

Prírodná katastrofa vo Vrátnej doline 21.7.2014

Soňa Liová, Marcel Zvolenský, Martin Petrášek

Abstrakt: Dňa 21.7.2014 zasiahlo oblasť Malej Fatry pásmo búrok sprevádzané intenzívnymi zrážkami, ktoré spôsobili rozsiahle zosuvy pôdy a povodňovú aktivitu vo Vrátnej doline. Nameraný denný úhrn zrážok v stanici Vrátna dolina dosiahol 66 mm, kde podstatná časť zrážok spadla počas dvoch hodín. Dňa 28.7.2014 bol vykonaný terénny prieskum s cieľom rekonštruovať túto povodňovú udalosť (stanovenie kulminačného prietoku a jeho významnosti vo viacerých priečných profiloch. Na základe povodňových stôp, bola zmeraná plocha prietokového profilu, pozdĺžny sklon vodnej hladiny, omočený obvod, maximálna hĺbka a šírka, odhadnuté drsnosti koryta a brehov a povrchová rýchlosť prúdenia. Vypočítaný kulminačný prietok v profile pod Chatou Vrátna (plocha povodia 5,77 km² má hodnotu 35 m³s⁻¹, čo predstavuje dobu opakovania raz za 100 rokov. V profile pod sútokom so Stohovým potokom – Tiesňavy (28,05 km²) bola vypočítaná kulminácia 55 m³s⁻¹ (doba opakovania raz za 20 – 50 rokov). V obci Terchová pod sútokom s Bielym potokom (46,54 km²) kulminačný prietok 60 m³s⁻¹ predstavuje dobu opakovania raz za 10 – 20 rokov.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: prívalová povodeň, kulminačný prietok, stanovenie významnosti kulminačného prietoku

Abstract: On July 21, 2014 the mountain area of Malá Fatra was hit by the range of storms followed by heavy rainfall which caused widespread landslides and flood in Vrátna dolina. Accumulated daily rainfall measured in station Vrátna dolina reached 66 mm, where a substantial proportion of precipitation fell within two hours. On July 28, 2014 fieldwork was performed, in order to reconstruct the flood event (determination of peak flow and its significance on several discharge cross-sections. Based on flood marks, discharge cross-section area, longitudinal surface stream profile, wetted perimeter, maximum depth and width of cross-section were measured, and riverbed roughness, riverbanks roughness and surface velocity were estimated. Peak flow calculated in Vrátna Chata profile (catchment area 5.77 km²) with a peak flow value of 35 m³s⁻¹ represents return period once a 100 years. Peak flow calculated in the cross section below the confluence with Stohový potok - Tiesňavy (catchment area 28.05 km²) has a value of 55 m³s⁻¹ (return period once a 20-50 years). In the village of Terchová below the confluence of the Biely potok (46.54 km²) the peak flow of 60 m³s⁻¹ presents the return period once a 10 - 20 years.

KEY WORDS: flash flood, peak flow, specifying peak flow design value

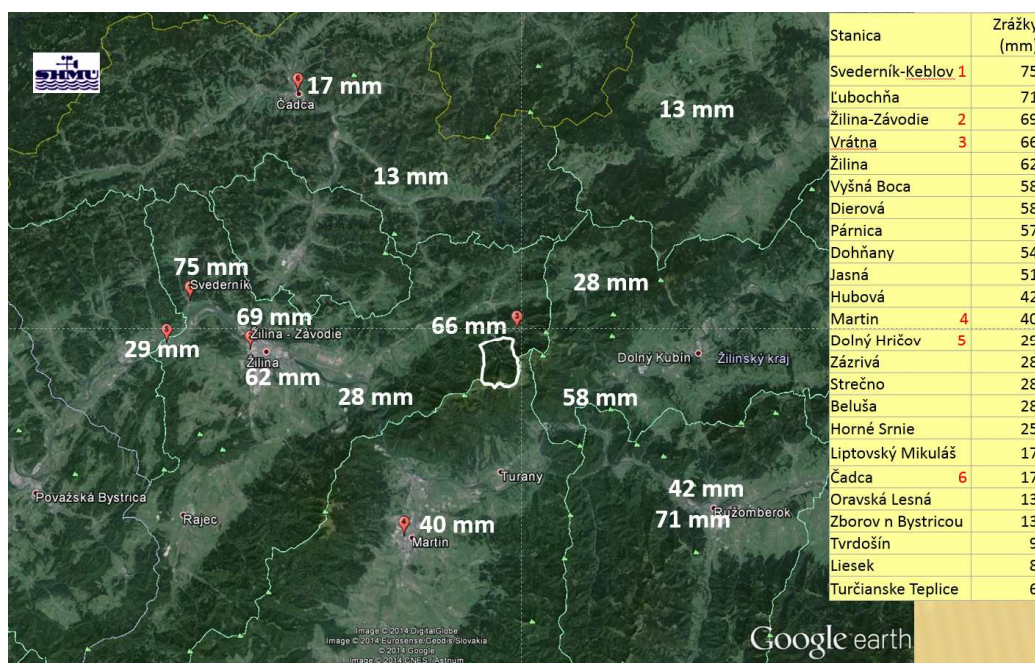
Synoptická situácia 21.7.2014

V prízemnom tlakovom poli zasahovala dňa 20.7.2014 zo Severného mora nad Alpskú a Karpatskú oblasť plytká brázda nízkeho tlaku vzduchu. V noci z 20. na 21.7. sa z nej nad štátmi Beneluxu oddelila samostatná tlaková níž, ktorej stred sa v priebehu 21.7. postupne presunul nad juhovýchodnú Moravu a západné Slovensko. Po prednej strane brázdy nízkeho tlaku vzduchu sa k nám dostával od juhu veľmi teplý a relatívne vlhký vzduch, ktorého prílev v hladine 850 hPa vyvrcholil nad naše územie práve v tento deň. V hladine 500 hPa dňa 20.7. zasahoval nad naše územie hrebeň vysokého tlaku vzduchu. Ten však v ďalších hodinách veľmi rýchlo zoslabol. Slovensko sa vo vyšších vrstvách atmosféry postupne dostalo pod vplyv výškovej tlakovej níše so stredom nad severným Talianskom na jednej strane a na strane druhej pod vplyv ďalšej výškovej níše, ktorej stred sa 21.7. veľmi pomaly presúval z oblasti Baltického mora nad pobaltské štáty a Bielorusko. Vplyvom výškového rozloženia tlaku vzduchu sa naše územie dostalo do slabého a nevýrazného výškového prúdenia. Vplyvom uvedených faktorov sa práve v oblasti severozápadného Slovenska vytvorila línia intenzívnych a relatívne pomaly sa pohybujúcich búrok, ktoré zasiahli aj oblasť Malej Fatry.

Zrážková situácia 21.7.2014

Dňa 21.7.2014 sa začala búrková oblačnosť rýchlo rozvíjať v skorých popoludňajších hodinách v rovnobežkovom pásme, zasahujúcim zo stredných Čiech cez Moravu a pokračujúcim v línii od Javorníkov po Levočské Vrchy. Postup búrkových jadier bol od väčšinou od západu na východ, s určitými odchýlkami k juhu či severu, s priemernou rýchlosťou 20 až 50 km/h. Zrážkové pole bolo tvorené z jednotlivých búrkových epizód, ktoré prichádzali od masívu Javorníkov, alebo opakovane vznikali najmä nad masívmi Krivánskej časti Malej Fatry a pokračovali v svojom pohybe ďalej na východ. V čase okolo 13:30 SELČ začali prvé búrky vznikať na česko-poľsko-slovenskom pohraničí na horných Kysuciach. Postupne, okolo 14:00, začali vznikať ďalšie búrky v Javorníkoch a neskôr, po 14:15, aj na hornom Považí, počnúc od Dolného a Horného Hričova. Po 14:35 bol vznik ďalších búrok identifikovaný aj v okolí Bytče a Považskej Bystrice, pričom búrkové oblaky pokračovali ďalej smerom na východ až severovýchod nad oblasť mesta Žiliny. Najvyššie úhrny v čase od 14:00 do 15:00 h boli najmä na Kysuciach, konkrétne v Makove 26,8 mm, Čadci 20,6 mm a v Turzovke 16,7 mm, v Dolnom Hričove 3,4 mm, v Kysuckom Novom Meste 1,9 mm a Žiline 1,8 mm. V čase od 15:00 zasiahla veľmi silná búrka s intenzitou dažďa viac ako 80 mm/hod, priamo mesto Žilinu, za sprievodu silného vetra. Uvedená búrka

v oblasti medzi Žilinou a Kysuckým Novým Mestom pretrvávala s podobnou intenzitou zrážok približne 30 minút, neskôr postúpila smerom na severovýchod a zanikla. V tom čase, okolo 15:15, vznikla nová búrka v Krivánskej časti Malej Fatry. Nad Malou Fatrou, podľa dištančných meraní intenzita dažďa v čase od 15:25 do 15:35 stúpala zo 45 mm/h na 65 mm/h. Neskôr v čase po 15:45 búrka zoslabla, pričom menej intenzívne zrážky, s intenzitou okolo 20 mm/h pokračovali naďalej. V čase od 15:00 do 16:00 boli najvyššie úhrny zrážok zaznamenané v Žiline-Závodí 48,3 mm, v Jasenici 23,5 mm, v Kysuckom Novom Meste 18,7 mm, Vrátnej 16,3 mm a Dolnom Hričove 13,4 mm. Nová, v poradí druhá búrka nad Krivánskou časťou Malej Fatry sa vytvorila tesne po 16:00, pričom intenzita dažďa postupne narastala a v čase okolo 16:15 prekročila hodnotu 50 mm/h. V nasledujúcom vývoji tieto intenzívne zrážky ďalej postupovali na juhovýchod a východ smerom do oblasti Veľkej Fatry a Chočských vrchov a ďalej na Liptov. Silné búrky neskôr okolo 17:00 zasiahli aj obce na Orave, najmä Kral'ovany, Dierovú a Párnicu a o 17:15 aj obec Ľubochňu. V čase od 16:00 do 17:00 boli najvyššie úhrny vo Vrátnej 36,2 mm, Dierovej 16,3 mm a Strečne 11,9 mm. V čase od 17:00 do 18:00 boli najvyššie úhrny v Ľubochni 46,4 mm, Párnici 34,0 mm a Dierovej 26,9 mm. V ďalšom období od 18:00 do 19:00 zasiahli silné búrky oblasť Liptova a Nízkych Tatier, kde boli najvyššie úhrny zaznamenané v Liptovskej Osade 30,1 mm a Motyčkách 21,3 mm. Podľa denných úhrnov zrážok za 21.7.2014 (Obr. 1), najvyššie denné úhrny, nad 50 mm, sme zaznamenali v lokalitách Svederník – Klebov 75,3 mm, Ľubochňa 71 mm, Žilina – Závodie 69 mm, Vrátna 66 mm, Žilina 62 mm, Dierová a Vyšná Boca 58 mm, Párnica 57 mm, Dohňany 54 mm a Jasná 51 mm.



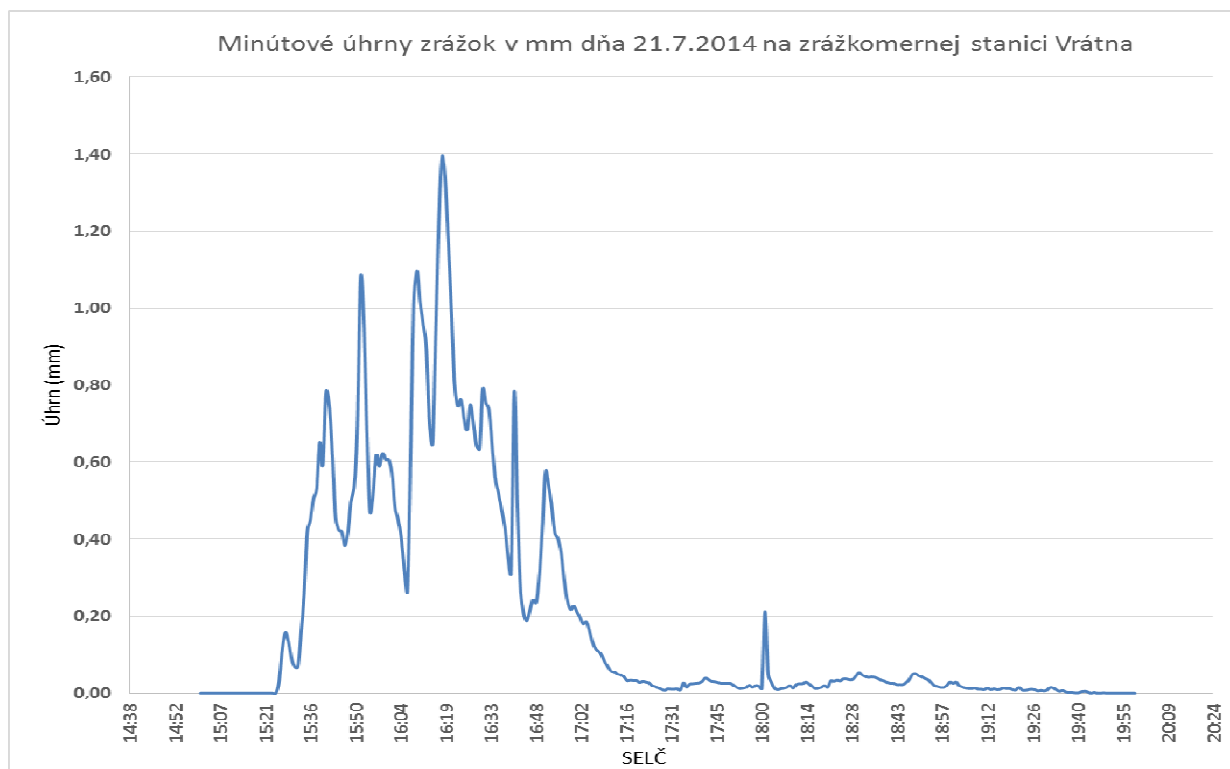
Obr. 1. Denné úhrny zrážok za 21.7.2014

Vyhodnotenie zrážkovej situácie v oblasti Vrátnej doliny dňa 21.7.2014

Hodnotenie bolo vykonané na základe záznamu automatickej zrážkomernej stanice Vrátna dolina. Táto je umiestnená v obci Štefanová (49°13'57'', 19°03'41'', 632 m. n. m.), ktorá je vzdialená vzdušnou čiarou 3 km od spodnej stanice sedačkovej lanovky Vrátna - Snilovské sedlo a 5 km od vrcholu Chlebu. Podľa jej údajov (Obr. 2) sa jadro intenzívnych zrážok vyskytlo v období od 15:30 do 17:00, pričom spadlo 52 mm (z celkového denného úhrnu 66 mm). Priebeh zrážok nasvedčuje, že dažď bol spojený z dvoch zrážkových udalostí; prvej, trvajúcej od 15:30 do 16:05 a druhej od 16:05 do 17:00, keď v prvej vlne spadla zhruba tretina uvedeného úhrnu (18mm a v druhej 34 mm). Maximálne krátkodobé intenzity počas prvej vlny zrážok dosiahli 50 až 60 mm/h, počas druhej 60 až 80 mm/h. Najvyšší úhrn za 1 minútu bol v čase 16:18 mal hodnotu 1,39 mm.

Podľa dodatočne spracovaných dištančných (radarových) meraní bola zistená maximálna rádiolokačná odrazivosť z dostupných slovenských, českých a poľských radarov v 5-minútových intervaloch pre oblasť Vrátnej doliny. Po prepočítaní odrazivosti na intenzitu zrážok, nad hranicou 20 mm/hod trvalo zrážkové jadro lejaku od 15:15 do 16:55. Dážď sa, v zhode s meraniami zrážkomernej stanice Vrátna, tiež prejavoval dvoma vlnami ale s trochu inými časmi výskytu. V prvej vlne od 15:15 do 15:55 sa vyskytla maximálna krátkodobá intenzita dažďa 75 mm/h v čase o 15:35, v druhej vlne od 15:15 do 16:55 sa maximálna krátkodobá intenzita 75mm/h vyskytla v čase o 16:15. Pritom sa prechod medzi oboma zrážkovými vlnami prejavoval znížením intenzity dažďa zhruba na 35mm/h. Podľa obalovej krivky maximálnej intenzity dažďa, získanej z údajov meteorologických radarov, v prvej vlne zrážok spadlo cca 40 mm, v druhej cca 50 mm zrážok, t.j. spolu okolo 90 mm zrážok. Uvedený úhrn zrážok nie je možné pre oblasť Vrátnej doliny presne lokalizovať, v rámci dynamiky búrkových procesov predpokladáme určité územné odchýlky. Odhad úhrnu zrážok podľa dištančných meraní

považujeme za pravdepodobnejší ako použitie nameraných údajov priamo zo zrážkomernej stanice Vrátna (pre jej vzdialenosť od oblastí s najvyššou rádiolokačnou odrazivosťou detekovanou radarmi).

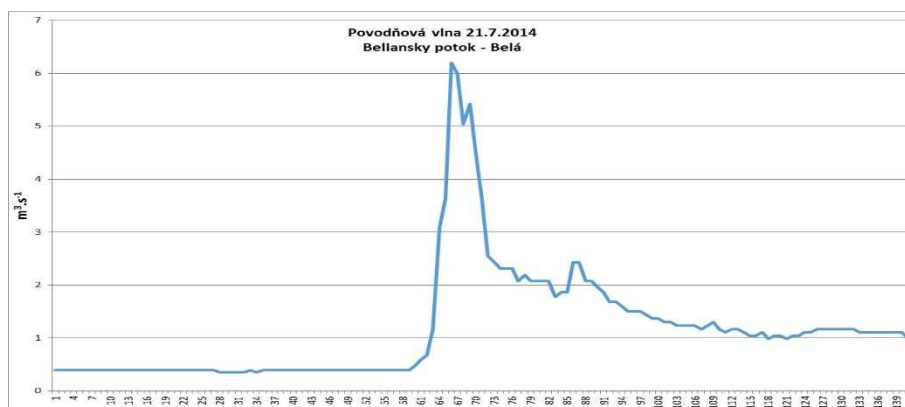


Obr. 2. Minútové úhrny zrážok v zrážkomernej stanici Vrátna dolina dňa 21.7.2014

Predpokladáme, že v čase búrkového lejaku vo Vrátnej doline mohli byť analogické zrážky zaznamenané v hrebeňových polohách Malej Fatry od Malého Fatranského Kriváňa po Stoh a na priľahlých svahoch. Predchádzajúce zrážky pred 21.7.2014 sa podľa merania stanice Vrátna vyskytli v období 8.-12.7. (spolu 45 mm) a neskôr v dňoch 16.7. (19 mm), 17.7. (16 mm) a 20.7. (3 mm).

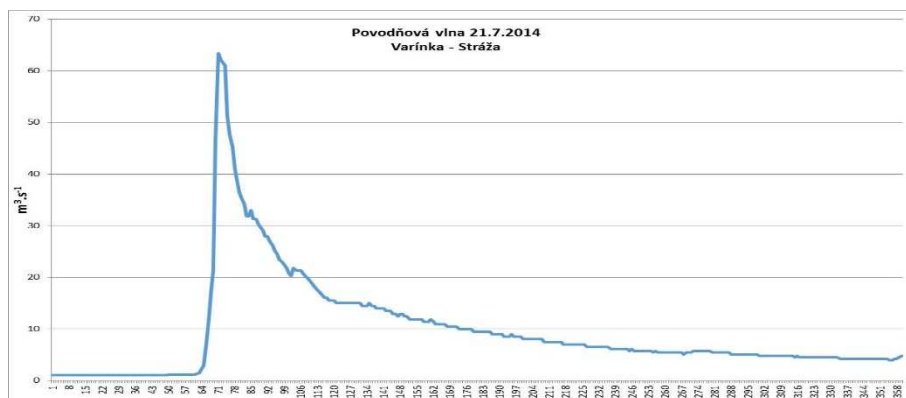
Hydrologická situácia 21.7. v oblasti Malej Fatry

V oblasti Malej Fatry má Slovenský hydrometeorologický ústav 3 vodomerné stanice; v severnej časti: Belá – Beliansky potok a Stráža – Varínka a v južnej časti: Turany- Čiernik. Vo vodomernej stanici Belá – Beliansky potok sa prietoky vyhodnocujú od roku 2006. Nachádza sa 0,55 km od ústia do Varínky, plocha povodia je 11,74 km². Priebeh povodňovej vlny, ktorá sa vyskytla dňa 21.7.2014 je zobrazený na Obr. 3.



Obr. 3. Povodňová vlna v stanici Belá – Beliansky potok dňa 21.7.2014

Vodomerná stanica Stráža – Varínka patrí medzi vodomerné stanice s dlhým prietokovým radom. Prietoky sa v nej vyhodnocujú od roku 1941. Nachádza sa 5,1 km od zaústenia do Váhu, plocha povodia je 139,7 km². Priebeh povodňovej vlny, ktorá sa vyskytla dňa 21.7.2014 je zobrazený na Obr. 4.



Obr. 4. Povodňová vlna v stanici Stráža – Varínka dňa 21.7.2014

Vodomerná stanica Turany – Čiernik sa nachádza 0,5 km od ústia do Váhu s plochou povodia 2,86 km², prietoky sa v nej vyhodnocujú od roku 1969.

Vplyvom nasýtenosti hornej časti povodia Varínky predchádzajúcimi zrážkami došlo najmä v oblasti Hromového a Stien k vzniku rozsiahlych múrových prúdov. Výška odtrhov sa pohybovala od 25 cm do 140 cm. Odtrhy pôdy vznikali na strmých trávnatých svahoch, kde sa potom veľké kusy pôdy kĺzali po mokrom, trávnom povrchu do nižšie položených miest. V týchto miestach spôsobila masa vody a pôdy mohutnú eróziu, ktorá viedla k vzniku viacerých murových prúdov. Dolná stanica sedačkovej lanovky na Chleb bola úplne zanesená. V okolí údolnej stanice bolo zničených 50 áut, z ktorých niektoré sa nedali ani identifikovať. Cesta z Terchovej do Vrátnej bola zničená a prirodzený vodný tok Varínky pretekajúci Vrátnou dolinou bol úplne zdevastovaný. Účinok povodne bol zvýraznený kamennou lavínou a zosuvom.

Dňa 28.7.2014 pracovníci Slovenského hydrometeorologického ústavu vykonali terénny prieskum s cieľom rekonštrukcie povodňovej vlny. Na základe terénneho prieskumu a stôp po povodni boli vybrané tri priečne profily (Obr. 5), v ktorých boli namerané, resp. odhadnuté parametre potrebné na výpočet kulminačného prietoku: Profil č.1 (Varínka pod chatou Vrátna, profil č.2 (Varínka pod Stohovým potokom- Tiesňavy) a profil č. 3 (Varínka pod Bielym potokom). Na vodomernéj stanici SHMÚ Stráža - Varínka, bol kulminačný prietok 63,4 m³.s⁻¹ (Q_N = 2-5 rokov)



Obr. 5. Vybrané priečne profily na určenie kulminačného prietoku Varínky vo Vrátnej doline

Na výpočet rýchlosti prúdenia vody bola použitá Chézyho rovnica (1), ktorá bola použitá na výpočet kulminačného prietoku (2).

$$v = C\sqrt{R.i} \quad (1)$$

kde

v - priemerná profilová rýchlosť ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

C - Chézyho rýchlostný koeficient ($\text{m}^{0.5}\cdot\text{s}^{-1}$)

R - hydraulický polomer (m), kde $R=F/O$, kde F – plocha prietočného profilu (m^2), O – omočený obvod (m)

i - pozdĺžny sklon hladiny (%)

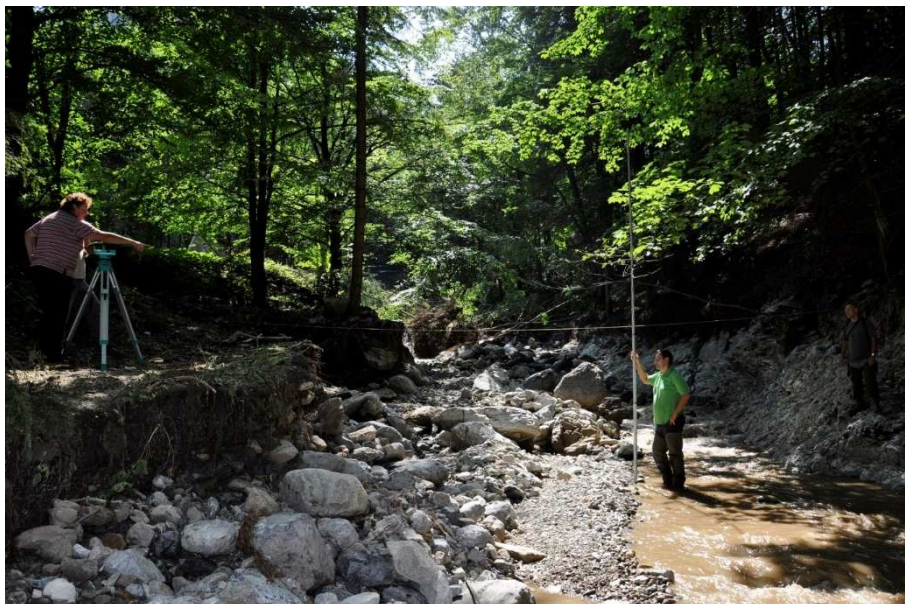
$$Q = F.v \quad (2)$$

kde

Q – kulminačný prietok ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)

F – prietočná plocha (m^2)

v - priemerná profilová rýchlosť ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)



Obr. 6. Zameranie priečného profilu č.1.



Obr. 7. Zameranie priečného profilu č.2.



Obr. 8. Zameranie priečného profilu č.3.

Z nameraných, resp. odhadnutých hodnôt boli vypočítané kulminačné prietoky a následne vyhodnotené ich významnosti (doby opakovania), ktoré sú uvedené v Tabuľke 1.

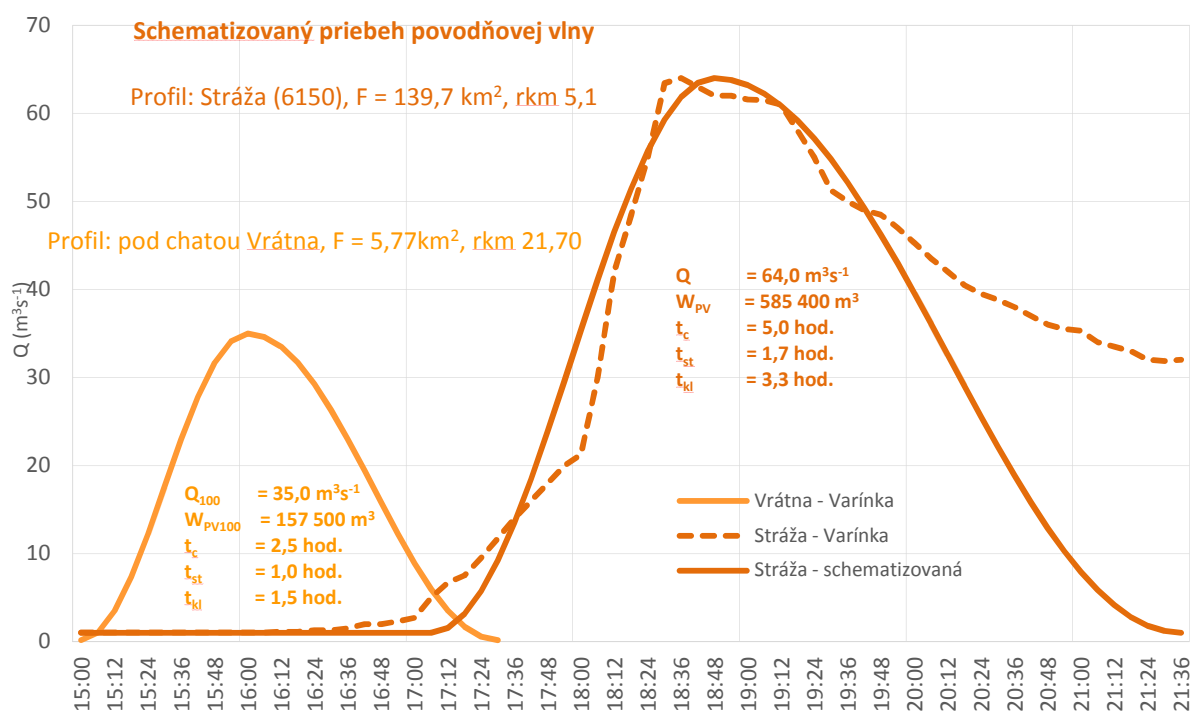
Tabuľka 1. Namerané hodnoty potrebné na stanovenie kulminačného prietoku (21.7.2014)

Profil	1	2	3
rkm	21.70	17.50	15.90
Plocha povodia (km ²)	5.77	28.05	46.54
pozdĺžny sklon (%)	3.37	9.5	0.56 (vzdutý)
F (m ²)	17.31	21.46	36.77
B (m)	12.8	15.5	26
F/B (m)	1.35	1.38	1.41
H max (m)	2.6	2.2	3
O (m)	15.65	17	29.2
R=F/O	1.106	1.260	1.259

v ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	1.93	2.6	1.9
Q_{max} ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)	35	55	60
Q_N	Q 100	Q 20-50	Q 10-20

Q_1 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	2.5	6	10
Q_5 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	10.5	24	34
Q_{10} ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	15.2	36	49
Q_{20} ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	20.0	47	65
Q_{50} ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	27.5	66	91
Q_{100} ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	35.0	84	116

Na základe vypočítaných hodnôt kulminačných prietokov bola pre profil č.1 vytvorená schematizovaná povodňová vlna, ktorá bola porovnaná s prietokovou vlnou zachytenou vo vodomernej stanici Stráža – Varínka (Obr. 9).



Obr. 9. Schematizovaná povodňová vlna pre profil č. 1

Pozn. : Q_{100} - maximálny prietok dosiahnutý alebo prekročený priemerne raz za 100 rokov

W_{pv100} - objem návrhovej povodňovej vlny pri Q_{100}

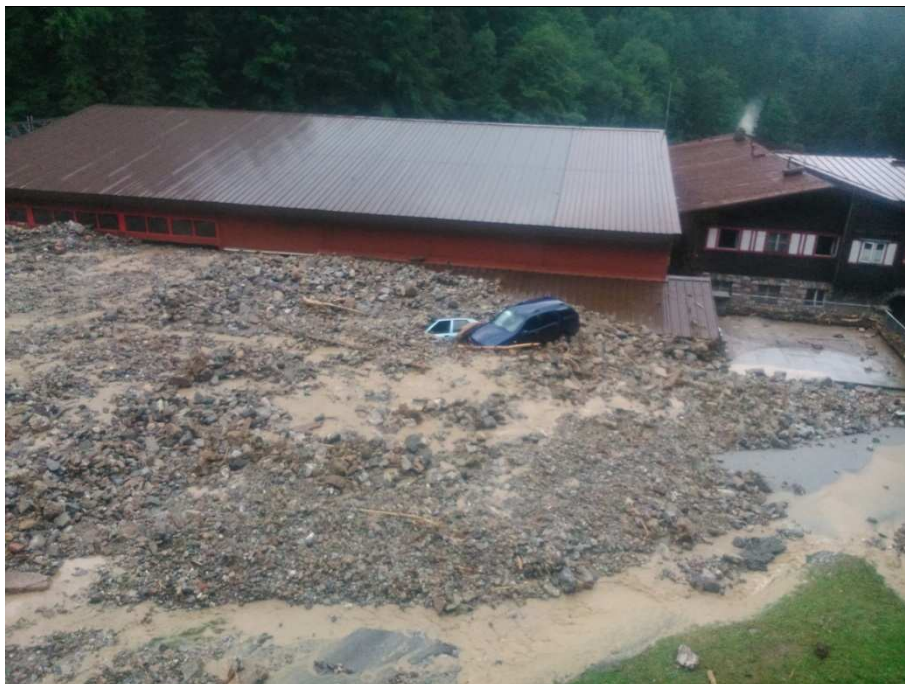
t_c - čas trvania návrhovej povodňovej vlny

t_{st} - čas stúpania návrhovej povodňovej vlny

t_{kl} - čas klesania návrhovej povodňovej vlny



Obr.10. Povodňová situácia vo Vrátnej doline dňa 21.7.2014



Obr.11. Povodňová situácia vo Vrátnej doline dňa 21.7.2014



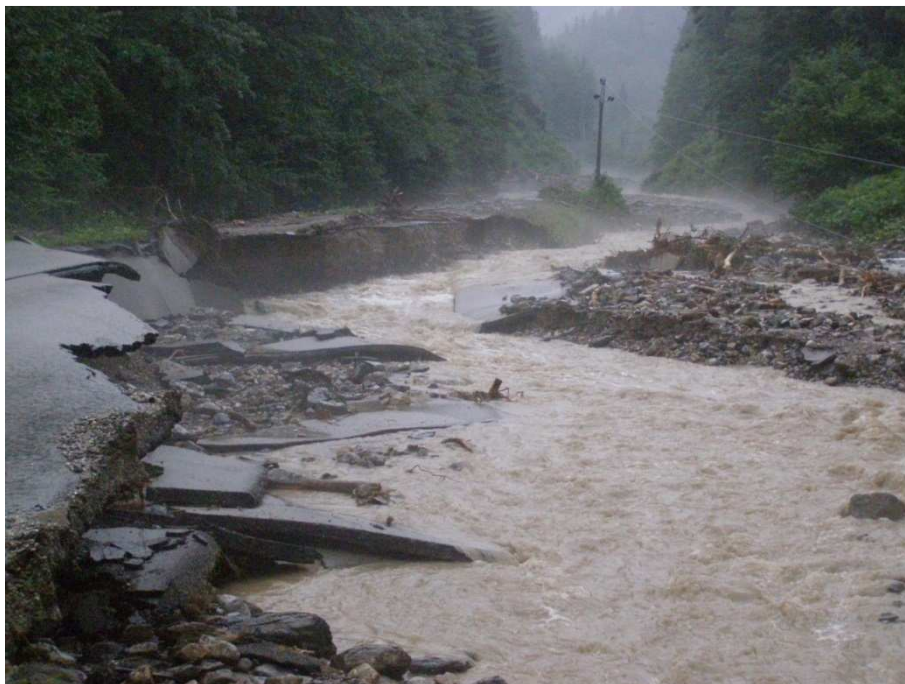
Obr.12. Povodňová situácia vo Vrátnej doline dňa 21.7.2014



Obr.13. Povodňová situácia vo Vrátnej doline dňa 21.7.2014



Obr.14. Povodňová situácia vo Vrátnej doline dňa 21.7.2014



Obr.15. Povodňová situácia vo Vrátnej doline dňa 21.7.2014

Záver

Dňa 21.7.2014 sa pod vplyvom extrémnych zrážok a rozsiahlych zosuvov vytvorila povodňová situácia, ktorá zničila celú hornú časť povodia Varínky a obec Terchová. Do záchranných akcií boli zapojené všetky zložky civilnej obrany a horská služba. Následne bolo vykonaných množstvo činností súvisiacich s odstránením zosunutých nánosov a výstavbou nových komunikácií a objektov, ktoré boli zničené pri povodni. Je až neuveriteľné, že pri takom rozsahu škôd nebol nikto zranený.

Na takéto katastrofy sa pripraviť nedá, sú súhrou situácií, ktoré je zložité až nemožné v náležitom predstihu predpovedať a predchádzať im.

Literatúra

Dub, O. (1957): Hydrológia, Hydrografia, Hydrometria. SVTL Bratislava

NATURAL DISASTER IN VRÁTNA DOLINA ON JULY 21, 2014

On July 21, 2014 the mountain area of Malá Fatra was hit by the range of storms followed by heavy rainfall which caused widespread landslides and flood in Vrátna dolina. Accumulated daily rainfall measured in station Vrátna dolina reached 66 mm, where a substantial proportion of precipitation fell within two hours. On July 28, 2014 fieldwork was performed, in order to reconstruct the flood event (determination of peak flow and its significance on several discharge cross-sections. Based on flood marks, discharge cross-section area, longitudinal surface stream profile, wetted perimeter, maximum depth and width of cross-section were measured, and riverbed roughness, riverbanks roughness and surface velocity were estimated. Peak flow calculated in Chata Vrátna profile (catchment area 5.77 km²) with a peak flow value of 35 m³s⁻¹ represents return period once a 100 years. Peak flow calculated in the cross section below the confluence with Stohový potok - Tiesňavy (catchment area 28.05 km²) has a value of 55 m³s⁻¹ (return period once a 20-50 years). In the village of Terchová below the confluence of the Biely potok (46.54 km²) the peak flow of 60 m³s⁻¹ presents the return period once a 10 - 20 years.

Informácie o autoroch:

Soňa Liová, Ing.

Marcel Zvolenský, Mgr., PhD.

Martin Petrášek, Bc.

SHMÚ

Bôrická cesta 103

011 13 Žilina

Tel.: 041 / 7077 515

Fax: 041 / 7077 512

E-mail: sona.liova@shmu.sk