy vagy több napos mérések esetén fél-, ill. egy órás, folyamatos megfigyeléskor pedig esetleg két- vagy háromórás mérések is hasznosak lehetnek. A napi vízhozam-maximumok és az N-éves gyakorisággal előforduló szélsőséges vízhozam-értékek elemzésére is szükség van.

A retrospektív értékelés és rekonstrukció lehetővé teszi a hirtelen levonuló árhullámok eredetét és területi megjelenését befolyásoló fontosabb eseti tényezők, valamint a zivatarok, és a nyomukban kialakuló árhullámok hatásait felerősítő tényezők azonosítását

Az igen nagy mennyiségű, egyenlőtlen eloszlású és pontosan lokalizálható csapadéknak meghatározó szerepe van a hirtelen árhullámok keletkezésében. Ezek rövid (15, 30, 60 vagy 180 perces) időtartamú és igen intenzív csapadékesemények. A rövid ideig tartó esők mérésére az ország területén csak az ombrográffal felszerelt 175 mérőállomáson van lehetőség. Feltételezhető, hogy a legtöbb rövid és intenzív csapadékeseményt nem regisztrálják. A csapadék össz-maximumokat általában a naponta lehullott csapadékmennyiség feldolgozásából kapják, amelynek során hosszabb és megbízhatóbb idősorok adódnak, mint a rövid és intenzív esők észlelése esetén.

Figyelembe véve azt, hogy magas csapadék összértékek a múltban is előfordultak, az évezred utolsó éveiben jelentkező, hirtelen kialakult árhullámok nem tekinthetők anomáliának. Az 1901 óta működő 334 mérőállomás adatai alapján (ŠAMAJ, F. et al. 1985; FAŠKO, P.–LAPIN, M. 1998) megállapítható, hogy a 150 mm-es napi csapadéérték ritkaságnak számít, és Szlovákia nem tartozik a kiugró napi csapadékmennyiséget regisztráló országok közé.

A viszonylag sűrű (700 egységből álló) mérőállomás-hálózat dacára csaknem bizonyos, hogy a különlegesen magas napi össz-csapadékok csupán mintegy harmadát, a rövid lefolyású (15, 30, 60, ill. 180 perces), igen magas csapadéértékkel járó eseményeknek pedig még ennél is kisebb részét észlelik a mérőállomásokon. A legintenzívebb esőzéseket kiváltó viharok centruma kevesebb, mint 3 km átmérőjű, ugyanakkor a mérőállomások közötti átlagos távolság mintegy 8 km. (FAŠKO, P.–LAPIN, M. 1998).

## **A hirtelen árhullámokkal jellemezhető kisvízgyűjtők természetföldrajzi jellemzői**

A kisvízgyűjtőkre SOLÍN és GREŠKOVÁ által elkészített digitális hálózat (1999) és a fizikai jellemzőiket tartalmazó adatbázis lehetővé teszi az olyan rendkívüli hidrológiai jelenségek, mint a hirtelen kialakuló árhullámok és az egyes vízgyűjtők természeti jellemzői közötti kölcsönkapcsolatok részletekbe menő feltárását. Az elemzés céljára a kisvízgyűjtők jellemzőinek négy csoportját választottuk ki: a domborzat morfológiáját, az éghajlati viszonyokat, a geológiai- és talajadottságokat, valamint a felszíni borítottságot (*1. táblázat*).

Azon kisvízgyűjtők jellemzőit elemeztük és értékeltük, ahol 1997–1999 között árhullámokat észleltek. Területük 28–35 km<sup>2</sup> között változott és mindegyikre kiugró morfológiai értékek (átlagos tszf-i magasság, relatív relief, a maximális és átlagos lejtőszög) voltak jellemzők. Minden esetben azt tapasztaltuk, hogy az intenzív és rövid esőzések, valamint a vízgyűjtőnek a megelőző esőzések által történő telítődése voltak azok a fő okok, amelyek az árhullámokat kiváltották. A vízgyűjtőket a víztartó rétegek és az anyakőzet, a mállott rétegek és talajok alacsony vízáteresztő-képessége jellemzi. A felszíni borítottság jellemzői az erdők és cserjeszint jelentős (60% feletti) aránya, a lombos fajok túlsúlyával. Kivétel ez alól a Malá Svinka vízfolyás felső szakasza, ahol 1998-ban vonult le egy hirtelen kialakult árhullám. A vízgyűjtőterület 45%-a szántó, a többnyire túlevelű erdők aránya 34%. A vizsgált vízgyűjtő a flis zónába esik, amely a vékony talajréteg és magas dőlésszög következtében különösen kedvez a magas lefolyási értékek és erózió kialakulásának. A rajta kialakuló árhullámok elsősorban a mezőgazdasági területeket veszélyeztetik.

A kutatási eredményeket a hirtelen keletkező árhullámok által 1999-ben sújtott vízgyűjtőket térképábrán (*1. ábra*), az egyes vízgyűjtők jellemzőinek átlagértékeit az *1. táblázat* mutatja be. Az összecsapadék legmagasabb értékeit Szlovákia Ny-i és viszonylag száraz D-i részén 1999 júniusában és júliusában észlelték. Ezt követően 31 kisvízgyűjtőn voltak intenzív zivatarok. Az 1997., 1998., és 1999. évi események viszonylag kisebb és jól lehatárolható területeket érintettek. A korábbi esőzések nyomán már telítődött vízgyűjtőkön a lefolyás igen rövid idő alatt bekövetkező megnövekedése váltott ki hirtelen árhullámot ott, ahol a vízgyűjtők vízmegtartó képessége (főként a növényzet és talajok gyenge víztartó képessége következtében) elégtelen volt, függetlenül attól, hogy mekkora volt az erdők vagy mezőgazdasági területek aránya.

### **Az árhullámokat befolyásoló, vízgyűjtői eredetű tényezők**

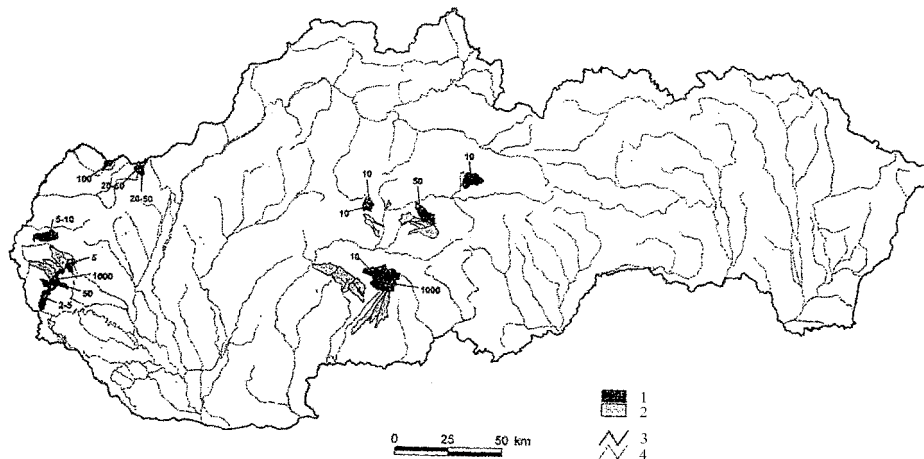
A hirtelen kialakuló árhullámok megjelenése és levonulása változásokat idéz elő a vízgyűjtő állandó és változó paramétereiben, amelyek azután felgyorsíthatják, ill. lassíthatják az intenzív esők hatásait. Ezek között van a vízgyűjtő már említett telítődése a bőséges esőzéseket megelőzően, továbbá a vízgyűjtő formája, méretei és morfo-

1 táblázat. Kisvízgyűjtők jellemzőinek középértékei 1999-ben, N-éves vízhozamok ( $Q_N$ ) esetére

Jellemzők	$Q_{1000}$	$Q_{50-100}$	$Q_{20-50}$	$Q_{5-10}$	$Q_{2-5}$	$Q_X$	Középérték
Alt min	278	292	305	410	187	299	308,0
Alt max	834	571	857	1094	651	886	887,0
Alt rang	556	279	552	684	464	587	579,0
Alt avg	545	439	528	678	398	538	547,0
Slop max	37	27	36	41	36	39	36,0
Slop avg	9,2	9,5	10,8	12,8	11,5	10,2	10,6
Asp n90	26	19	14	20	14	22	21
Asp e90	17	25	33	31	26	21	25
Asp s90	24	29	29	25	30	26	26
Asp w90	33	27	24	24	30	31	28
Rain 31–80	843	761	828	1053	834	838	859
Trans m	3	4	3	3	4	3	3
Trans g	5	7	5	4	6	4	5
Trans s	5	7	5	3	3	5	5
Lc urban	1,6	0,0	10,6	4,6	11,5	2,8	4,8
Lc agric	25	3	30	26	1	34	28
Lc grass	2,5	13,8	4,5	4,7	0	7,1	5,7
Lc decid	58	72	31	20	83	30	35
Lc conif	0	0	9	17	0	10	9
Lc mixf	4,0	0	7,1	21,0	0,8	12,3	11,3
Lc fshrub	70,0	81	51	61	88	55	59
Lc rocks	1,0	3	0	3	0	0	1
Lc forest	62,0	71,7	46,6	58,0	83,5	52,3	55,6
Area	55,5	10,5	29,2	35,1	25,3	26,7	30,4
Shape	0,332	0,467	0,513	0,553	0,435	0,358	0,443

Alt min = min. tszf.-i magasság [m tszf.]; Alt max = max. tszf.-i magasság [m tszf.]; Alt rang = relatív relief [m]; Alt avg = átlagos magasság [m tszf.]; Alt std = magassági értékek szórása [m]; Slop max = max. lejtőszög [°]; Slop avg = átl. lejtőszög [°]; Asp n90; Asp e90; Asp s90; Asp w90 = uralkodó kitétség, égtájanként (%); Rain 31–80 = csapadék sokéves átlaga 1931–1980 között [mm.év<sup>-1</sup>]; Trans m = átlagos vízáteresztő-képesség [class 1–4]; Trans g = kőzetösszetétel átlagos vízáteresztő-képessége [class 1–7]; Trans s = talaj és mállott talajképző kőzet átlagos vízáteresztő-képessége [class 1–7]; Lc urban = városi és ipari agglomerációs terület aránya [%]; Lc agric = szántó aránya [%]; Lc grass = gyepterület aránya [%]; Lc decid = lombos erdő aránya [%]; Lc conif = tűlevelű erdő aránya [%]; Lc mixf = vegyes erdő aránya [%]; Lc forest = erdőterület aránya [%]; Lc fshrub = erdővel és cserjével borított terület aránya [%]; Lc rocks = alpi rétek és sziklafelület aránya [%]; Area = vízgyűjtő területe [km<sup>2</sup>]; Shape = vízgyűjtő formája [dimenzió nélkül];  $Q_N$  = N-éves vízhozamok  
 $Q_X$  = vizsgált év vízhozama

lógiaja (tszf.-i magasság, dőlésszög, kitétség, az uralkodó szélirányhoz képest elfoglalt helyzet stb.), hidrogeológiai jellemzői, a talaj- és a növénytakaró sajátosságai, a földhasználat és más emberi tevékenység jellege, amely a vízrendszerbe történő beavatkozásként jöhet számba. A fent említett tényezők hatással vannak a vízgyűjtő általános vízmegtartó-képességére.



1. ábra. Hirtelen levonuló árhullámok által érintett szlovákiai kisvízgyűjtők 1999-ben. – 1 = kismedencék éves vízhozam mérésekkel; 2 = kismedencék, ahol nincs éves vízhozam mérés; 3 = országhatár; 4 = folyóhálózat

Small basins with occurrence of flash floods in the year 1999. – 1 = small basins quoting N-year discharges; 2 = small basins not quoting N-year discharges; 3 = frontier; 4 = river network

Az, hogy egy adott terület víztartó képességében az emberi tevékenység hatására mekkora csökkenés következik be, állandó viták tárgya. Részletekbe menő vizsgálatokra van szükség annak tisztázásához, hogy a mezőgazdasági területek (művelési módjuk alapján) és erdők (%-os arányuk, faállományuk összetétele, területi elhelyezkedése és sűrűsége) milyen szerepet játszanak a lefolyás kialakulásában és az árvizek levonulásában. Az erdők pozitív hatása és a lefolyással kapcsolatos vízgazdálkodási funkciói (nedvességmegtartó- és felhalmozó képesség, vízlefolyás-késleltetés) vitathatatlanok. VALTÝNI, J. (1998) nyomán az erdő elsősorban a szélsőséges vízhozamokat ( $Q_{\max}$ ,  $Q_{\min}$ ) és a területről lefolyó vízmennyiséget szabályozza. Bár a kutatási eredmények nem teljesen egyértelműek, legtöbbjük azt valószínűsíti, hogy Közép-Európában az erdőborítottság az erdő nélküli területekkel ellentétben a vízhozamok kiegyenlítése és a maximumok csökkentése irányában hat. A legújabb eredmények szerint azonban ez csupán az erdőtalajok vízzel történő telítődéséig érvényes. Ezután – további esővíz lehullásával – az erdővel borított felszínen akár magasabb lefolyás is észlelhető, mint az erdő nélkülieken (VALTÝNI, J. 1998). A maximum vízhozam-értékeket ugyancsak jelentősen befolyásolják a vízgyűjtő földtani viszonyai. Újabb kísérletek bizonyították, hogy a zivatarokból származó vízmennyiség a gyengén víztartó flis anyagokra települt vékony talajrétegen – főként meredek lejtőszög esetén – intenzív felszíni lemosást okoz, ami megsokszorozza a hirtelen árhullámok hatását. A hegyvidéki és hegylábi lejtőkön a felszíni lefolyás megnő és kis területre koncentrálódik, emiatt csúcs-vízhozamok kialakulása várható.

Fenti tények további kutatások szükségességére hívják fel a figyelmet, abból a célból, hogy a vízgyűjtők zivatarokra való hidrológiai érzékenységet és víztartó-képességét pontosítsuk. Ezek olyan tényezők függvényei, mint a kőzetek hidrológiai tulajdonságai, a növény- és talajtakaró víztartó-képessége, a vízgyűjtő lejtése, az uralkodó szelek iránya, a vízgyűjtő korábbi esőzések okozta telítődése stb.

A kockázati tényezők és az árhullámok kialakulási helyeinek pontos meghatározása az adott vízfolyás menti helyi különbségek függvénye. Gyakorlati szempontok miatt igen fontos a kockázati tényezőknek és a veszélyeztetett területeknek a legalacsonyabb taxonómiai szinteken (kiszívgyűjtőkön, falvakban, városokban) való kijelölése és ott árvíz-megelőző intézkedések fogantatása. A kockázati tényezők meghatározásakor lényeges a múltbeli események elemzése. Ehhez meg kell válaszolni azt a kérdést, hogy vajon a rövid idejű, bőséges csapadékot akkor is árhullámok követték-e, vagy ez utóbbiak a tájszerkezet átalakításának, a földhasználat változásának, vagy más emberi beavatkozásnak tudhatók-e be?

### Következtetések

A hirtelen megjelenő és levonuló árhullámok leggyakrabban a hegyvidéki és hegylábi területeken, a folyók felső szakasza mentén, olykor forrásvidékén elhelyezkedő vízgyűjtőkön keletkeznek, pusztító hatásukat azonban a folyóvölgyek árterein fejtik ki, ahol a városiasodott környezetben súlyos kárt okoznak. A kisebb vízfolyásokon levonuló árhullámok 1997-ben, 1998-ban és 1999-ben nagyobb károkat okoztak, mint a nagyobbakon, mivel utóbbiak esetében az elöntött árterek gátak között vannak. A kisebb vízfolyások vízhozam-szelvénye korlátozott, képtelen magasabb hozamok levezetésére. A szélsőséges vízmennyiségek nyomán fellépő árvízveszély csökkentéséhez a hatások kisértetését célzó intézkedésekre, a vízgyűjtők általános vízmegtartó-képességének növelésére (az árhullámokat tápláló felszíni lefolyás mennyiségének csökkentésére és áramlásának lelassítására), valamint a felszíni lefolyást befolyásoló emberi tevékenységek általános szabályozására van szükség.

### IRODALOM

- BÁLINT, G.–SZLÁVIK, L. 2001. Possibilities of flash flood analysis in view of recent case studies in Hungary. – In: STAROSOLSZKY, O. (ed.): International conference on water and nature conservation in the Danube–Tisza River basins. Magyar Hidrológiai Társaság, Debrecen, pp. 353–360.
- BORSANYI, P.–PODOLINSKÁ, J.–SOTÁK, Š.–ŠIPIKALOVÁ, H. 1999. Hodnotenie júlových povodňových situácií v povodí Hrona a Ip<sup>3</sup>/<sub>4</sub>. (Evaluation of the June flood situation in the basins of Hron and Ipe<sup>3</sup>/<sub>4</sub> Rivers). – Bulletin SMS pri SAV, X, 3, pp. 21–26.
- FAŠKO, P.–LAPIN, M. 1998. Hodnotenie výskytu mimoriadnych úhrnov atmosférických zrážok na Slovensku. (Evaluation of occurrence of extraordinary atmospheric precipitation totals in Slovakia). – Bulletin SMS pri SAV, IX, 3, pp. 20–24.

- GREŠKOVÁ, A. 2001. Identifikácia rizikových oblastí a rizikových faktorov vzniku povodní v malých povodiach (Identification of risk areas and risk factors contributing to the origin of floods in small basins). – *Geografický Casopis*, 53. pp. 247–268.
- HRÁDEK, M.–ONDRÁĚEK, S. 1995. Investigation into the Causes of the Origin of the Flash Floods in the Czech Republic. – In: HRÁDEK, M. (ed.): *Natural Hazard in the Czech Republic*. *Studia Geographica* 98, Brno, pp. 112–139.
- MAJERĚÁKOVÁ, O.–ŠKODA, P. 1998. Prívalové povodne na severovýchodnom Slovensku. (Flash floods in the North-Eastern Slovakia). – *Vodohospodársky spravodajca*, 10, pp. 18–19.
- MUNZAR, J.–ONDRÁĚEK, S. 1995. Fyzickogeografické aspekty nebezpečných hydrometeorologických jevu v Ěské republice a jejich socioekonomické impakty. (Physical-geographic aspects of dangerous hydrometeorological phenomena in the Czech Republic and their socio-economic impacts). – In: TRIZNA M. (ed.): *Vybrané problémy sűesnej geografie a príbuzných disciplín*. PFUK v Bratislave, pp. 127–132.
- SVOBODA, A.–PEKÁROVÁ, P. 1998. Katastrofálna povodeň z júla 1998 v povodí Malej Svinky – simulácia jej priebehu. (The July 1998 disastrous flood in the basin of the Malá Svinka – simulation of its course). – *Vodohospodársky Casopis*, 46, 6, pp. 356–372.
- ŠAMAJ, F.–VALOVIĚ, Š.–BRÁZDIL, R. 1985. Denné úhrny zrážok s mimoriadnou výdatnosťou v ĚSSR v období 1901–1980. (Daily precipitation totals with extraordinary yield in the ĚSSR in the years 1901–1980). – *Zborník prác SHMÚ*. 24, Alfa, Bratislava, pp. 9–112.
- ŠIPIKALOVÁ, H.–ŠKODA, P. 1999. Séria prívalových povodní na Slovensku v júni a v júli 1999. (The series of flash floods in Slovakia in June and July 1999). – *Vodohospodársky spravodajca*, XLII, 9, pp. 8–9.
- VAISHAR, A.–HLAVINKOVÁ, P.–MÁĚKA, Z. 2000. Landscape, Settlement and Floods in the Hanušovice/Jindřichov Model Region (Northern Moravia). – *Moravian Geographical Reports*, Vol. 8, 2, pp. 30–44.
- VALTÝNI, J. 1998. Vplyv lesa na retenčnú kapacitu povodia. (Effect of forest on the retention capacity of basins). – *Povodne a protipovodňová ochrana*, Zb. prednášok z konferencie, Banská Bystrica (Dom techniky ZSVTS), pp. 262–265.

Angolból fordította: BASSA LÁSZLÓ

### **Az 50 éves Földrajztudományi Kutatóintézetet köszöntő ünnepi ülés az Akadémián**

Az MTA Földrajztudományi Kutatóközpontja Földrajztudományi Kutatóintézete fennállásának félévszázados évfordulója alkalmából 2001. nov. 22-én ünnepi tudományos ülésre került sor az Akadémia Roosevelt téri székházának nagytermében. A geográfiát és rokottudományait képviselő, nagy számú hazai és külföldi meghívott vendég részvételével lebonyolított rendezvényt SCHWEITZER Ferenc intézeti igazgató nyitotta meg. Rövid beszédében áttekintést adott az Intézetben 50 év alatt született kiemelkedő kutatási eredményekről, egyben megemlékezve több kiváló, azóta már nyugdíjba vonult, ill. elhunyt kollégáról, akiknek kimagasló érdemei voltak az eredmények elérésében. Megnyitójának utolsó részében SCHWEITZER F. azokról a kihívásokról szólt, amelyekkel a geográfiának a 21. században szembe kell néznie, s amire a felkészülést késedelem nélkül el kell kezdeni.