

**Urbanisticko-krajinárska štúdia  
na ochranu proti prívalovým dažďom v Malokarpatskej oblasti**



**Obstarávateľ:**

Bratislavský samosprávny kraj  
Sabinovská 16, P.O.BOX 106  
820 05 Bratislava

Osoba odborne spôsobilá pre obstarávanie ÚPP a ÚPD podľa §2a zákona č.50/1976 Zb. v platnom znení:

Ing. arch. Mária Rajecká, osvedčenie o odbornej spôsobilosti 077.

**Spracovateľ:**

Univerzita Komenského v Bratislave  
Prírodovedecká fakulta  
Mlynská dolina  
842 15 Bratislava

**Riešiteľský kolektív:**

doc. RNDr. Vladimír Falt'an, PhD. – vedúci riešiteľského kolektívu <sup>1</sup>  
prof. Ing. Libor Janský, CSc.<sup>1</sup>  
RNDr. Norbert Polčák, PhD.<sup>1,2</sup>  
Mgr. Michal Hazlinger, PhD.<sup>3</sup>  
Mgr. Michala Madajová, PhD.<sup>4</sup>  
Mgr. Ján Sládek, PhD.<sup>4</sup>  
Mgr. Libor Burian<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

<sup>2</sup>Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

<sup>3</sup>Ministerstvo životného prostredia, Sekcia vôd, odbor manažmentu povodí a ochrany pred povodňami, Námestie Ľ. Štúra 1, 812 35 Bratislava

<sup>4</sup>Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

## Obsah textovej časti

1. Úvod.....	4
2. Prívalové dažde a bleskové povodne.....	5
3. Vymedzenie riešeného územia.....	7
4. Zhodnotenie požiadaviek vyplývajúcich z územnoplánovacej dokumentácie regiónu.....	8
5. Analýza súčasnej krajinnej štruktúry.....	13
6. Rozbor územia s prezentovaním prívalovými dažďami potenciálne ohrozených lokalít.....	22
Analýza prívalových dažďov v riešenom území a blízkom okolí.....	22
Potenciál riešeného územia pre pôdnu eróziu.....	34
Potenciál riešeného územia pre ohrozenie povodňami.....	45
7. Návrh opatrení sledujúci zníženie a zabránenie devastácie existujúcej krajinnej štruktúry.....	53
Návrh protieróznych opatrení.....	53
Návrh protipovodňových opatrení.....	59
7. Detailné modelovanie zrážkovo-odtokových pomerov a rizikových situácií v povodí Gidry.....	68
8. Záver.....	79
9. Literatúra.....	82

## 1. Úvod

Intenzívna zrážková činnosť koncentrovaná na malom území spôsobuje vznik prívalových povodní. Tie predstavujú rizikové situácie, pri ktorých môžu vzniknúť nielen hospodárske škody, ale zároveň sú hrozbou aj pre obyvateľov dotknutých území. Nezriedka ide o povodia malých potokov, ktoré môžu v priebehu niekoľkých minút zmeniť svoj charakter na divokú rieku odnášajúcu všetko, čo jej stojí v ceste.

Prívalové dažde sú spojené s konvektívnymi javmi, čo je súhrnný názov pre javy spojené s prudkými stúpavými pohybmi vyvolávajúcimi vznik mohutnej kopovitej oblačnosti, búrok, prudkých lejakov, krupobitia, silných nárazov vetra či tornád. Pre svoju zložitosť, malé priestorové rozmery, rýchly, dynamický a nelineárny vývoj patria k javom, ktoré je zložité predpovedať a ich presná predpoveď, pokiaľ ide o lokalitu výskytu a kvantifikáciu prejavov nie je v súčasnosti možná na dobu dlhšiu ako niekoľko desiatok minút. Zároveň však predstavujú jeden z najnebezpečnejších prejavov počasia, ktorý sa u nás vyskytuje. Môžu zapríčiniť bleskové povodne a zosuvy pôdy.

Z uvedených dôvodov je nutné poznať charakter priestorovej štruktúry krajiny nielen na regionálnej, ale aj lokálnej úrovni a identifikovať miesta náchylné na poškodenie prívalovými dažďami a zároveň realizovať opatrenia na zníženie spomínaného rizika.

Urbanisticko-krajinárska štúdia na ochranu proti prívalovým dažďom v Malokarpatskej oblasti rieši špecifické krajinno-ekologické problémy v území a môže byť využitá ako územnoplánovací podklad v procese aktualizácie územnoplánovacej dokumentácie regiónu a dotknutých obcí.

Hlavným cieľom urbanisticko-krajinárskej štúdie je analýza súčasnej krajinnej štruktúry náchylnej na poškodenie prívalovými dažďami (vinohrady, orná pôda, trvalé trávne porasty, lesy, nelesná drevinová vegetácia), rozbor územia s definovaním potenciálne najviac ohrozených území prívalovými dažďami (eróziou pôdy a vznikom bleskových povodní) a návrh všeobecných opatrení sledujúci zníženie a zabránenie devastácie existujúcej krajinnej štruktúry, ako aj škôd v dotknutom urbanizovanom území. Riešené územie zahŕňa Malé Karpaty aj s ich predhorím.

## 2. Prívalové dažde a bleskové povodne

V poslednom čase vplyvom zmien klímy dochádza k častejšiemu výskytu intenzívnych prívalových dažďov a s nimi súvisiacich bleskových povodní. Oba javy patria k prírodným extrémom (prírodné javy vyznačujúce sa významnými dopadmi na prírodu a ľudskú spoločnosť), kde sú zaradené aj zemetrasenia, skalné rútenia, zosuvy, víchrice, krupobitie a pod. Z hľadiska ich prejavu rozlišujeme medzi prírodným nebezpečím, rizikom a katastrofou (Glade, Dikau, 2001).

*Prírodné nebezpečie* (natural hazard) predstavuje pravdepodobnosť výskytu potenciálne škodlivého prírodného javu v čase a priestore.

*Prírodné riziko* (natural risk) je produktom prírodného nebezpečia a citlivosti (vulnerability) ohrozených objektov.

*Prírodná katastrofa* (natural disaster) vzniká pri masívnych dopadoch rizík na ľudskú spoločnosť.

Prívalové dažde a bleskové povodne sú zaradované k hydrometeorologickým extrémom (Brázdil, Kirchner a kol., 2007).

*Prívalové dažde* (torrential rains) sú extrémny meteorologický jav, pri ktorom spadne veľké množstvo zrážok (niekoľko desiatok milimetrov) za krátky čas (niekoľko hodín) na malú ohraničenú plochu, spravidla niekoľko kilometrov štvorcových.

*Bleskové povodne* (flash floods) predstavujú pre obyvateľstvo oproti iným typom povodní (z trvalého dažďa, topenia snehu a pod.) zvýšené riziko najmä prudkým nárastom výšky vodnej hladiny (aj niekoľko metrov za hodinu) a rýchlosti prúdenia vody. Tieto povodne boli v našich podmienkach zaznamenané častejšie v malých povodiach prevažne horských a podhorských oblastí (Blaškovičová a kol., 2011).

Prívalové dažde sa najmä v letných mesiacoch minulých rokov stali pre územie Slovenska významným fenoménom. Zasahujú rôzne lokality od horských (napr. Malá Fatra) po mesto Bratislava. Leto roku 2014 patrilo k daždivejším. Podľa údajov Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) sa na území Slovenskej republiky každý deň od 5. 7. do 17. 8. 2014 na viacerých miestach vyskytovali zrážky. 21. júla 2014 zasiahli prívalové dažde Vrátnu dolinu v Malej Fatre, spôsobili bahenno-blokový prúd (debris flow) a povodeň. Potok Varínka na viacerých miestach podmyl prístupovú cestu do doliny, boli poškodené viaceré ubytovacie zariadenia a dolná stanica lanovky. Za hodinu spadlo vyše 60 mm zrážok. V sobotu 23. augusta 2014 spôsobil intenzívny dážď škody v uliciach Bratislavy. V Mlynskej doline napršalo 64 mm zrážok. Od 11. do 12. septembra 2014 opäť silné dažde zasiahli juhozápad Slovenska. V obci Píla dosiahla Gidra tretí stupeň povodňovej aktivity. Prívalové dažde zaliali cesty II/501 medzi Pernekom a Jabloňovým a I/2 zo Stupavy do Malaciek a na Devínskej ceste medzi Devínskou Novou Vsou a Devínom. Na Záhorí boli zatopené časti viacerých obcí. V oblasti Malých Karpát dosiahli 24-hodinové úhrny zrážok až do 80 mm. Vzhľadom ku klimatickej zmene môžu podobné situácie vzniknúť aj v ďalších rokoch.

Prívalové dažde spôsobujú významné škody i v povodiach malých vodných tokov Malých Karpát. Napríklad 7. júna 2011 spôsobila v popoludňajších a večerných hodinách silná búrka bleskovú povodeň s najväčšími škodami v katastrálnom území obce Píla a v jej okolí (obce Dubová, Častá, Dolňany). Zapríčinili ju intenzívne zrážky spojené s búrkovými jadrami, ktoré vznikali a presúvali sa pozdĺž Malých Karpát. Vysoká vlhkosť v spodných hladinách atmosféry v kombinácii s dostatočne vysokou teplotou vytvorili vhodné podmienky pre tvorbu búrok. Zvyšovanie vertikálneho strihu vetra v popoludňajších hodinách a slabé juhovýchodné prúdenie smerujúce k svahom pohoria podporili vznik viacbunkového búrkového systému, pričom jednotlivé búrkové jadrá postupovali cez postihnuté územie a ďalšie vznikali na úpätí hôr v jeho tesnej blízkosti. Slabé prúdenie zapríčinilo pomalý postup búrkových jadier a tak intenzívne zrážky trvali nad daným územím

dlhšiu dobu. Účinok intenzívnych zrážok bol tiež zvýraznený špecifickosťou reliéfu postihnutého územia, pričom povodie potoka Gidra bolo nad obcou Píla zasiahnuté intenzívnymi zrážkami vo väčšine svojej plochy. Veľké množstvo zrážok, ktoré spadli v krátkej dobe, následne stiekli po svahoch dole do údolia, kde vyvolali povodňovú vlnu. Stanica Modra - Piesok zaznamenala intenzívne zrážky spojené s týmito bunkami o cca 14:00 - 14:30 UTC, následne ich zachytila stanica Častá v čase 14:30 – 15:00 UTC, s okamžitou intenzitou vyše 150 mm/h a hodinovým úhrnom 43 mm. Pomalý postup niekoľkých následných búrkových jadier v kombinácii s vhodným terénom údolia potoka Gidra spôsobil prívalemú povodeň, pri ktorej hladina potoka Gidra kulminovala okolo 15:00 UTC s výškou 226 cm, vysoko nad úrovňou zodpovedajúcou tretiemu stupňu povodňovej aktivity. Výsledné 24 hodinové úhrny zrážok v postihnutej oblasti a blízkom okolí zaznamenané zrážkomernými stanicami boli nasledovné: Modra-Piesok 104 mm, Častá 61 mm, Smolenice 42 mm, Modra 31 mm, Pernek 27 mm, Sološnica 26 mm, Pezinok 25 mm, Limbach 19 mm.

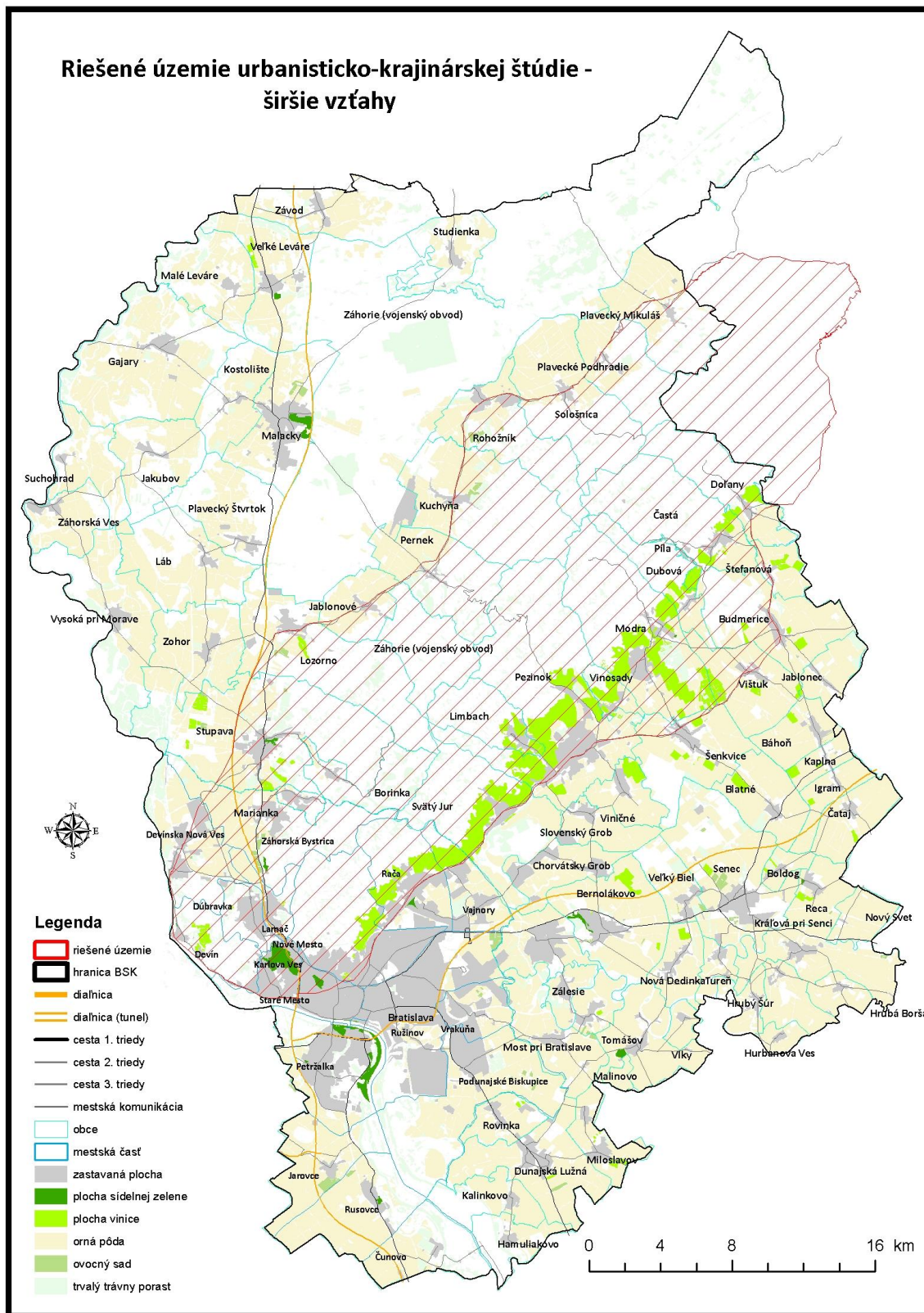
Je potrebné uviesť, že takéto podmienky nie sú neštandardné a ich výskyt v letnom období nad našim územím nie je vôbec zriedkavý. Situácia zo dňa 7.6.2011 je ukážkou typickej prívalemovej povodne, kde kombináciou meteorologických podmienok, tvaru a orientácie reliéfu vzniká nebezpečný poveternostný jav spôsobujúci rozsiahle škody na majetku a ohrozujúci ľudské životy. Prívalemové povodne sa na území Slovenska vyskytujú každoročne, pričom väčšina búrkových situácií predstavuje potenciálne riziko vzniku nebezpečných poveternostných javov. Dynamika vývoja búrkových jadier je veľmi veľká a súčasnými metódami, používanými pre krátkodobé predpovede počasia, založenými najmä na údajoch z modelu ALADIN, resp. ECMWF, nie je možné tieto javy dostatočne a spoľahlivo predpovedať, najmä s ohľadom na presnejšiu špecifikáciu ohrozeného územia a kvantifikáciu očakávaných javov s väčším časovým predstihom. Kľúčovým prvkom teda zostávajú priame merania automatických meteorologických a zrážkomerných staníc a najmä rádiolokačné merania, bez ktorých by detekcia či vydanie aktuálnej výstrahy na búrkové javy neboli vôbec možné. Žiaľ v súvislosti s podhodnoteným financovaním tohto segmentu a s tým súvisiacimi výpadkami v meraniach, je nutné predpokladať zhoršovanie kvality výstrah na nebezpečné poveternostné javy na území Slovenska (Benko, Polčák a kol., 2013). Preto je veľmi významné realizovanie preventívnych opatrení na ohrozených územiach.

Na revitalizačných opatreniach v zasiahnutých územiach sa aktívne podieľali obyvatelia, miestne samosprávy, Bratislavský samosprávny kraj i občianske združenia. Obce tiež mohli čerpať prostriedky na opravy a opatrenia z druhého realizačného projektu revitalizácie krajiny. Vďaka realizácii protipovodňových opatrení a vybudovaním vodozádržnej kapacity nad obcami sa môžu následky ďalších prípadných udalostí zmierniť.

V súčasnosti existuje na internetovom portáli Ministerstva životného prostredia SR Mapa povodňového ohrozenia a Mapa povodňového rizika zahŕňajúce aj z hľadiska bleskových povodní rizikové územie v okolí úpätia Malých Karpát (<http://www.minzp.sk/sekcie/temy-oblasti/voda/ochrana-pred-povodnami/manazment-povodnovych-rizik/povodnove-mapy.html>). Sú spracované v menšej mierke a pre lokálne potreby je dôležité vytvoriť ďalšie, detailnejšie mapy. Do roku 2015 by sa mali realizovať aj Plány manažmentu povodňového rizika.

### 3. Vymedzenie riešeného územia

Riešené územie vymedzené pracovníkmi Úradu Bratislavského samosprávneho kraja zahŕňa Malé Karpaty aj s ich predhorím



Obr. 1. Vymedzenie územia riešeného v štúdiu pre širšie vzťahy

#### 4. Zhodnotenie požiadaviek vyplývajúcich z územnoplánovacej dokumentácie regiónu

V zmysle platného Územného plánu regiónu – Bratislavský samosprávny kraj, ktorý bol schválený uznesením Z BSK č.60/2013 zo dňa 20.09.2013 pre riešené územie platia Záväzné regulatívy územného rozvoja Bratislavského samosprávneho kraja vyhlásené Všeobecne záväzným nariadením Bratislavského samosprávneho kraja č.1/2013 zo dňa 20.09.2013. V kontexte ochrany pred privalovými dažďami majú najväčší význam regulatívy súvisiace s vhodnou priestorovou štruktúrou krajiny, jej protieróznou ochranou a protipovodňové opatrenia.

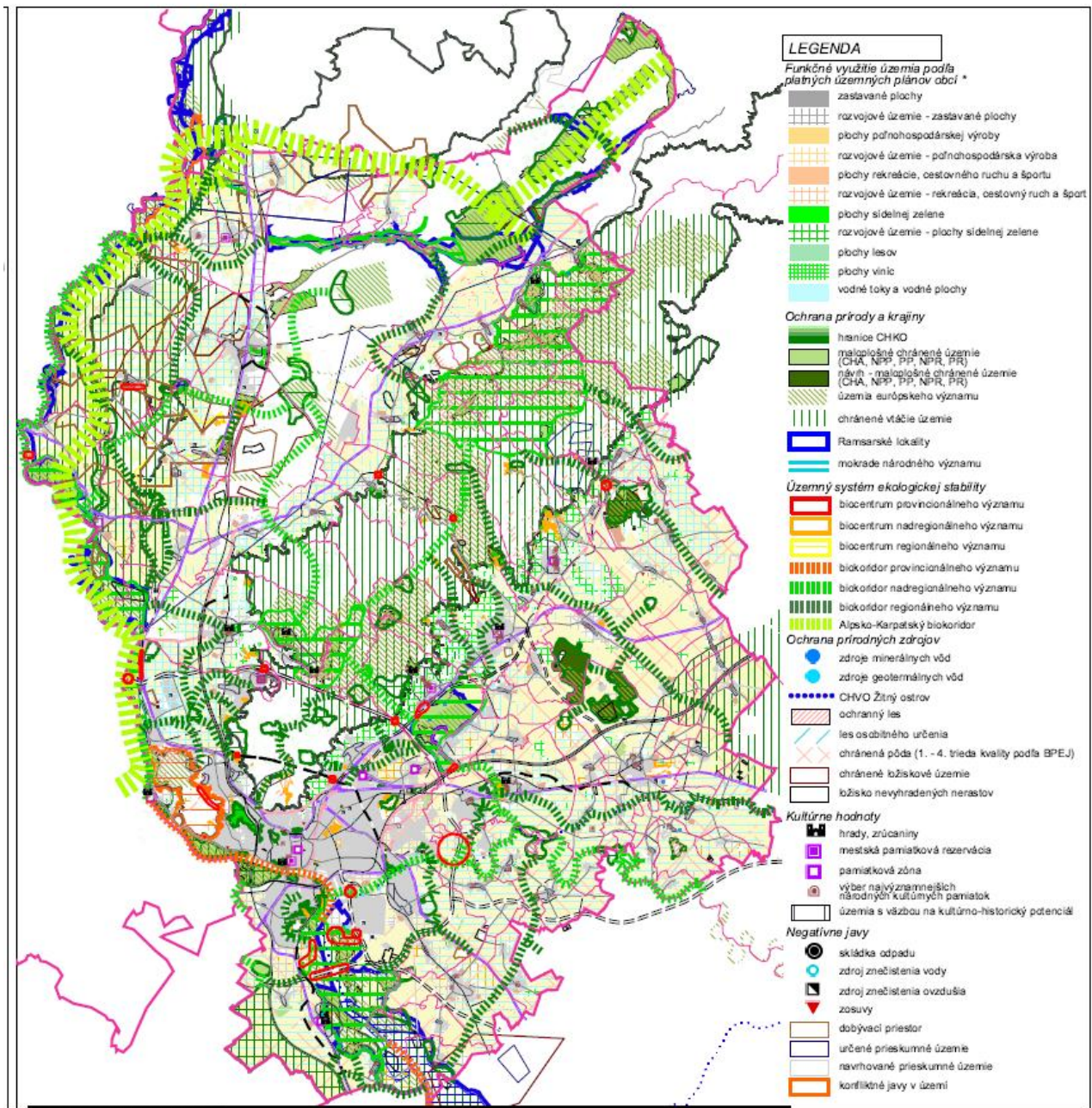
Priestorová štruktúra Záväznej časti Územného plánu regiónu BSK je graficky znázornená v jeho výkrese č. 8. Je to „Schéma záväzných častí riešenia a verejnoprospešných stavieb“ v mierke 1:50 000. Priestorové usporiadanie prvkov záväznej časti je potrebné podrobnejšie vymedziť v nižších stupňoch územnoplánovacej dokumentácie a územnoplánovacích podkladoch. Podľa primárnej štruktúry krajiny a rekreačného potenciálu jadrovú oblasť Malých Karpát predstavuje rekreačná krajina horská lesná. Na malokarpatských juhovýchodných svahoch v okolí ich úpätia sa rozprestiera malokarpatská pezinsko-modranská rekreačná krajina podhorská – vinohradnícka. Zo severozápadnej strany pri úpätiach Malých Karpát sa vyskytuje malokarpatská stupavsko-rohožnícka prevažne bezlesná rekreačná krajina podhorská. Na juhu územia zasahuje pozdĺž toku Vydrice ako prevažne líniový prvok typ rekreačnej krajiny údolnej lužno-lesnej. Nadradené verejné dopravné vybavenie, spájajúce prevažne nodálne prvky – sídla, predstavujú najmä cesty prvej a druhej triedy.

Na väčšinu riešeného územia zasahuje *Chránená krajinná oblasť (CHKO) Malé Karpaty*, s celkovou výmerou 64 610 ha. Bola zriadená Vyhláškou MK SSR č. 64/1976 Zb. zo dňa 5. mája 1976 v znení Zákona NR SR č. 287/1994 Z.z., novelizované Vyhláškou MzP SR č. 138/2001 Z.z. zo dňa 30. marca 2001. Chránená krajinná oblasť CHKO Malé Karpaty je jediné veľkoplošné chránené územie vinohradníckeho charakteru. Malé Karpaty predstavujú okrajové pohorie vnútorných Karpát, rozkladajúce sa v ich juhozápadnom cípe. V území vystupujú granitoidné horniny, vápence, bridlice, fylity, amfibolity a ďalšie horniny jadrových pohorí. Jediná sprístupnená jaskyňa v CHKO je jaskyňa Driny (dlhá 680 m) v Smolenickom kráse, zaujímavá svojou genézou a bohatou sintrovou výzdobou. Z kultúrno - historického aspektu je významná jaskyňa Deravá skala pri Plaveckom Mikuláši, ktorú osídlil človek už v staršej dobe kamennej a jaskyňa Veľká pec pri Vrbovom. Územie z veľkej časti pokrývajú listnaté lesy s bukom, jaseňom štíhlym, javorom horským a lipou. V nižších polohách sa tiež vyskytujú dubo-hrabové lesy.

Na riešenom území sa tiež nachádza viacero chránených území európskej siete NATURA 2000, národných prírodných rezervácií a iných maloplošných chránených území. Na výslunných stráňach Devínskej Kobyly sa nachádzajú významné fragmenty teplomilných lesostepných spoločenstiev. V teplomilných trávinnó - bylinných spoločenstvách rastú tiež hlaváčik jarný, zlatofúz južný, poniklec veľkokvetý, klinček Lumnitzerov. K druhom, ktoré tu majú jediný výskyt na Slovensku, patrí listnatec jazykovitý, ranostaj ľubi, rašetliak skalný. Malé Karpaty majú druhovo pestré živočíšstvo. Zistilo sa tu napr. doteraz 700 druhov motýľov a okolo 20 druhov mravcov. Z bohato zastúpeného vtáctva možno z okolia hradných zrúcanín spomenúť napríklad skaliara pestrého a skaliarika sivého. Sokol rároh má v Malých Karpatoch najhojnejší výskyt na Slovensku. Z ďalších druhov vtákov v oblasti hniezdia napríklad bocian čierny, včelár obyčajný, hadiar krátkoprstý, výr skalný, myšiarka ušatá, lelek obyčajný (Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky).

V kontexte Územného systému ekologickej stability sa na riešenom území nachádzajú biocentrá a biokoridory regionálneho až provincionálneho významu. Z hľadiska ochrany prírody a krajiny sú širšie vzťahy znázornené na časti výkresu č. 8 „Ochrana krajiny, ÚSES“ (Obr. XX).





Obr. 2. Ochrana krajiny, ÚSES. Zdroj: Závazná časť - výkres č. 8. Územný plán regiónu – Bratislavský samosprávny kraj, 2013

V texte záväznej časti Územného plánu regiónu – Bratislavský samosprávny kraj sa nachádzajú viaceré opatrenia smerujúce k ochrane štruktúry krajiny a protipovodňovej ochrane. Priestor je venovaný aj ochrane krajinného rázu Malých Karpát. Záväzné regulatívy územného rozvoja BSK v oblasti regionálnych vzťahov obsahujú okrem iných regulatívy 1.3.8.5 a 1.3.8.6 s cieľom riešiť rozvoj obcí vidieckeho priestoru tak, aby sa v maximálnej miere zachoval ich pôvodný špecifický urbanisticko-architektonický charakter (vinohradnícky, poľnohospodársky, podhorský a pod. v súlade s krajinnými typmi primárnej krajiny) a aby sa zachoval pôvodný charakter a ráz okolitej krajiny (krajinný typ nížinný lužný pozdĺž tokov riek, nížinný lužný poľnohospodársky, podhorský, podhorský vinohradnícky, horský a pod.) a za tým účelom:

1.3.8.6.1. nevytvárať pri rozvoji obcí novú, v krajine samostatne ležiacu zástavbu mimo kompaktného zastavaného územia obcí,

1.3.8.6.2. prehodnotiť v schválených územných plánoch obcí pri ich aktualizácii navrhnutú a ešte nerealizovanú zástavbu mimo kompaktného zastavaného územia obcí,

1.3.8.6.3. vytvárať pri stavebnom rozvoji obcí predpoklady ich kompaktného rozvoja primárnym využívaním voľných, nezastavaných územných častí zastavaného územia obcí a revitalizáciou a znovu využitím opustených stavebných území (tzv. brownfield),

1.3.8.6.4. zabezpečiť pri rozvoji obcí zachovanie charakteristického regionálneho vinohradníckeho krajinného obrazu Malokarpatskej vínnej oblasti,

Zásady funkčného využívania územia z hľadiska rozvoja hospodárstva obsahujú regulatívy významné pri protieróznej ochrane:

2.2.3. navrhovať funkčné využitie územia tak, aby čo najmenej narúšalo organizáciu poľnohospodárskej pôdy a jej využitie a aby navrhované riešenie bolo z hľadiska ochrany poľnohospodárskej pôdy najvhodnejšie,

2.2.4. zohľadňovať pri územnom rozvoji výraznú ekologickú a environmentálnu funkciu, ktorú poľnohospodárska a lesná pôda popri produkčnej funkcii plní,

2.2.5. neuvažovať s novými športovo rekreačnými aktivitami na území ochranných lesov a v lesných masívoch nenavrhovať nové aktivity vyžadujúce zábery lesnej pôdy v ochranných lesoch.

Dôležité úlohy plnia aj zásady a regulatívy starostlivosti o životné prostredie a ochrany krajiny (najmä ochrana ekologicky cenných biotopov, ktoré zároveň plnia vodozdržnú a protieróznú funkciu) – vyberáme k téme najrelevantnejšie:

5.2.1. rešpektovať a zohľadňovať veľkoplošné chránené územia prírody (Chránená krajinná oblasť Dunajské luhy, Chránená krajinná oblasť Malé Karpaty a Chránená krajinná oblasť Záhorie) ako aj legislatívne vymedzené a navrhované maloplošné chránené územia prírody ležiace na území BSK,

5.2.2. rešpektovať a zohľadňovať sústavu chránených území členských krajín Európskej únie NATURA 2000, ktorými sú chránené vtáčie územia Dunajské luhy (SKCHVU007), Malé Karpaty (SKCHVU014), Záhorské Pomoravie (SKCHVU016), Úľanská mokraď (SKCHVU023) a Sysľovské polia (SKCHVU029) ako aj územia európskeho významu (ÚEV) vyhlasované na území Bratislavského kraja podľa aktuálneho stavu, vrátane navrhovaných,

5.2.5. v chránených územiach a v územiach, ktoré sú súčasťou prvkov ÚSES zosúladiť trasovanie a charakter navrhovaných turistických a rekreačných trás s požiadavkami ochrany prírody, usmerňovať pohyb len po už vyznačených trasách,

5.3.1. rešpektovať a zohľadňovať v území BSK vymedzené prvky územného systému ekologickej stability (ÚSES), predovšetkým biocentrá provinciálneho (PBc) a nadregionálneho (NRBc) významu a biokoridory provinciálneho (PBk) a nadregionálneho (NRBk) významu (PBc Devínska Kobyla, PBc Moravsko-dyjský luh, NRBc Bratislavské luhy, NRBc Abrod, NRBc Biele hory, NRBc Šúr, NRBc Rudava, NRBc Dolnomoravská niva, PBk Malé Karpaty), vrátane Alpsko-karpatského biokoridoru, ktoré spolu tvoria zelené hranice štátov a významné medzinárodné migračné trasy,

5.3.2. rešpektovať a zohľadňovať v území BSK vymedzené prvky územného systému ekologickej stability (ÚSES) regionálnej úrovne (regionálne biocentrá a regionálne biokoridory),

5.3.3. podporovať ekologicky optimálne využívanie územia a obnovenie funkčného územného systému ekologickej stability (USES), biotickej integrity krajiny a biodiverzity,

5.3.5. podporovať výsadbu ochranej a izolačnej zelene v blízkosti železničných tratí, frekventovaných úsekov diaľnic a ciest a v blízkosti výrobných areálov

5.3.9. podporovať zakladanie trávnych porastov, ochranu mokradí a zachovanie prírodných depresíí, spomalenie odtoku vody v deficitných oblastiach a zachovanie starých ramien a meandrov v okolí Dunaja, Moravy a Malého Dunaja,

5.3.15. podporovať zachovanie ekologicky významných fragmentov lesov s malými výmerami v poľnohospodársky využívanej krajine, zvyšovať ich ekologickú stabilitu prostredníctvom ich obnovy dlhovekými pôvodnými drevinami podľa stanovištných podmienok.

5.3.13. riešiť rekultivácie vo vinohradníckych oblastiach v zmysle zachovania prirodzených biokoridorov a pri veľkoplošných vinohradoch s eróziou zvyšovať podiel ekostabilizačných prvkov

6.8. Rešpektovať a chrániť pri rozvoji jednotlivých funkčných zložiek v území základné charakteristiky **primárnej krajinnej štruktúry** – nielen ako potenciál územia ale aj ako limitujúci faktor.

6.9. Podporovať a ochraňovať vo voľnej krajine nosné prvky jej estetickej kvality a typického charakteru – vinice a vinohrady, prirodzené lesné porasty, lúky a pasienky, nelesnú drevinovú vegetáciu v poľnohospodárskej krajine v podobe remízok, medzí, stromoradií, ako aj mokrade a vodné toky s brehovými porastmi.

6.12. Formovať **sekundárnu krajinnú štruktúru** v súlade s princípmi trvalo udržateľného rozvoja.

6.13. Prehodnocovať v nových zámeroch opodstatnenosť budovania spevnených plôch v území.

6.14. Identifikovať stresové faktory na území kraja a zabezpečovať ich elimináciu.

6.17. Podporovať budovanie krajinnej zelene ako základného ekostabilizačného systému v krajine s významným krajinotvorným efektom.

6.18. Chrániť lemové/pufrové územia lesných masívov.

6.19. Podporovať zakladanie alejí, stromoradií v poľnohospodárskej krajine.

6.21. Rešpektovať zaplavované pobrežné pozemky neohrádzovaných vodných tokov, ochranné pásma hrádzí v zmysle platného zákona o vodách a inundačné územia ako nezastavateľné, kde podľa okolností uplatňovať predovšetkým trávne, travinno-bylinné porasty.

6.22. Zachovať otvorenú/priechodnú voľnú krajinu.

6.26. **Budovať protipovodňové opatrenia, napr. zatrávňovacie pásy, poldre na svahoch Malých Karpát**, vrátane vinohradníckych území.

6.28. Rešpektovať a chrániť **historické krajinné štruktúry**, legislatívne chránené aj legislatívne nechránené – vytipovať na úrovni obcí legislatívne nechránené cenné súčasné krajinné štruktúry.

6.29. Chrániť a rozvíjať obraz **vinohradníckej krajiny** – vymedziť a spresniť v nižších stupňoch UPD na základe územnoplánovacích, resp. územnotechnických podkladov vinohradníckeho územia (vychádzajúc z evidovaných vinohradníckych plôch) ako územia s existujúcou alebo potenciálnou možnosťou pestovania viniča na vinohradnícku a vinárske aktivity, ako významné prírodné zdroje a

ako charakteristické kompozičné prvky historického a kultúrneho dedičstva kraja a súčasne ako významný hospodársky produkčný prvok Malokarpatskej a Južnoslovenskej vinohradníckej oblasti a jeden z limitujúcich prvkov rozvoja územia so stanoveným špecifickým režimom.

6.33. Chrániť a rozvíjať obraz **poľnohospodárskej krajiny**:

6.35. Obohacovať obraz poľnohospodárskej krajiny prvkami krajinnej zelene s významným krajinotvorným efektom – drobné lesné plochy, lemové spoločenstvá lesov, brehové porasty, aleje, stromoradia, remízky, stromy solitéry, rozptýlená zeleň v poľnohospodárskej krajine.

6.36. **Podporovať udržiavanie hraničných spoločenstiev ako plôch s významnou zadržiavacou (vododržnou), ochrannou a estetickou funkciou.**

Realizácia spomínaných opatrení zároveň prispieva k implementácii Zásad a regulatívov priestorového usporiadania z hľadiska zachovania kultúrno-historického dedičstva v zmysle Európskeho dohovoru o krajine, Európskeho dohovoru o kultúrnom dedičstve, Európskeho dohovoru o ochrane archeologického dedičstva a Deklarácie Národnej rady SR o ochrane kultúrneho dedičstva.

Z ďalších regulatívov patrí k osobitne významným z hľadiska protipovodňovej ochrany regulatív 9.8. V oblasti odkanalizovania a čistenia odpadových vôd **je potrebné venovať zvýšenú pozornosť pravidelnému čisteniu kanalizácií.**

V nasledujúcich častiach našej práce sa budeme venovať hodnoteniu stavu súčasnej štruktúry krajiny riešeného územia, citlivosti geoekosystémov na poškodenie prívalovými dažďami (zosuvy pôdy, povodne a pod.) a všeobecnými návrhmi ochranných opatrení v kontexte regulatívov uvedených v územnom pláne BSK.

## 5. Analýza súčasnej krajinnej štruktúry

Pôvodná prírodná krajina na území súčasného Bratislavského samosprávneho kraja bola za posledné tisícročia pozmenená aktivitou ľudskej spoločnosti a pretvorená na tzv. kultúrnu krajinu. Bratislava je dlhodobo najväčším sídlom na území Slovenskej republiky, preto hospodárska činnosť po stáročia podmieňuje premenu pôvodnej prírodnej krajiny na krajinu kultúrnu a následný postupný proces transformácie vývojových štádií kultúrnej krajiny bol v tomto regióne intenzívny. Premeny krajiny možno dobre pozorovať napríklad v páse územia na prechode medzi východným úpäťm Malých Karpát a Podunajskou nížinou. Typologická klasifikácia kultúrnej krajiny je náročnejšia, ako v prípade prírodnej krajiny, keďže je miestom prieniku prírodných komponentov s rôznym spôsobom zasahujúcimi socioekonomickými aktivitami, reflektujúc potreby, technické a ekonomické možnosti spoločnosti obývajúcej príslušný krajinný priestor (Hanusin a kol., 2013).

Analýzy súčasnej krajinnej štruktúry (SKŠ), teda reálneho stavu zemského povrchu, odrážajú vývoj i terajší spôsob využívania zeme. Výsledky výskumu SKŠ sú dôležité pri modelovaní rizika erózie pôdy a povodní.

Pre presnejší opis a priestorovú charakteristiku SKŠ je v štúdií použitá modifikovaná metodika výskumu krajinnej pokrývky používaného pre krajiny Európskej únie vytvorená v rámci projektu CORINE Land Cover (Feranec a Oľahel, 1999, 2001) upravená pre podrobnejšie mapovanie v mierke 1:50000 (Falt'an, 2005 a Cebecauerová 2007). Krajinná pokrývka (land cover) ako materiálny prejav prírodných a sociálnoekonomických procesov a jej identifikácia je primárna a nevyhnutná podmienka pre analýzu využitia krajiny, príčin a konzekvencií využitia a hodnotenia vplyvu človeka na krajinu, ako aj riešenia problému ekologickej stability (Feranec a Oľahel, 1999).

Pre veľkomierkový výskum krajinnej štruktúry je dôležité získať materiály diaľkového prieskumu Zeme v mierke relevantnej k používaným podkladovým mapám. Na prvotné identifikovanie tried krajinnej pokrývky a ich hraníc pomocou vizuálnej (analogovej) interpretácie boli využité farebné ortofotomapy firmy Eurosense, s.r.o. s rozlíšením 0,4 m z roku 2007, zakúpené Úradom BSK. Interpretácia jednotlivých areálov krajinnej pokrývky prebehla v prostredí ArcGIS metódou „on screen“ v mierke 1:10000. V poľnohospodárskej krajine boli z dôvodov zachytenia jej pestrosti a rôznej odolnosti voči následkom privalových dažďov mapované areály až do minimálnej veľkosti 0,05 ha.

Mapa 1 v Prílohách zobrazuje podrobne krajinnú štruktúru.

V Tab. 1 je vyjadrené zastúpenie typov súčasnej krajinnej štruktúry vyskytujúcich sa na záujmovom území. Z hľadiska základných typov využitia zeme na sledovanom území prevládajú lesné areály (takmer 65%). Poľnohospodárske areály pokrývajú viac ako štvrtinu plochy (26%), urbanizované a technizované areály asi jedenástinu (cca 9%) a zvyšných 0,35% územia tvoria vodné plochy a zamokrené areály (Mapa 1).

Nasleduje opis jednotlivých mapovaných tried.

## Urbanisticko-krajinárska štúdia na ochranu proti privalovým dažďom v Malokarpatskej oblasti

Kód v GIS	Názov triedy	Počet areálov	Rozloha	
			%	ha
<b>Urbanizované a technizované areály</b>		<b>1425</b>	<b>8.948511</b>	<b>5622.701</b>
1	Súvislá sídelná zástavba	9	0.115748	72.7289
2	Nesúvislá zástavba s viacposchodovými budovami prevažne bez záhrad	104	1.380905	867.6768
3	Nesúvislá zástavba rodinných domov so záhradami	338	3.331781	2093.489
4	Nesúvislá zástavba s rozptýlenou zeleňou	127	0.225136	141.4619
5	Priemyselné a obchodné areály	240	1.141554	717.2831
6	Areály špeciálnych priemyselných zariadení	28	0.12691	79.74262
7	Cestná sieť a príľahlé areály	60	0.633879	398.2909
8	Železničná sieť a príľahlé areály	15	0.108551	68.20687
9	Letiská	1	0.008287	5.206808
10	Areály ťažby nerastných surovín	8	0.186765	117.3517
11	Areály skládok (smetiská)	6	0.054347	34.14814
12	Areály výstavby	100	0.378058	237.5484
45	Areály povrchovo devastované, deštruované	107	0.179378	112.7102
13	Parky, mestská a obecná zeleň	65	0.222102	139.5553
14	Cintoríny	35	0.077407	48.63783
15	Areály športu	80	0.208397	130.9437
16	Areály zariadení voľného času	102	0.569308	357.7185
<b>Poľnohospodárske areály</b>		<b>2467</b>	<b>26.07322</b>	<b>16382.83</b>
17	Orná pôda prevažne bez rozptýlenej (líniovej a bodovej) vegetácie	108	5.74749	3611.374
18	Orná pôda s rozptýlenou (líniovou a bodovou) vegetáciou	56	4.682815	2942.397
19	Vínice bez rozptýlenej (líniovej a bodovej) vegetácie	347	3.349861	2104.849
20	Vínice s rozptýlenou (líniovou a bodovou) vegetáciou	121	1.155142	725.8211
29	Neobhospodarované vlnice s prevahou rozptýlenej vegetácie (s výrazným zastúpením prirodzenej vegetácie)	127	1.098806	690.4227
21	Sady	26	0.406038	255.1297
22	Lúky a pasienky (trávne porasty) prevažne bez stromov a krov	520	1.309971	823.1061
23	Lúky a pasienky (trávne porasty) so stromami a krovami	526	2.327981	1462.762
25	Mozaika poľí, lúk a trvalých kultúr bez rozptýlených domov (chát)	289	1.836203	1153.758
26	Mozaika poľí, lúk a trvalých kultúr s rozptýlenými domami (chatami)	155	1.340778	842.4634
28	Areály s výrazným podielom prirodzenej vegetácie a tráv	170	2.67217	1679.029
46	Areály s výrazným podielom prirodzenej vegetácie a vlníc	22	0.14597	91.71879
<b>Lesné a poloprirodné areály</b>		<b>2549</b>	<b>64.6248</b>	<b>40606.3</b>
30	Lesné porasty so súvislým zápojom korún	460	55.78408	35051.33
31	Lesné porasty s nesúvislým zápojom korún	606	2.842226	1785.882
37	Skalné areály	34	0.04391	27.59068
38	Pláže a piesky	4	0.002313	1.45364
39	Výrubu, mladina (nálet) po výruboch	871	4.511988	2835.059
40	Kroviny	567	1.428843	897.7981
41	Lesné škôlky	7	0.011432	7.182966
<b>Zamokrené areály</b>		<b>12</b>	<b>0.014333</b>	<b>9.006237</b>
42	Močiare	12	0.014333	9.006237
<b>Vody</b>		<b>65</b>	<b>0.339135</b>	<b>213.0918</b>
44	Vodné plochy	65	0.339135	213.0918
<b>Celkový súčet</b>		<b>6518</b>	<b>100</b>	<b>62833.93</b>

Tab. 1. Zastúpenie jednotlivých typov krajinnej pokrývky na riešenom území

## Urbanizované a technizované areály

Urbanizované a technizované areály predstavujú najviac človekom pozmenené typy krajiny. Prevládajú v nich umelé povrchy, zástavba a komunikácie, lokálne sa vyskytuje sídelná zeleň. Dominujú v Bratislave a centrálnych častiach katastrálnych území jednotlivých obcí.

Patria k areálom s najväčším potenciálnym rizikom škôd spôsobených prívalovými dažďami na ľudskú spoločnosť. Z týchto typov areálov sú najväčšou mierou zastúpené kategórie Nesúvislá zástavba s viacposchodovými budovami prevažne bez záhrad (Obr. 3) a Nesúvislá zástavba rodinných domov so záhradami (Obr. 4).



Obr. 3. Bratislava - Dlhé Diely. Foto: J. Sládek



Obr.4. Doľany. Foto: J. Sládek

### ***Súvislá sídelná zástavba***

Tento typ krajinej pokrývky sa na sledovanom území vyskytuje v menšom počte areálov. Predstavujú ho historické centrá miest s hustou zástavbou a námestiami spoločne s verejnými administratívnymi a obchodnými budovami, cestami, parkoviskami a umelými povrchmi, pokrývajúcimi viac ako 80% povrchu. Sídelná zeleň sa vyskytuje iba sporadicky.

### ***Nesúvislá zástavba s viacposchodovými budovami prevažne bez záhrad***

Viacposchodové budovy prevažne bez záhrad dominujú v mestských častiach Bratislavy s prevažujúcou obytnou funkciou a vyskytujú sa tiež v Pezinku, Modre a Stupave. Súčasťou spomínaných areálov je aj sídlisková zeleň (trávniky, stromy, kry), menšie námestia, obslužné komunikácie, parkoviská, v menšej miere administratívne a servisné budovy.

### ***Nesúvislá zástavba rodinných domov so záhradami***

Areály rodinných domov predstavujú podstatnú časť urbanizovaného územia, najmä v okrajových častiach Bratislavy a centrálnej časti katastrálnych území všetkých ostatných obcí. Ich podstatná časť je tvorená domami so záhradami a trávnikmi, vyskytujú sa aj menšie ovocné sady. V rámci triedy sú tiež obslužné komunikácie, prípadne malé športoviská a domy s prevádzkami poskytujúcimi služby.

### ***Nesúvislá zástavba s rozptýlenou zeleňou***

Uvedený typ krajiny má relatívne väčšiu ekologickú stabilitu oproti doteraz spomínaným. Stromová a ostatná zeleň v ňom dosahuje minimálne 50% plochy, predstavuje vhodný habitat pre vtáctvo a drobné cicavce.

### ***Priemyselné a obchodné areály***

Reprezentujú ich areály výrobných podnikov, skladov, obchodov, poľnohospodárskych podnikov s nezastavanými príľahlými plochami, výstavné areály, areály služieb. Významnú časť tvoria umelé povrchy. Ich veľká koncentrácia sa prejavuje v Bratislave a okolí, k najrozsiahlejším patrí závod Volkswagen Slovakia, a.s. pri Devínskej Novej Vsi. V menšej miere sa nachádzajú aj v katastrálnych územiach vidieckych obcí.

### ***Areály špeciálnych priemyselných zariadení***

Sú tvorené areálmi technickej infraštruktúry, patria sem čističky odpadových vôd, objekty transformátorov, testovacie plochy pre dopravnú techniku a vojenské zariadenia.

### ***Cestná sieť a príľahlé areály***

Typ krajiny pokrývky zahŕňa hlavné pozemné dopravné komunikácie - cestnú sieť spájajúcu jednotlivé sídla vrátane príľahlých parkovísk, cestných servisných zariadení, násypov a mostov.

### ***Železničná sieť a príľahlé areály***

Na územie zasahuje najmä železničná trať Bratislava – Žilina a Bratislava – Kúty vrátane príľahlých zariadení, staničných budov, násypov a mostov.

### ***Letiská***

Letisko spoločne s povrchom vzletovej a pristávacej dráhy s príľahlou trávnu vegetáciou a infraštruktúrou budov.

### ***Areály ťažby nerastných surovín***

Otvorené ťažobné priestory s dominanciou ťažby vápenca, prípadne iných stavebných materiálov sú viazané na vhodný geologický substrát.

### ***Areály skládok (smetiská)***

Skládky verejného a priemyselného odpadu sú prevažne lokalizované v okrajových častiach území obcí.

### ***Areály výstavby***

Predstavujú areály rozostavaných budov, priemyselných a dopravných objektov a s nimi spojených zemných prác.

### ***Areály povrchovo devastované, deštruované***

Sú reprezentované areálmi opustenísk, s poškodenou pôdnou a vegetačnou pokrývkou.



### ***Parky, mestská a obecná zeleň***

Sídlná zeleň má okrem iných významnú estetickú a hygienickú funkciu. Vhodne vysadené dreviny zároveň chránia pôdu pred eróziou. Areály kultivovanej trávnej, stromovej, krovinej vegetácie a vysadených kvetín sa vyskytujú vo väčšine obcí, majú väčšie zastúpenie v Bratislave, ale aj v k.ú. Pezinka, Píly a Budmeríc.

### ***Cintoríny***

Areály cintorínov s vegetáciou sú lokalizované v okrajových častiach intravilánov, ale tiež v blízkosti centra obcí. K najväčším na území patrí cintorín v Slávičom údolí v Bratislave.

### ***Areály športu***

Areály štadiónov a ihrísk sú zväčša lokalizované v intravilánoch miest a vidieckych obcí, lyžiarske svahy s vlekmí v extraviláne pod okolitými lesmi.

### ***Areály voľného času***

Prevažujú areály s rekreačnou funkciou tvorené chatami s príľahlou vegetáciou, patria sem tiež zoologické záhrady. K najväčším takto využívaným plochám patrí ZOO Bratislava.

### **Pol'nohospodárske areály**

Reprezentujú ich areály kultúrnej krajiny so zameraním prevažne na pestovanie rôznych plodín. V riešenom území prevládajú veľkoplošné polia a vinohrady, charakteristické najmä pre úpätné polohy juhovýchodnej časti Malých Karpát. Patria k areálom ohrozeným hlavne eróziou pôdy (orba po spádnici), osobitne sa to týka hlavne kategórie Orná pôda prevažne bez rozptýlenej (líniovej a bodovej) vegetácie (Obr. 5).



Obr. 5. Orná pôda medzi Častou a Doľanmi. Foto: J. Sládek

### ***Orná pôda prevažne bez rozptýlenej (líniovej a bodovej) vegetácie***

Areály ornej pôdy, na ktorej sú pestované obilniny, strukoviny, priemyselné plodiny, lokálne okopaniny, krmoviny, jahody, zelenina. Predstavujú prevažne veľkoplošné polia, zastúpené na celkovej ploche riešeného územia viac ako piatimi percentami. Najväčšie zastúpenie majú v k.ú. Šenkvice, Vištuk, Dubová, Častá, Budmerice, Stupava.

### ***Orná pôda s rozptýlenou (líniovou a bodovou) vegetáciou***

Areály ornej pôdy s pestovaním vyššie uvedených plodín a výskytom remízok, krov a stromov celkovo do 20% plochy. Trieda obsahuje aj areály ornej pôdy neobrábanej do 3 rokov. Vyskytujú sa

najmä v Bratislave (v trojuholníku medzi mestskými časťami Devínska Nová Ves – Lamač – Záhorská Bystrica), v okolí obcí Lozorno, Jablonové, Pernek, Plavecký Mikuláš, Plavecké Podhradie, Rohožník a Stupava.

#### ***Vinice bez rozptýlenej (líniovej a bodovej) vegetácie***

Predstavujú najviac zastúpené trvalé kultúry prevažne veľkoplošných vinogradov bez rozptýlenej stromovej a krovinej vegetácie. Dominujú v poľnohospodárskej krajine okolia Pezinka, Vinosadov, Modry, Dubovej, Častej a Dolian.

#### ***Vinice s rozptýlenou (líniovou a bodovou) vegetáciou***

V rámci areálov obrábaných viníc sa nachádzajú lokálne tiež krajové ovocné stromy, rôzne kroviny a remízky. Predstavujú pôvodné autentické historické štruktúry kultúrnej krajiny. Sú rozptýlené hlavne po východnom úpätí Malých Karpát, vo väčšej miere sa vyskytujú v okolí Rače, Svätého Jura, Limbachu a Pezinka.

#### ***Neobhospodarované vinice s prevahou rozptýlenej vegetácie (s výrazným zastúpením prirodzenej vegetácie)***

Sú špecifickým typom krajinnej pokrývky, predstavujú opustené vinice s výskytom sukcesných štádií rastlinných spoločenstiev, pri dlhšie neobhospodarovaných vrátane prechodných lesokrovín. Nachádzajú sa v Devíne, nad Račou, Svätým Jurom v okolí časti Neštich, Limbachom a v okolí Pezinka, na juhovýchode medzi Modrou a Kráľovou.

#### ***Sady***

Areály ovocných sádov so zameraním na pestovanie rôznych plodín (jablone, hrušky, slivky, čerešne, višne, broskyne, marhule a pod.). Významnejšie plochy zaberajú sady v okolí Záhorskej Bystrice, Marianky, Stupavy, Jablonového a Kuchyne.

#### ***Lúky a pasienky (trávne porasty) prevažne bez stromov a krov***

Areály trávnych porastov bez rozptýlenej vegetácie (menej ako 15% remízok, líniových porastov, krovín). Nachádzajú sa najmä vo vrcholových častiach Malých Karpát v severnej časti záujmového územia, v okolí Pezinka, Limbachu a Svätého Jura, ale aj medzi Stupavou a Borinkou.

#### ***Lúky a pasienky (trávne porasty) s rozptýlenými stromami a krami***

Areály trávnych porastov so zastúpením rozptýlenej drevinnej vegetácie v rozsahu 15 až 40% plochy). Väčšie zastúpenie majú nad obcami Stupava, Lozorno, Jablonové a Pernek, menšie plochy sa nachádzajú roztrúsene v Malých Karpatoch, najmä v oblasti medzi Dolňami a Modrou, Kuchyňou a Plaveckým Mikulášom, v Devínskej lesostepi medzi Devínskou Novou Vsou a Devínom, ako aj v okolí vinogradov Rače a Svätého Jura.

#### ***Mozaika polí, lúk a trvalých kultúr bez rozptýlených domov (chát)***

Heterogénne poľnohospodárske areály vytvorené striedaním parciel s jedno- a viacročnými plodinami, trávnyimi porastami a trvalými kultúrami vrátane záhumienok. Nachádzajú sa hlavne na okrajoch vidieckych sídel.

#### ***Mozaika polí, lúk a trvalých kultúr s rozptýlenými domami (chatami)***

Patria sem heterogénne poľnohospodárske areály prevažne v záhradkových osadách s chatami pri sídlach, v súčasnosti vo viacerých lokalitách i s rekreačnou funkciou. Výraznejšie sú zastúpené v okolí Stupavy, Marianky, Devína, Lamača, Rače a Záhorskej Bystrice.

#### ***Areály s výrazným podielom prirodzenej vegetácie a tráv***

Lokality s postupným znižovaním intenzity poľnohospodárskej produkcie a prebiehajúcou sukcesiou vegetácie. Trávne porasty prevažujú nad plochami ornej pôdy, vyskytujú sa prechodné

lesokroviny a remízky lesa. Typické sú pre okrajové polohy extravilánov, v minulosti využívané polia pri lesných celkoch. Viac sa vyskytujú na západných úbočiach Malých Karpát, na východe sa väčšie plochy nachádzajú severne od Pezinka a medzi Modrou a Šenkvicami.

### **Areály s výrazným podielom prirodzenej vegetácie a viníc**

Plochy s prejavmi ústupu záujmu o vinohradnícku produkciu a prebiehajúcou sukcesiou vegetácie. Vyskytujú sa tu tiež rôzne druhy ovocných drevín, prechodné lesokroviny až remízky lesa. Typické sú pre okrajové polohy extravilánov, v minulosti využívané polia pri lesných celkoch. Lokálne sa vyskytujú v okrajových polohách juhovýchodných úbočí Malých Karpát.

### **Lesné a poloprírodné areály**

Areály na lesnej pôde prevládajú na riešenom území, tvoria takmer tri štvrtiny plochy. Lesy dominujú na svahoch a vo vrcholových polohách Malých Karpát (Obr. 6). Lesné porasty tvoria najmä dubovo-hrabové lesy a bučiny, lokálne sa vyskytuje aj výsadba ihličnatých kultúr. Lesné areály patria k ekologicky najstabilnejším typom krajiny územia. Oblasti nezalesnených rúbaniska a lesných ciest, zväznic bez rigolov sú tiež ohrozené eróziou pôdy.

### **Lesné porasty so súvislým zápojom korún**

Priemerný zápoj lesných (listnatých, ihličnatých i zmiešaných) porastov je v tejto kategórii väčší ako 80%, pokrývajú spolu viac ako 55% celého územia. Tvoria ich prevažne dospelé porasty hospodárskych, ochranných lesov i lesov osobitného určenia. V centrálnej časti Malých Karpát dominujú zonálne bučiny (*Fagenion p.p.*, *Dentario bulbiferae-Fagetum*, *Dentario glandulosae-Fagetum*), na miestach s významným zastúpením vápencov aj vápnomilné bučiny (*Cephalanthero-Fagenion*). V nižších polohách prevládajú karpatské dubovo-hrabové lesy (*Carici-Pilosae carpinetum*). Fragmenty teplomilných dubových lesov (*Quercus pubescens*, *Quercus cerris*) sú charakteristické pre zalesnené svahy výslnných strání Devínskej Kobyly. Lokálne sa vyskytujú i zmiešané porasty (vrátane starších pionierskych lesov so zápojom korún) a kultúry ihličnatých drevín (smrekov, borovic, smrekovca).



Obr. 6. Karpatské dubovo-hrabové lesy v okolí obce Píla. Foto: V. Falt'an

### ***Lesné porasty s nesúvislým zápojom korún***

Lesy (listnaté, ihličnaté a zmiešané) so zápojom korún menším ako 80%., pokrývajú necelé 3% riešeného územia. Mapovacia jednotka zahŕňa tiež mladé lesné porasty vrátane pionierskych lesov a vývojové štádia lužných lesov. Vyskytujú sa mozaikovito v lesoch Malých Karpát.

### ***Výrubu, mladina (nálet) po výruboch***

Patria k najčastejšie sa vyskytujúcim typom areálov Malých Karpát v počte 871 vzhľadom k významnému zastúpeniu hospodárskych lesov na riešenom území. Reprezentujú ich areály po výruboch s vysadenou mladinou alebo prirodzenou regeneráciou lesa.

### ***Kroviny***

Areály s prevažujúcou krovinnou vegetáciou (*Crataegus sp.*, *Rosa sp.*, *Corylus avellana*, *Prunus spinosa* a pod.), lokálne so stromami, ktoré ale nevytvárajú súvislý zápoj. Sú charakteristické pre okrajové oblasti poľnohospodárskej krajiny severozápadného i juhovýchodného úpätia Malých Karpát, často tvoria aj hranice pozemkov a rastú na medziach.

### ***Lesné škôlky***

Areály s pestovaním sadeníc lesných drevín s malým plošným zastúpením.

### ***Skalné areály***

Areály skalných brál a sutí lokálne porastené riedkou vegetáciou. Vyskytujú sa ostrovčekovite na výstupoch skalného podložia.

### ***Pláže a piesky***

Najmenej zastúpený typ krajinnej pokrývky (4 areály, 0,002%) v sledovanom regióne vyskytujúci sa na brehu Dunaja a na lokalite Sandberg v Devínskej Novej Vsi.

### ***Zamokrené areály***

Prevažujú v údolných polohách, na nivách. Patria k ekostabilizujúcim prvkom krajiny. Boli mapované v rámci jedného typu močiarnej krajiny.

### ***Močiare***

Areály sladkovodných močiarov väčšinou s porastmi trstia, pálok a inej vlhkomilnej vegetácie s akumulovanou vrstvou organického materiálu. Sú sezónne alebo permanentne zaplavované vodou. Typickým príkladom sú tzv. „šúry“. Najväčšia plocha sa v študovanom území nachádza pri vodnej nádrži Budmerice a Hájiček medzi obcami Budmerice a Častá.

### ***Vody***

V tejto kategórii boli mapované vzhľadom k mierke mapy významnejšie vodné toky ako líniové prvky (okrem Dunaja) a vodné plochy formou areálu. V prípade bleskových povodní patrí okolie vodných tokov, hlavne nižší a vyšší stupeň nivy (Obr. 7), k najohrozenejším lokalitám.



Obr. 7. Niva potoka v katastrálnom území obce Doľany. Foto: V. Falt'an

### ***Vodné plochy***

Areály vodných plôch sa vyskytujú vo väčšine katastrálnych území (Obr. 8), k najväčším patria plochy v okolí Budmeríc, Lozorna, Vištuku, Šenkvic, Kuchyne a Rohožníka.



Obr. 8. Rybník, Častá. Foto: J. Sládek

## 6. Rozbor územia s prezentovaním prívalovými dažďami potenciálne ohrozených lokalít

### Analýza prívalových dažďov v riešenom území a blízkom okolí

Prívalové povodne, vznikajúce pri intenzívnej zrážkovej činnosti, **prívalových dažďoch**, na malom území, sú spojené s konvektívnymi javmi, čo je súhrnný názov pre javy spojené s prudkými stúpavými pohybmi vyvolávajúcimi vznik mohutnej kopovitej oblačnosti, búrok, prudkých lejakov, krupobitia, silných nárazov vetra, či tornád. Pre svoju zložitosť, malé priestorové rozmery, rýchly, dynamický a nelineárny vývoj patria k javom, ktoré je zložité predpovedať a ich presná predpoveď, pokiaľ ide o lokalitu výskytu a kvantifikáciu prejavov nie je v súčasnosti možná na dobu dlhšiu ako niekoľko desiatok minút. Zároveň však predstavujú jeden z najnebezpečnejších prejavov počasia, ktorý sa u nás vyskytuje. Zachytiť prívalovú vlnu, ktorá vzniká dôsledkom silných zrážok prakticky nie je vo väčšine prípadov možné a dovtedy malý potôčik sa v priebehu niekoľkých minút zmení na dravú rieku, ktorá odnáša všetko čo jej stojí v ceste. **Prívalové dažde prejavujú svoje ničivé účinky najmä pôdnou eróziou a vznikom bleskových povodní.**

#### *Získanie meteorologických údajov*

Pre spracovanie údajov sme použili kompletné metadáta z meteorologických, klimatologických, zrážkomerných a hydrologických staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) za obdobie rokov 1983 – 2014. Celkovo sme zhodnotili 17 staníc s minútovým režimom a 60 staníc s denným režimom zberu dát. Stanice boli vybrané z riešeného územia a blízkeho okolia geomorfologických celkov: Malé Karpaty, Myjavská pahorkatina, Podunajská nížina, Záhorská nížina. Pri analýze predmetného územia boli použité len overené dáta a pre naše potreby vybrané stanice. Údaje boli získané z minútových meraní z ombrografických pásov meracích zariadení typ IBA 890, váhových automatických zrážkomerov typu MPS a TRWS2 a preklápacích automatických zrážkomerov typu Lambrecht, MR3H, PAAR - AP23.

#### *Kontrola meteorologických údajov*

Metadáta zo staničnej siete SHMÚ prešli nasledovnou kontrolou:

- Údaje boli kontrolované porovnaním s údajmi z najbližších reprezentatívnych okolitých zrážkomerných staníc a záznamov z radarových snímok.
- Porovnávali sa aj iné možné typy automatických zrážkomerov, ktoré sa na stanici nachádzali v tom istom čase (váhové, preklápacie, ombrografy) s údajmi na najbližšej reprezentatívnej zrážkomernej stanici
- Porovnával sa klimatický denný úhrn z klasických meraní od 7h do 7h nameraný pozorovateľom s vypočítaným úhrnom zrážok z automatiky v rovnakom čase (výsledné hodnoty museli byť porovnateľné)
- Vyhodnocované boli maximálne namerané úhrny zrážok za 1 minútu, 5 minút a 15 minút. Údaje nesmeli presahovať určitú maximálnu možnú hodnotu (Šamaj, Valovič, 1973) V prípade presiahnutia hodnôt bolo riešené, či daný úhrn bol možný, resp., či boli v daný deň zaznamenané napr. silné búrky alebo krúpy (aj s pomocou radarových záberov – tam, kde boli k dispozícii)
- Identifikáciou niekoľkonásobných po sebe idúcich rovnakých údajov – porovnanie s inými možnými údajmi
- Analýza osamotených vysokých hodnôt

**Metodika spracovania údajov**

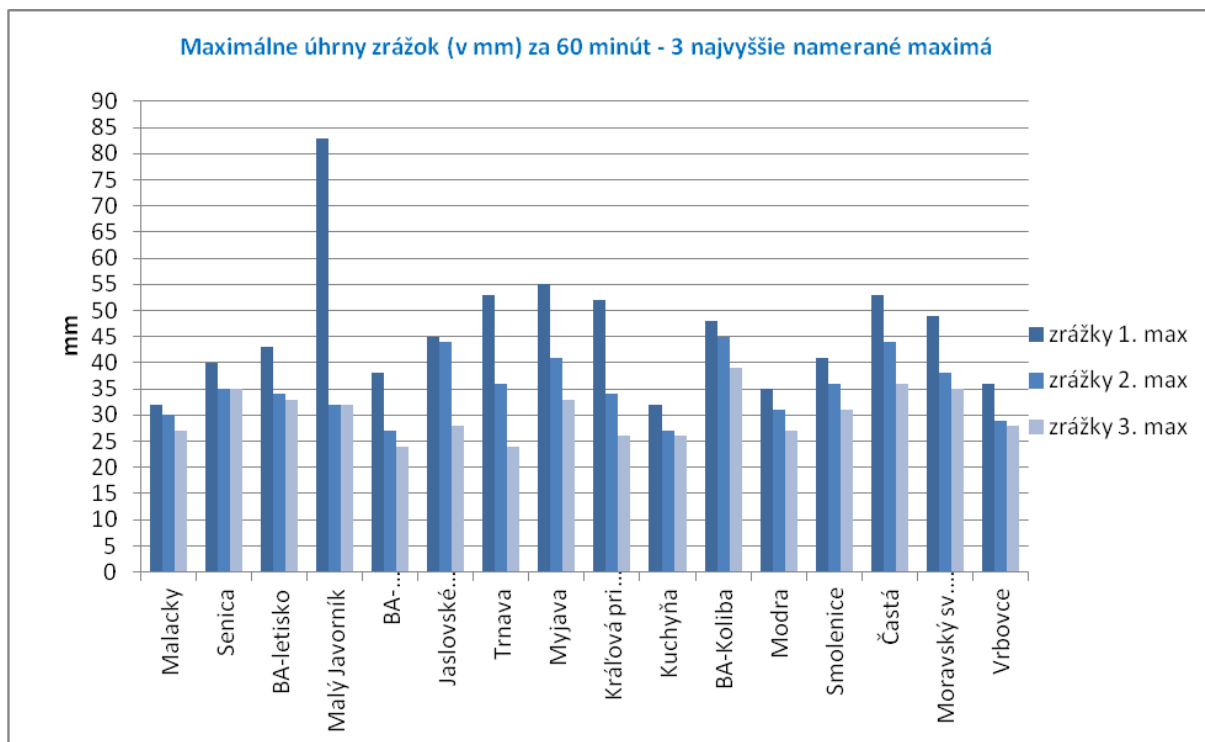
Spracovali sme intenzity zrážok za nasledovné intervaly: 30 min., 60 min., 120 min., 180 min., a 24 h za obdobie rokov 1983 – 2014. Údaje sme spracovali kľzavým spôsobom, čo nám umožnilo spracovanie intenzít zrážok v ktoromkoľvek čase. Pre každú stanicu boli prezentované 3 maximálne úhrny zrážok za horeuvedené časové intervaly aj s presným časovým vymedzením výskytu. Takto sme získali prehľad o maximálnych možných úhrnoch zrážok v jednotlivých časových intervaloch v území, ktoré boli reálne namerané (Tab. 2, Graf 2).

**Výsledky**

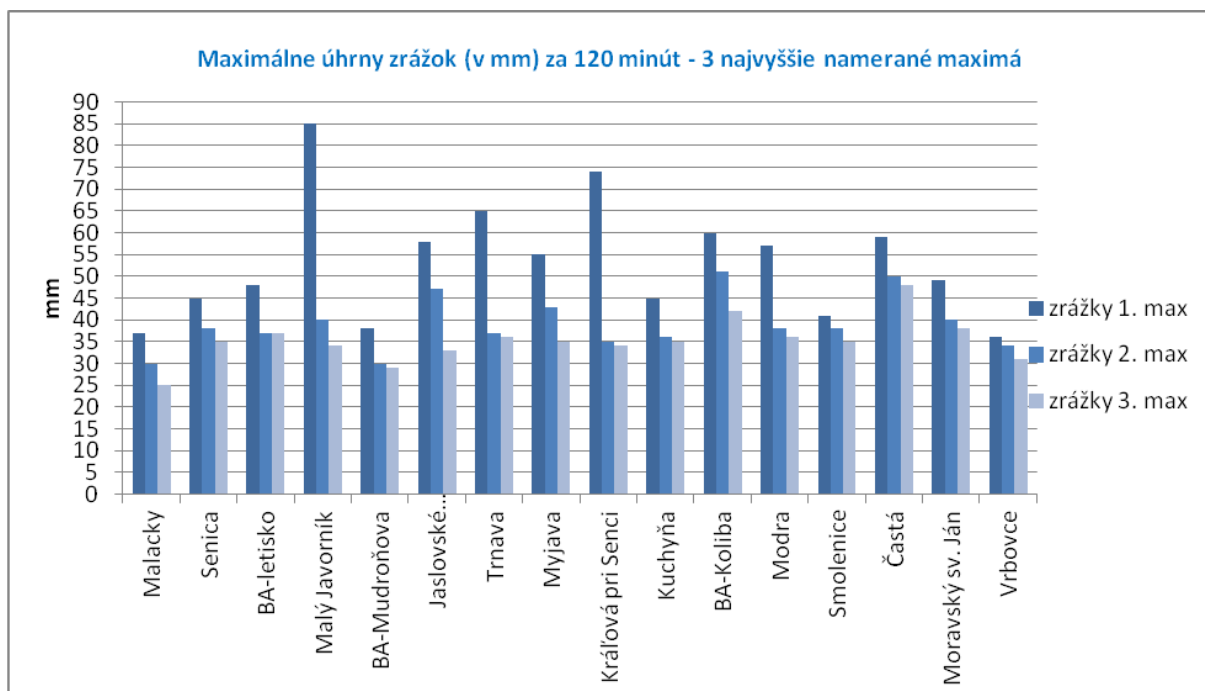
Pre prehľadnosť sú výsledky prezentované grafickou formou a následne slovné zhodnotené.

stanica	poradie úhrnov		
	1	2	3
Malacky	2013-08-09 21:48:00,27.865	2007-06-22 17:29:00,22.718	2009-07-23 21:34:00,21.158
Senica	2009-06-06 18:19:00,35.5	2006-06-22 04:13:00,33.8	2008-08-15 16:34:00,28.9
BA letisko	2007-06-22 17:31:00,30.4	2013-08-09 21:28:00,27.7	2010-07-23 21:43:00,27.0
M. Javorník	1999-07-11 17:39:00,58.4	1995-06-09 19:28:00,29.05	1997-07-17 22:00:00,27.2
BA Mudroňova	2000-09-16 20:17:00,23.4	1984-08-10 09:31:00,32.2	2008-06-25 23:14:00,23.36
Jaslovské Bohunice	2004-08-07 14:08:00,37.5	1995-06-01 16:13:00,27.0	1995-08-24 19:39:00,26.5
Trnava	1996-08-12 20:50:00,43.84	1995-06-11 14:09:00,31.7	1996-05-01 14:48:00,24.24
Myjava	2009-06-06 18:09:00,47.727	1983-06-27 17:38:00,29.4	2010-08-13 22:43:00,28.481
Kráľová	1999-07-10 14:54:00,34.4	1999-08-07 20:28:00,32.35	2007-06-06 16:06:00,24.56
Kuchyňa	1999-07-10 14:32:00,29.9	2009-06-29 15:27:00,25.43	2005-07-25 17:38:00,23.0
BA Koliba	2014-08-03 11:44:00,36.925	2010-07-23 21:30:00,35.816	1995-07-14 15:43:00,34.53
Modra	2009-07-15 20:03:00,35.343	2005-07-25 16:52:00,30.669	2008-06-25 21:28:00,27.241
Smolenice	2006-06-26 19:59:00,34.934	2009-05-04 14:03:00,28.894	2009-08-04 19:01:00,26.044
Častá	2011-06-07 14:50:00,39.012	2014-07-27 12:21:00,37.231	2006-06-29 23:07:00,28.556
Mor.Sv.Ján	2006-06-26 20:42:00,42.72	2006-06-29 23:20:00,34.57	2002-07-16 16:05:00,31.58
Vrbovce	2008-08-15 15:39:00,32.82	2006-06-26 19:55:00,27.68	2011-06-03 13:57:00,25.131

Tab. 2. Maximálne intenzity úhrnov zrážok zaznamenaných stanicami za 30 min (Zdroj: SHMÚ)

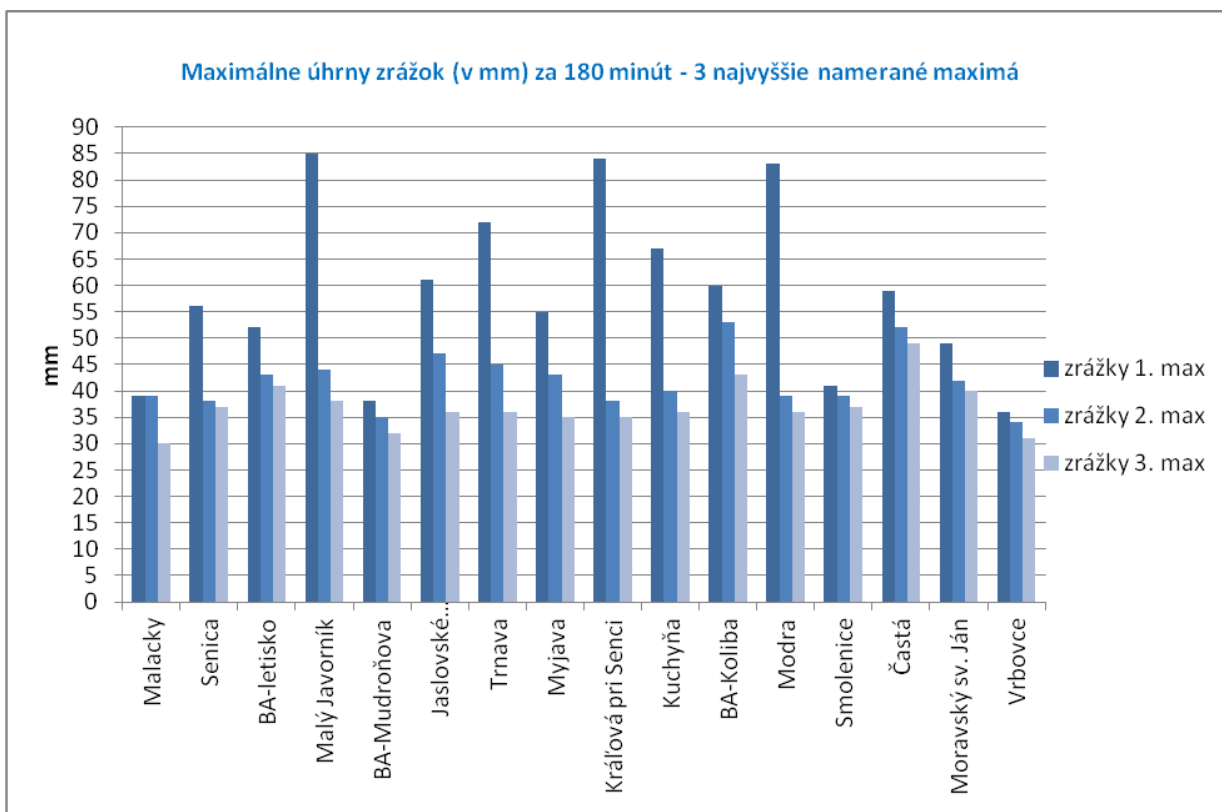


Maximálne namerané 60 min. intenzity:  
 Malý Javorník 83 mm, Myjava 55 mm, Častá a Trnava 53 mm



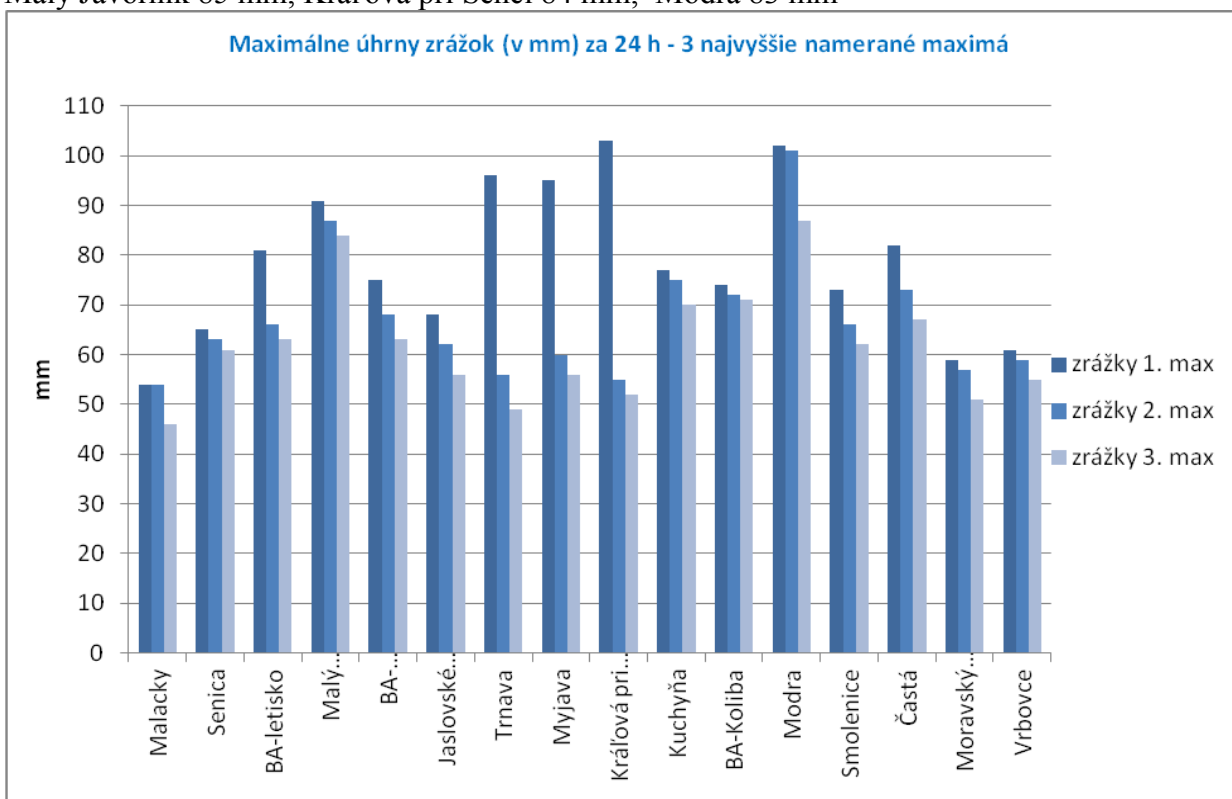
Maximálne namerané 120 min. intenzity:  
 Malý Javorník 85 mm, Kráľová pri Senci 74 mm, Trnava 65 mm, BA-Koliba 60 mm





Maximálne namerané 180 min. intenzity:

Malý Javorník 85 mm, Kráľová pri Senci 84 mm, Modra 83 mm



Maximálne namerané 24 h intenzity:

Cífer 161 mm, Limbach 155 mm, Pezinok 146 mm, Borinka 124 mm, Modra 116 mm

Graf 2. Maximálne namerané úhrny zrážok za 60, 120, 180 minút a 24 hodín (Zdroj: SHMÚ)

Takmer všetky maximálne intenzity zrážok sa vyskytli v mesiacoch jún, júl, august, september. **Maximálne namerané intenzity sa môžu v predmetnom území vyskytnúť kdekoľvek: v**

**pohorí, na predhorí aj v nížine!** Najväčšie krátkodobé intenzity zrážok sa vyskytujú vo vnútri vlhkých a teplých vzduchových hmôt v nevýraznom tlakovom poli, búrky takmer „stoja „ na mieste – veľké nebezpečenstvo „trafenia“ sa búrky priamo do povodia

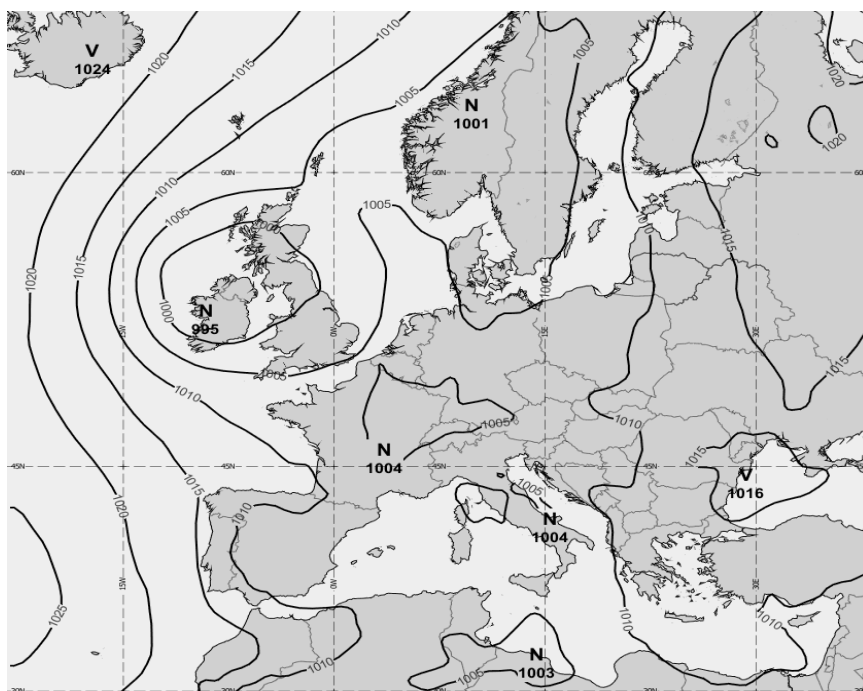
Najväčšie nebezpečenstvo extrémnych zrážok hrozí:

- pri pomalom prechode výrazných studených frontov v teplom polroku (od JZ, Z a SZ)
- pri juhovýchodnej cyklonálnej situácii v letných mesiacoch. Na prehriatej Podunajskej nížine sa vytvára konvektívna oblačnosť a zrážky, ktoré sú orograficky zosilnené na horskej prekážke Malých Karpát (smer pohoria JZ-SV, ideálna náveterná poloha pri JV prúdení).

## Podrobná meteorologická analýza situácie vedúcej k povodni na Gidre v obci Píla 7.6.2011

### *Poveternostná situácia*

Naša analýza vrátane obrazových príloh bola realizovaná v článku Benko, Polčák, Sadloňová, Valová (2013). Z hľadiska synoptických charakteristík bola 7.6.2011 riadiacim tlakovým útvarom v Európe tlaková níz so stredom nad Írskom, dobre vyjadrená v tlakovom poli v celej hrúbke troposféry. Prehlbujúca sa brázda nízkeho tlaku vzduchu vo vyšších vrstvách ovzdušia sa rozprestierala od tejto tlakovej níše až po Španielsko a severozápadnú Afriku. Stredná Európa sa nachádzala na jej prednej strane, pričom tu vo vyšších vrstvách ovzdušia prevládalo slabé juhozápadné prúdenie, pri zemi s tlakom vzduchu okolo 1010 hPa a nevýrazným tlakovým gradientom. Počas dňa zostávalo tlakové pole, ako aj výškové prúdenie, bez podstatnejších zmien (Obr. 9.).

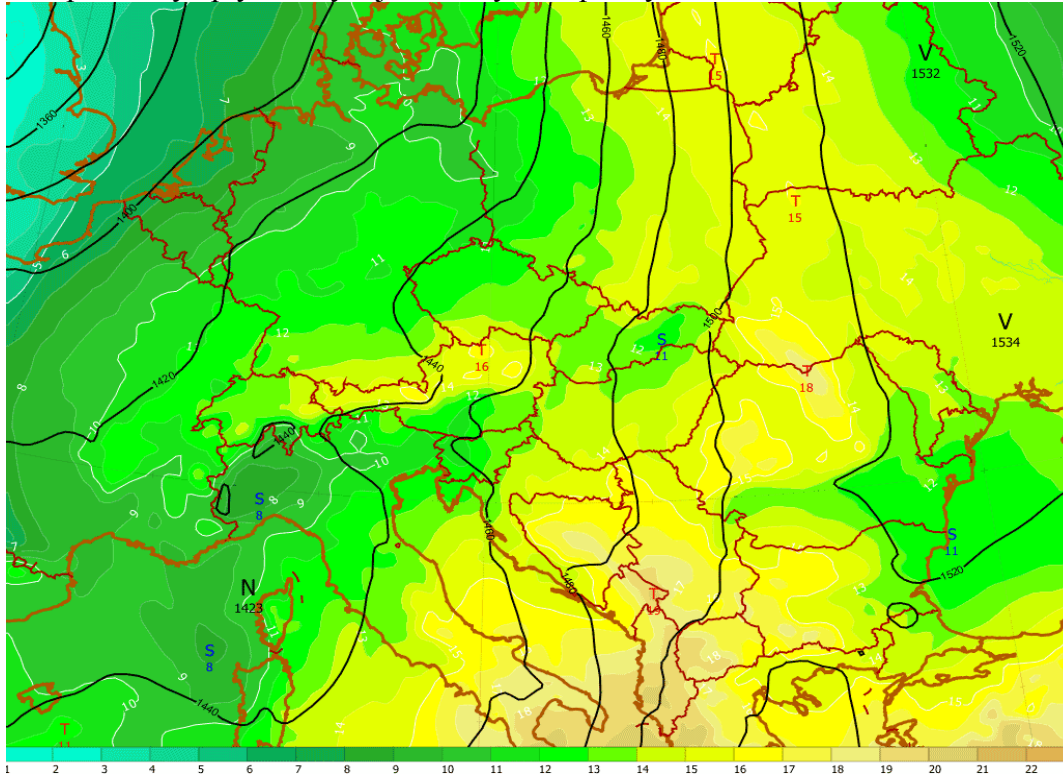


Obr. 9. Prízemné tlakové pole nad Európou 7.6.2011 12:00 UTC (Zdroj: SHMÚ)

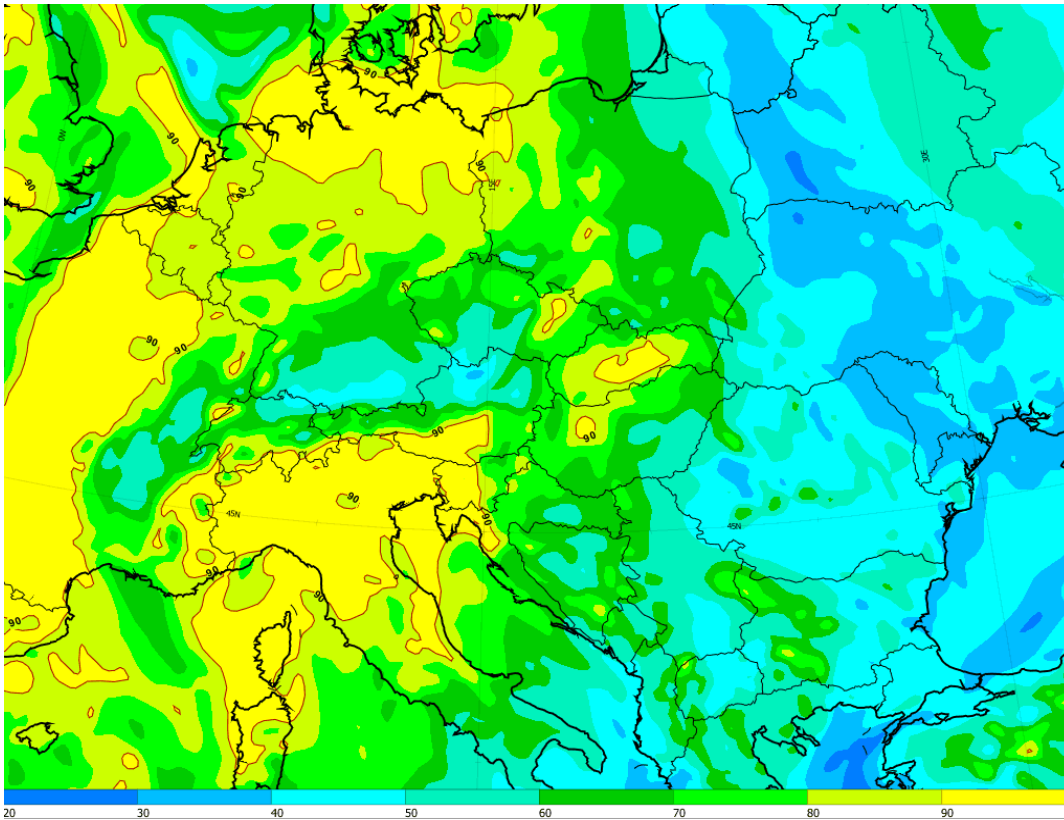
Nad Slovenskom sa 7.6.2011 nachádzala teplá a vlhká vzduchová hmota. Teplota vzduchu v hladine 850 hPa bola v intervale 12 - 14°C (Obr. 10.), maximálne teploty vzduchu 6. a 7. júna na západnom Slovensku boli 25 až 29 stupňov. Tento veľmi teplý vzduch sa udržiaval na našom území už od 30.5. (t.j. 8 dní) a teplota vzduchu v Bratislave bola vo svojej maximálnej hodnote o cca 4 °C vyššia ako je dlhodobý priemer maximálnej dennej teploty pre toto obdobie. Vlhkosť vzduchu v hladine 700

hPa bola v poludňajších hodinách v rozpätí 60 - 90%, v hladine 925 hPa dokonca 85 - 94% (Obr. 11.). Väčšie množstvo "nízkohladinovej" vlhkosti dokumentuje aj vertikálny časový rez pre Bratislavu, vypočítaný z modelu ALADIN, kde možno pre deň 7.6. vidieť hodnoty vlhkosti nad 70% prakticky v celej vrstve od zeme až po výšku cca 3,5 km. Dostatočná vlhkosť vzduchu v spodných hladinách troposféry prispievala k slabej až strednej instabilite vzduchovej hmoty.

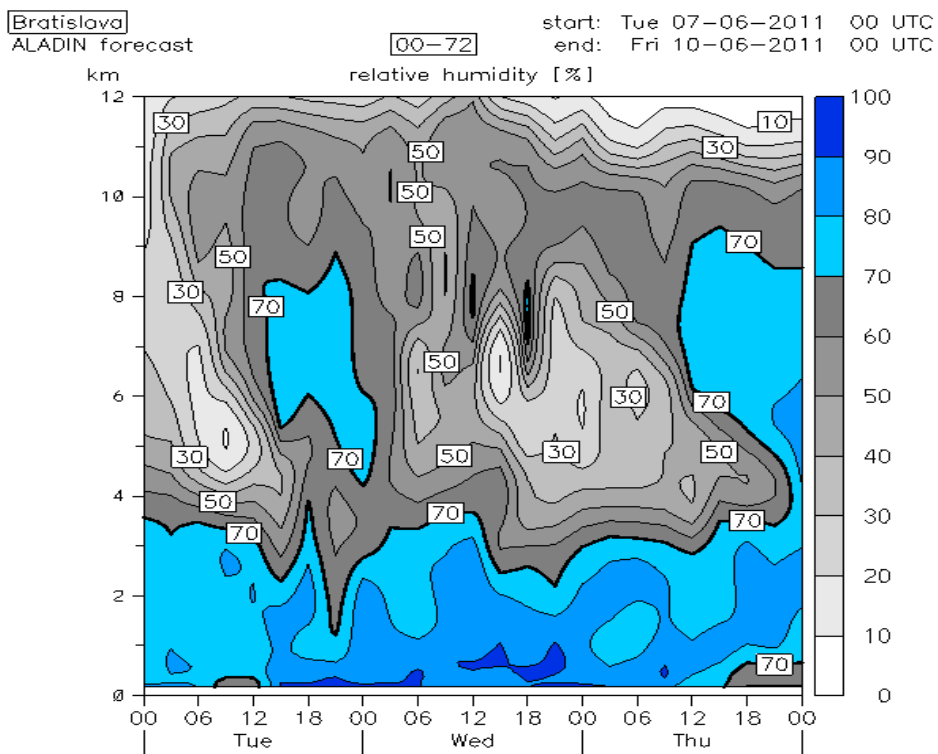
Pri podrobnejšom skúmaní vetra v spodných hladinách troposféry, nachádzame nezanedbateľný vertikálny strih. Rýchlosť vetra nebola veľká, avšak smer sa stácal s rastúcou výškou z juhovýchodu na juhozápad. Podľa analýz a krátkodobých predpovedí z modelu ALADIN (Obr. 12.) mal o 12 UTC vieť pri zemi vietor 5 m/s zo smeru 151° (juhovýchod), zatiaľčo v hladine 500 hPa rýchlosťou 10 m/s zo smeru 206° (juhozápad, obr. 4). V neskorších popoludňajších hodinách sa mal vietor pri zemi stáčať ešte viac k juhovýchodu až východu (Obr. 13), čo mohlo mať pozitívny vplyv na vývoj mohutných kopovitých oblakov a na ich dlhšiu existenciu.



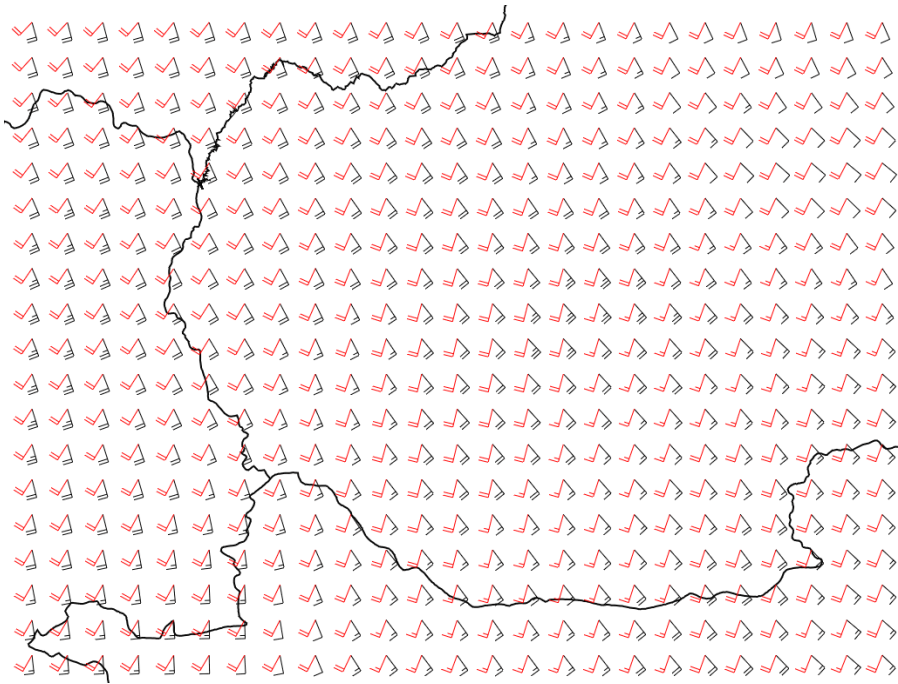
Obr. 10. Teplota v hladine 850 hPa (cca 1500 m n.m.) nad Slovenskom 7.6.2011 (rozpätie 12 až 14°C) (Zdroj: SHMÚ)



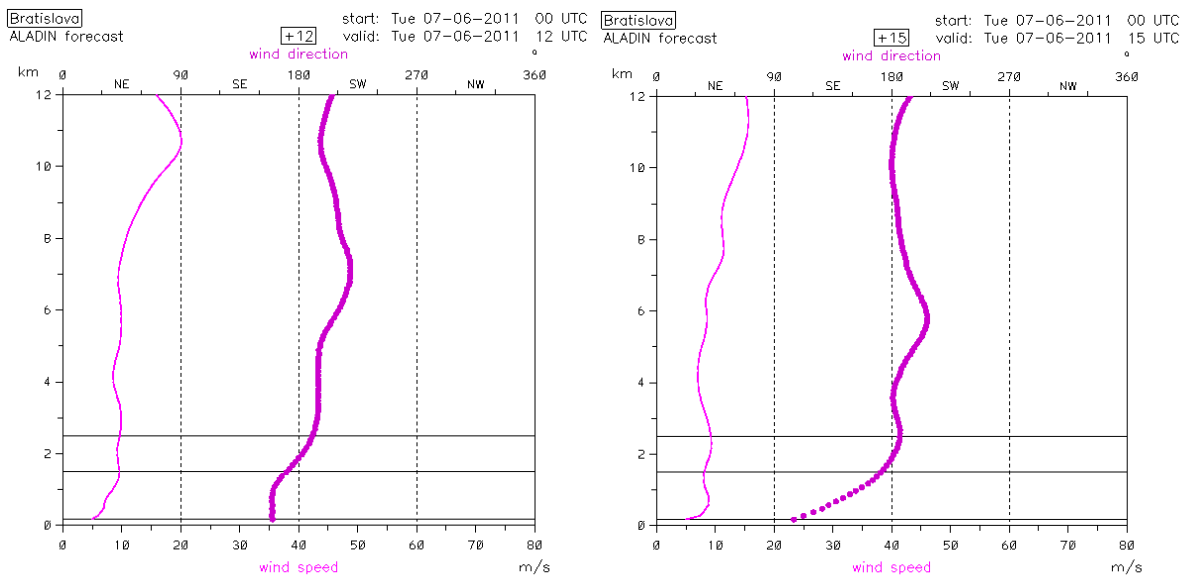
Obr. 11. Vysoká relatívna vlhkosť v hladine 925 hPa, 7.6.2011, 12 UTC (Zdroj: SHMÚ)



Obr. 12. Predpoveď vlhkosťného profilu z modelu ALADIN nad Bratislavou ukazuje vysokú vlhkosť vzduchu v spodných hladinách troposféry (Zdroj: SHMÚ)

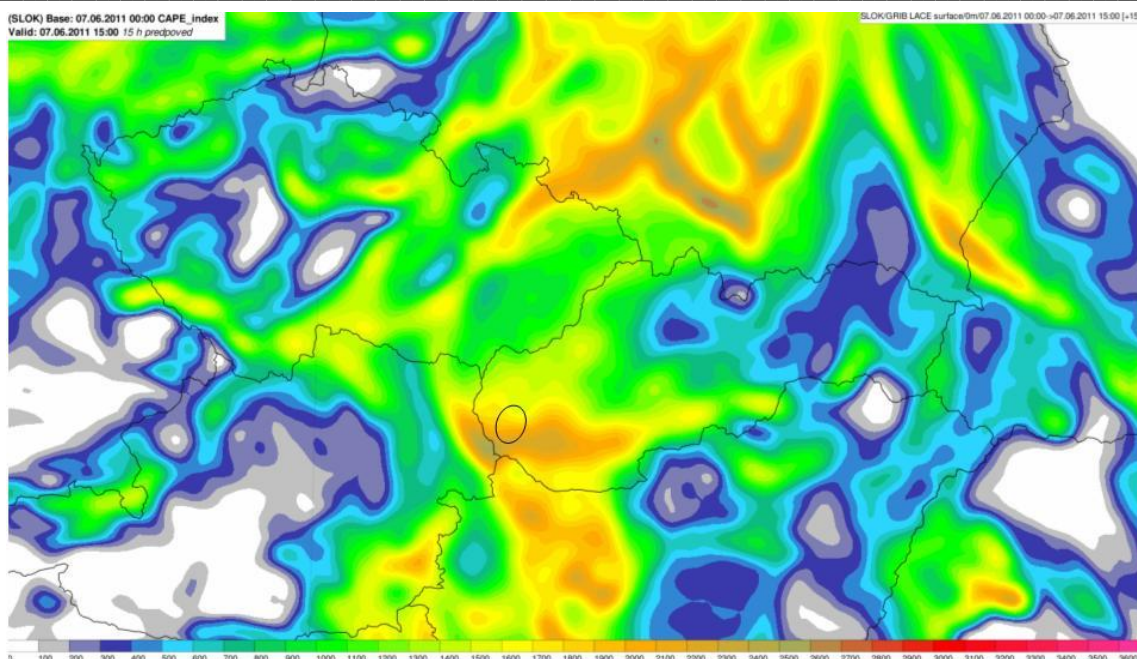


Obr. 13. Vertikálny strih vetra v spodných hladinách troposféry 7.6.2011, 12 UTC. Vietor v hladine 925 hPa - čierny, vietor v hladine 500 hPa – červený (Zdroj: SHMÚ)



Obr. 14. Vertikálny profil rýchlosti vetra (tenká čiara) a smeru vetra (hrubá čiara) nad Bratislavou vypočítaný z modelu ALADIN pre 12 (vľavo) a 15 UTC (vpravo) dokumentuje narastanie vertikálneho strihu vetra v popoludňajších hodinách (Zdroj: SHMÚ)

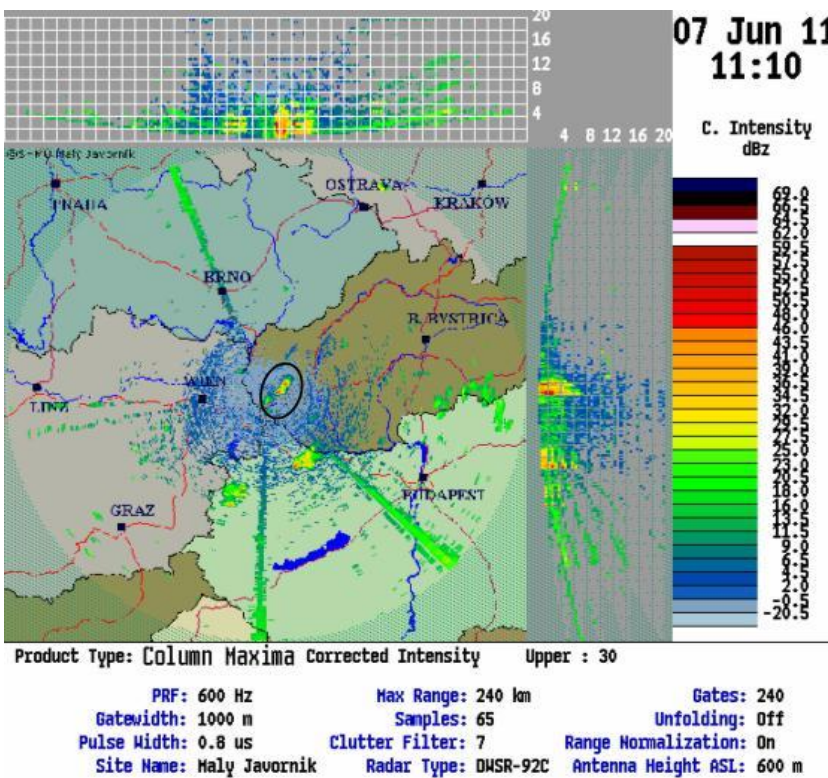
Index CAPE vyjadruje potenciálnu energiu výstupných pohybov, ktoré sú potrebné pre rozvoj konvekcie. Čím je hodnota CAPE vyššia, tým je zrýchlenie výstupných pohybov väčšie a pravdepodobnosť výskytu búrky narastá. Index CAPE mal priaznivé hodnoty pre rozvoj konvekcie v západnej polovici Slovenska. V okolí Modry boli hodnoty indexu CAPE od 1000 do 2200 J/kg (Obr. 15), to znamená, že v uvedenej oblasti sa môžu vyskytnúť búrky, ktoré môžu byť intenzívne.



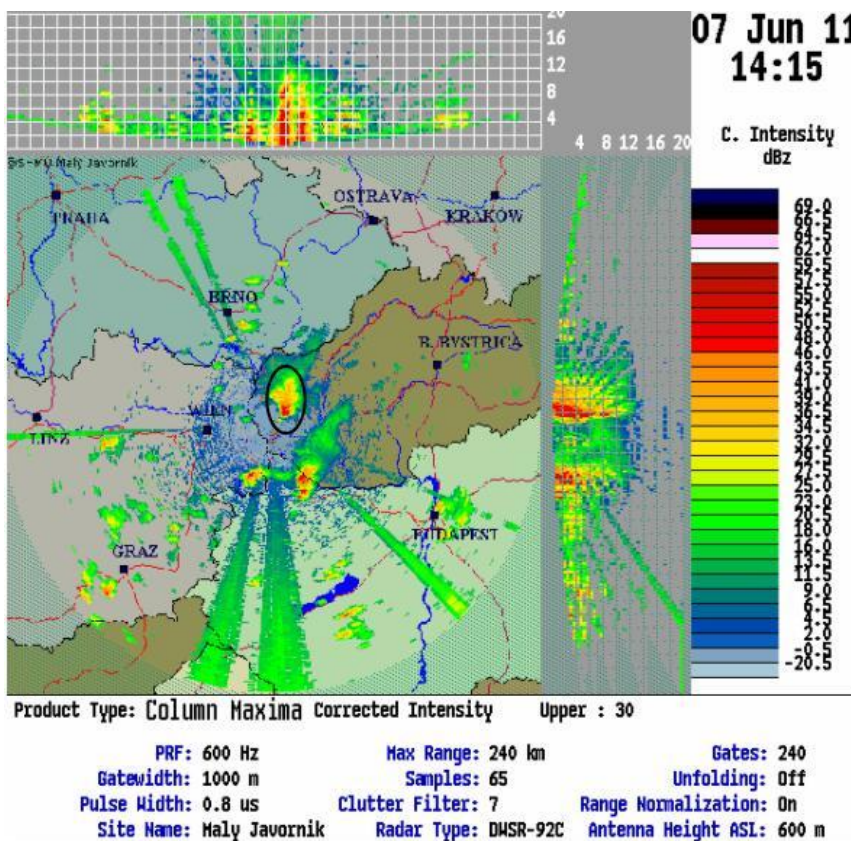
Obr. 15. CAPE index počítaný numerickým predpovedným modelom ALADIN 7.6.2011, 00 UTC, predpoveď na 15 hodín dopredu (čierna elipsa predstavuje okolie Modry) (Zdroj: SHMÚ)

### ***Priebeh a vývoj búrky***

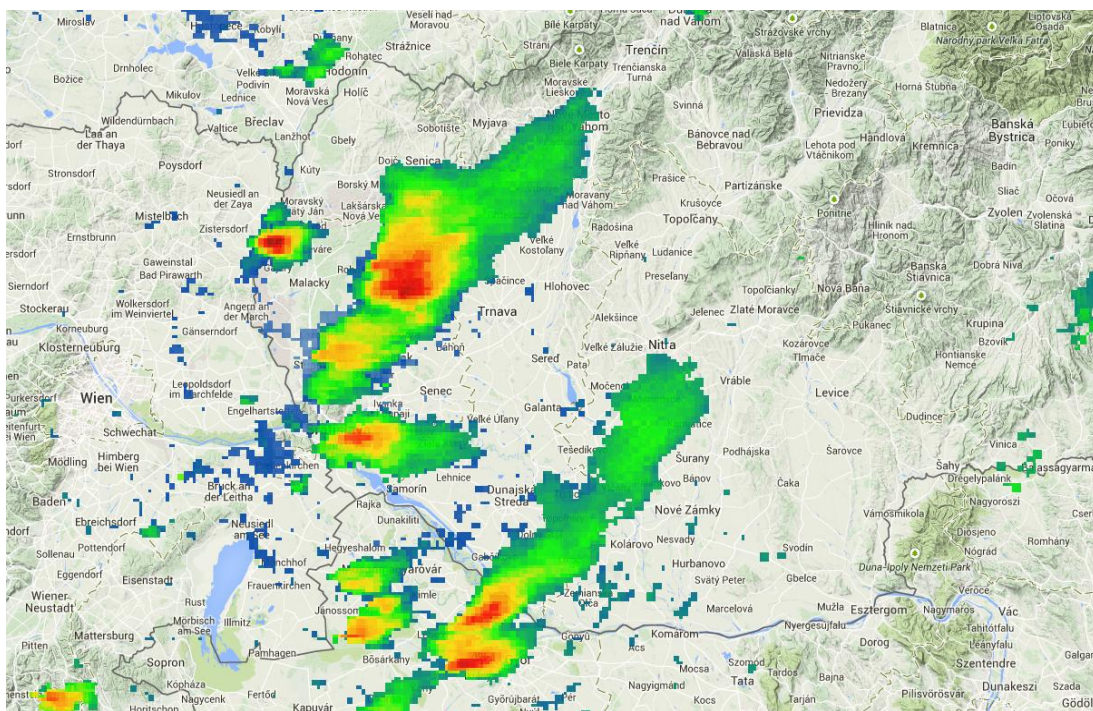
Dňa 7.6.2011 bola teplota konvekcie z ranných výpočtov stanovená na hodnotu okolo 24°C, pričom už okolo 9 UTC bola táto teplota na západnom Slovensku dosiahnutá a začal vývoj konvektívnych oblakov. V čase okolo 11 UTC už bolo možné pomocou meteorologického radaru pozorovať izolované konvektívne bunky v oblasti Malých Karpát (Obr. 16). V slabom juhovýchodnom prúdení podporovala horská prekážka Malých Karpát stúpavé pohyby, a tak vplyvom orografie spomínané konvektívne bunky ďalej mohutneli a len veľmi pomaly postupovali severným smerom. Prvé intenzívnejšie zrážky zaznamenala stanica Modra - Piesok v čase okolo 12-12:30 UTC, pričom ich okamžitá intenzita dosahovala 100 - 140 mm/h a v priebehu 3 hodín spadlo 65 mm zrážok. Ďalšie výrazné búrkové jadrá sa zároveň vytvárali južne od toku Dunaja v oblasti medzi Mosonmagyaróvárom a Györom a následne postupovali nad naše územie, avšak nie je známe, že by spôsobili nejaké škody. O 12:20 UTC bolo možné pozorovať na severozápade Maďarska formovanie ďalších konvektívnych buniek, ktoré postupovali na sever nad naše územie a do oblasti Malých Karpát a o 13:30 UTC sa spojili s bunkami nachádzajúcimi sa nad hrebeňom spomínaného pohoria. Búrkové bunky postupovali pomaly ďalej na sever, avšak na južnom okraji multicelárneho systému dochádzalo v oblasti úpätia Karpát ku vzniku ďalších nových buniek, ktoré postupovali po rovnakej dráhe. Búrlivý vývoj nastal najmä v čase medzi 13:30 - 14:30 UTC. Najrozvinutejšie bunky dosahovali intenzitu radarového echa vyššie 55 dBz a o mohutnosti výstupných prúdov svedčia aj tzv. prestreľujúce vrcholky oblaku dosahujúceho hranice troposféry. Stanica Modra - Piesok zaznamenala intenzívne zrážky spojené s týmito bunkami o cca 14 - 14:30 UTC, následne ich zachytila stanica Častá v čase 14:30 - 15 UTC, s okamžitou intenzitou vyššie 150 mm/h a hodinovým úhrnom 43 mm (Obr. 17, 18, 19). Pomalý postup niekoľkých následných búrkových jadier v kombinácii s vhodným terénom údolia potoka Gidra spôsobil prívalemú povodeň, pri ktorej hladina potoka Gidra kulminovala okolo 15 UTC s výškou 226 cm, vysoko nad úrovňou zodpovedajúcou 3. stupňu povodňovej aktivity. Výsledné 24 hodinové úhrny zrážok v postihnutej oblasti a blízkom okolí zaznamenané zrážkomernými stanicami boli nasledovné: Modra-Piesok 104 mm, Častá 61 mm, Smolenice 42 mm, Modra 31 mm, Pernek 27 mm, Sološnica 26 mm, Pezinok 25 mm, Limbach 19 mm.



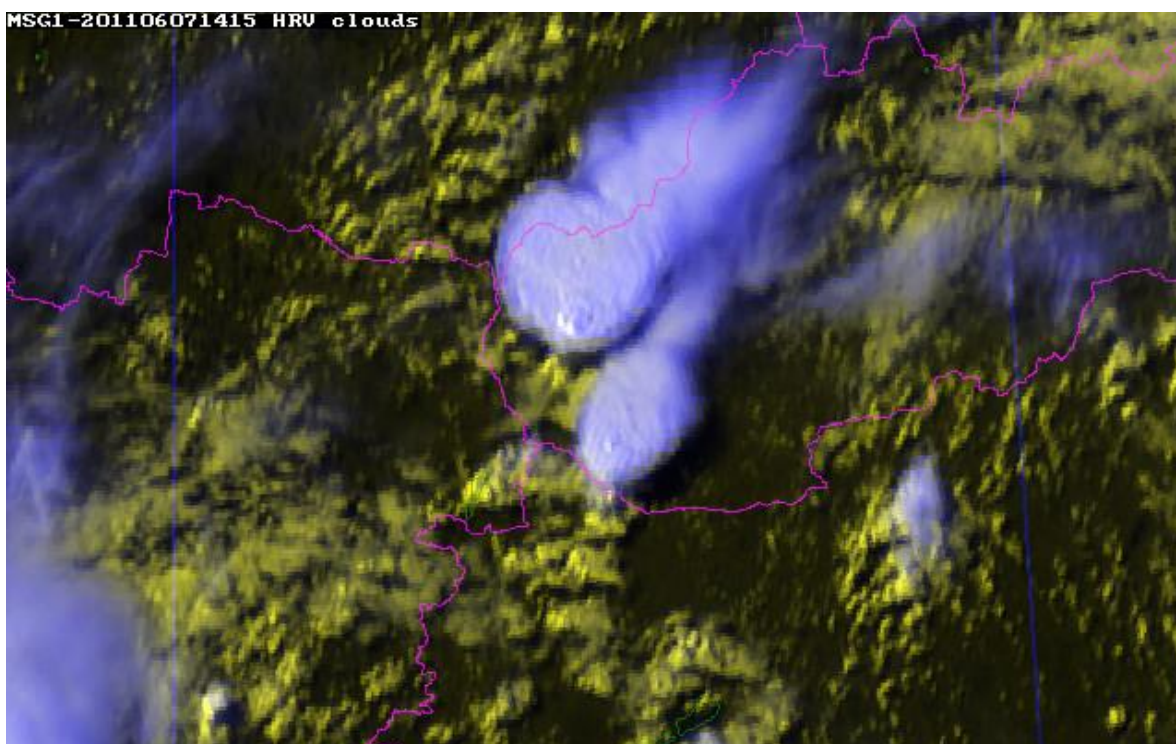
Obr. 16. Vznik prvých konvektívnych jadier pozorovateľných na údajoch z meteorologického radaru v oblasti Malých Karpát (Zdroj: SHMÚ)



Obr. 17. Búrkové jadrá vyvíjajúce sa nad hebeňom Malých Karpát (čierna) a nové búrkové jadrá vznikajúce v oblasti juhovýchodne od Bratislavy (Zdroj: SHMÚ)



Obr. 18. Vysoká rádiolokačná odrazivosť búrkového jadra, ktoré zasiahlo oblasť v okolí obce Píla (Zdroj: SHMÚ)



Obr. 19. Búrkové jadro vo vrcholnom štádiu svojho vývoja. Na snímke z 7.6.2011 14:15 UTC vo viditeľnom spektre je možné rozlíšiť drobné prestrelujúce vrcholky kopovitej oblačnosti (Zdroj: SHMÚ)

### Záver

Prívalová povodeň, ktorá dňa 7.6.2011 v popoludňajších a večerných hodinách postihla obec Píla a okolité obce, bola spôsobená intenzívnymi zrážkami spojenými s búrkovými jadrami, ktoré vznikali a presúvali sa pozdĺž Malých Karpát. Vysoká vlhkosť v spodných hladinách atmosféry v



kombinácii s dostatočne vysokou teplotou vytvorili vhodné podmienky pre tvorbu búrok. Zvyšovanie vertikálneho strihu vetra v popoludňajších hodinách a slabé juhovýchodné prúdenie smerujúce k svahom pohoria podporili vznik viacbunkového búrkového systému, pričom jednotlivé búrkové jadrá postupovali cez postihnuté územie a ďalšie vznikali na úpätí hôr v jeho tesnej blízkosti. Slabé prúdenie zapríčinilo pomalý postup búrkových jadier a tak intenzívne zrážky trvali nad daným územím dlhšiu dobu. Účinok intenzívnych zrážok bol tiež zvýraznený špecifickou orografiou postihnutého územia, pričom povodie potoka Gidra bolo nad obcou Píla zasiahnuté intenzívnymi zrážkami vo väčšine svojej plochy. Veľké množstvo zrážok, ktoré spadli v krátkej dobe, následne stiekli po svahoch dole do údolia, kde vyvolali povodňovú vlnu.

Je potrebné uviesť, že takéto podmienky nie sú neštandardné a ich výskyt v letnom období nad našim územím nie je vôbec zriedkavý. Situácia zo dňa 7.6.2011 je ukážkou typickej prívalovej povodne, kde vhodnou kombináciou meteorologických podmienok, tvaru a orientácie reliéfu vzniká nebezpečný poveternostný jav, spôsobujúci rozsiahle škody na majetku a ohrozujúci ľudské životy. Prívalové povodne sa na území Slovenska vyskytujú každoročne, pričom väčšina búrkových situácií predstavuje potenciálne riziko vzniku nebezpečných poveternostných javov. Dynamika vývoja búrkových jadier je veľmi veľká a súčasnými metódami, používanými pre krátkodobé predpovede počasia, založenými najmä na údajoch z modelu ALADIN, resp. ECMWF, nie je možné tieto javy dostatočne a spoľahlivo predpovedať, najmä s ohľadom na presnejšiu špecifikáciu ohrozeného územia a kvantifikáciu očakávaných javov s väčším časovým predstihom. Kľúčovým prvkom teda zostávajú priame merania automatických meteorologických a zrážkomerných staníc a najmä rádiolokačné merania, bez ktorých by detekcia či vydanie aktuálnej výstrahy na búrkové javy neboli vôbec možné. Žiaľ v súvislosti s podhodnoteným financovaním tohto segmentu a s tým súvisiacimi výpadkami v meraniach, je nutné predpokladať zhoršovanie kvality výstrah na nebezpečné poveternostné javy na území Slovenska.

## Potenciál riešeného územia pre pôdnu eróziu

*Pôdna erózia* je podľa STN 75 0145 (z roku 2011) definovaná ako rozrušovanie zemského povrchu eróznymi činiteľmi (voda, vietor, živočíchy a pod.), obyčajne spojené s následným transportom a usadzovaním erodovaného materiálu. Pri *normálnej erózii* jej intenzita neprekračuje intenzitu pôdotvorného procesu, teda hrúbka pôdy ostáva rovnaká alebo sa postupne zväčšuje. *Pozemok ohrozený eróziou* predstavuje miesto, na ktorom je vypočítané alebo inak určená hodnota erózie väčšia, ako je pri tomto druhu pozemku hodnota prípustnej (tolerovanej) intenzity erózie. *Celkové erodovateľnosť pôdy* závisí od vlastností a spôsobu využívania pôdy. Naším cieľom protieróznej ochrany je dosiahnuť *spomalenú eróziu*, pri ktorej je činnosťou človeka znížená intenzita erózie v porovnaní s pôvodnou, prirodzenou intenzitou erózie. V nasledujúcich častiach štúdie prezentujeme výsledky modelovania potenciálu pre rôzne typy erózie pôdy. Celkové vyjadrenie potenciálu pre eróziu pôdy riešeného územia vzniklo súčtom potenciálov modelov výmoľovej erózie, plošnej erózie a erózie a akumulácie materiálu.

### Metodika modelu výmoľovej erózie "r.gully.evol"

Prvým modelom je prezentovaný výstup rizika výmoľovej (líniovej) erózie. Induktívny model pre analýzu výmoľovej erózie „r.gully.evol“ (Koco,2009) vychádza z modelu pre analýzu zmeny povrchu pôdy „r.landscape.evol“ (Barton et al, 2006). Hlavným účelom modelu r.gully.evol je simulovať vznik výmoľa (výmoľovej siete) na základe vstupných parametrov. Model je iteratívny (opakujúci sa), kedy matematický aparát prebieha vždy niekoľkokrát za sebou s konštantnými alebo meniacimi sa hodnotami vstupných parametrov. Popisovaný model je zložený z reťazca modulov pracujúcich v slučke, čo umožňuje ľahkú inkorporáciu dodatočných vstupov v závislosti od účelu použitia a analyzovanej lokality. Model je v súčasnosti dostupný vo forme skriptu pre prostredie GRASS GIS, v podobe SHELL skriptu pre systémy UNIX.

Medzi hlavné výhody modelu patrí:

- komplexný prístup k problematike, pretože hodnotí proces výmoľovej erózie zo širokého spektra pohľadov
- vstupmi do modelu sú dáta bežne používané aj v iných modeloch tohto druhu
- jeden z mála modelov zameriavajúcich sa na proces výmoľovej erózie

Medzi hlavné nevýhody modelu patrí:

- dlhý výpočtový čas, kedy výpočet vrstvy trvá aj niekoľko hodín
- obmedzený rozsah pracovného územia (maximálne raster s 1 miliónom buniek)
- nedostatočná etablovanosť modelu (model nie je komerčne využívaný a na rozdiel od predošlých modelov nebol testovaný na tak veľkom počte území)
- niektoré premenné (ako napríklad čas vývoja reliéfu) nie je možné objektívne určiť.

Vstupmi do modelu sú premenné niekoľkých druhov:

1. Topografická skupina premenných
  - a. Digitálny výškový model (DEM) vo forme rastrovej vrstvy. V tomto prípade je nevyhnutné využívať DEM, ktorý je zahladený, aby nedochádzalo k vzniku oblastí s extrémnymi hodnotami erózie. Taktiež je nevyhnutné model hydrologický korigovať, aby nevznikali bezodtokové depresie, s ktorými si model nevie poradiť. V našom prípade sme využívali digitálny výškový model s rozlíšením 10 metrov. Model bol v prvom kroku upravený prostredníctvom algoritmu DENOISE, ktorý na

základe geoštatistického skúmania odstraňuje artificieľne útvary na DEM. Korekcia sa uskutočnila v prostredí SAGA GIS. Následne bol korigovaný v prostredí ArcGIS modulom Fill (obdobné algoritmu "Pit removal"), ktorý zapĺňa bezodtokové depresie na DEM. Takto upravený model bol následne zhladený prostredníctvom fokálnej štatistiky (plávajúceho okna). Konkrétne pre plávajúce okno 3x3 pixle bola počítaná priemerná hodnota, ktorá bola priradená stredovému pixlu. Až takto upravený model mohol byť využitý ako vstup do modelu.

## 2. Hydrologické premenné

- a. R factor počítaný podľa metodiky RUSLE/USPED. Je definovaný ako funkcia celkovej kinetickej energie (E) a jej maximálna 30-minútová intenzita. Metodický postup je popísaný v (Wischmeier, 1959; Wischmeier, Smith, 1958). Na Slovensku je tento faktor počítaný v prácach Malíšek (1990a, 1990b). Ďalšou možnosťou sú dáta z článku (Suri, Cebecauer, Hofierka, 2002). R faktor nie je lokálna premenná ale regionálna premenná. Teda využívali sme len konštantnú hodnotu pre celé územie. Pozor v našom prípade sme nepočítali objektívne hodnoty tohto faktora, ale počítali sme jeden z najhorších scenárov. Teda intenzita zrážok bola cca 3 mm za minútu, čo je vysoko nadpriemerná hodnota. Takto vysoká hodnota bola využívaná z toho dôvodu, aby bolo možné simulovať výmoľovú eróziu, ktorá prebieha na skúmanom území len počas extrémnych zrážkových udalostí. Hodnota R faktora je  $140 \text{ MJ*ha}^{-1} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ .
- b. zrážkový prebytok ktorý je vyjadrený ako rozdiel medzi množstvom zrážok dopadnutých na povrch pôdy a pôdnou infiltráciou (intenzita zrážky - pôdna infiltrácia). Táto hodnota nezávisí len od intenzity zrážok (ako to je v prípade R faktora) ale aj od vlastností pôdy. Práve preto sme pre zostavení priestorovej databázy zrážkového prebytku pracovali s mapou pôdných druhov. Kde intenzita zrážok bola konštantná pre celé skúmané územie, ale miera infiltrácie závisela od pôdneho druhu podľa nižšie uvedeného kľúča ([http://www.sardi.sa.gov.au/water/irrigation\\_management/soils](http://www.sardi.sa.gov.au/water/irrigation_management/soils)). Hodnoty sa udávajú v mm za hodinu. Teda intenzitu zrážky sme v tomto prípade zvolili 60 mm/h.

Pôdny druh	Miera infiltrácie /mm/h
ľahká piesčito-ílovito-hlinitá	7
piesčito-ílovito-hlinitá	5
ílovito-hlinitá	5
ľahká ílovitá	4
stredná ílovitá	3

Tab. 3. Miera infiltrácie v závislosti od pôdneho druhu

- c. Runoff infiltration je premenná, ktorá nie je totožná s mierou infiltrácie, ktorá bola využívaná pre potreby výpočtu zrážkového prebytku. Ide o infiltráciu počas odtoku, ktorá je jednoznačne nižšia, ako miera infiltrácie. V našom prípade dosahovala pre celé územie konštantnú hodnotu 0.45.

### 3. Premenné týkajúce sa krajinnej štruktúry

- a. C faktor podľa metodiky RUSLE predstavuje faktor krajinnej pokrývky. Odráža jednak vlastnosti krajinnej pokrývky ako je napríklad drsnosť povrchu na jednej strane, ale aj management krajiny a štruktúru krajinnej pokrývky (napríklad vinohrad existuje v kategóriách opustený vinohrad, zatrávený vinohrad a.i....). Krajinná pokrývka nezohľadňuje niektoré protierózne opatrenia, akým je napríklad terasovanie, alebo drenáž. Aj v tomto prípade bol využívaný metodický postup empirických meraní. Teda hodnoty C faktora boli merané v laboratórnych podmienkach. Podkladom pre zostavenie priestorovej databázy C faktora je mapa súčasnej krajinnej pokrývky. Následne na túto mapu aplikujeme konverzný kľúč. V súčasnosti existuje široké spektrum týchto kľúčov, ktorých hodnoty kategórií nie sú totožné. V našom prípade sme využili charakteristiky C faktora nasledovne (Tab. 4):

Typ kultúry/krajinnej pokrývky	C faktor
Kukurica konzumná	0.4
Krmoviny	0.5
Oziminy a jariny (obilniny)	0.35
Ovocný sad	0.1
Trvalý trávny porast (lúky a pasienky)	0.02
Les s pokryvnosťou 75-100%	0.0006
Les s pokryvnosťou 45-70%	0.003
Prechodné lesokroviny s pokryvnosťou 20-40%	0.007
Vinohrad s línovou výsadbou	0.65
Vinohrad s línovou výsadbou (v zime zatrávený)	0.35
Vinohrad zatrávený medzi riadkami s pokryvnosťou 20%	0.2
Vinohrad zatrávený medzi riadkami s pokryvnosťou 40%	0.1
Vinohrad zatrávený medzi riadkami s pokryvnosťou 60%	0.042
Vinohrad zatrávený medzi riadkami s pokryvnosťou 80%	0.013

Tab. 4. Hodnoty C faktora pre rôzne typy kultúr a krajinnej pokrývky  
Zdroj: <http://www.ias.ac.in/jess/apr2013/389.pdf>

### 4. Hydraulické konštanty

- b. Prahová hodnota číslo jedna predstavuje hodnotu príspevkovej plochy pri ktorej začína pôsobiť povrchový odtok. V našom prípade to bola hodnota 1.
- c. Prahová hodnota číslo dva predstavuje hodnotu príspevkovej plochy pri ktorej sa povrchový odtok transformuje na sústredený (koncentrovaný) odtok. V našom prípade 20.
- d. Maning coeficient predstavuje hodnotu Maningovho koeficientu drsnosti ktorý sa využíva v hydraulických výpočtoch. V našom prípade to bolo 0.003.
- e. Critical shear stress (Kritický šmykový tlak) 2.43

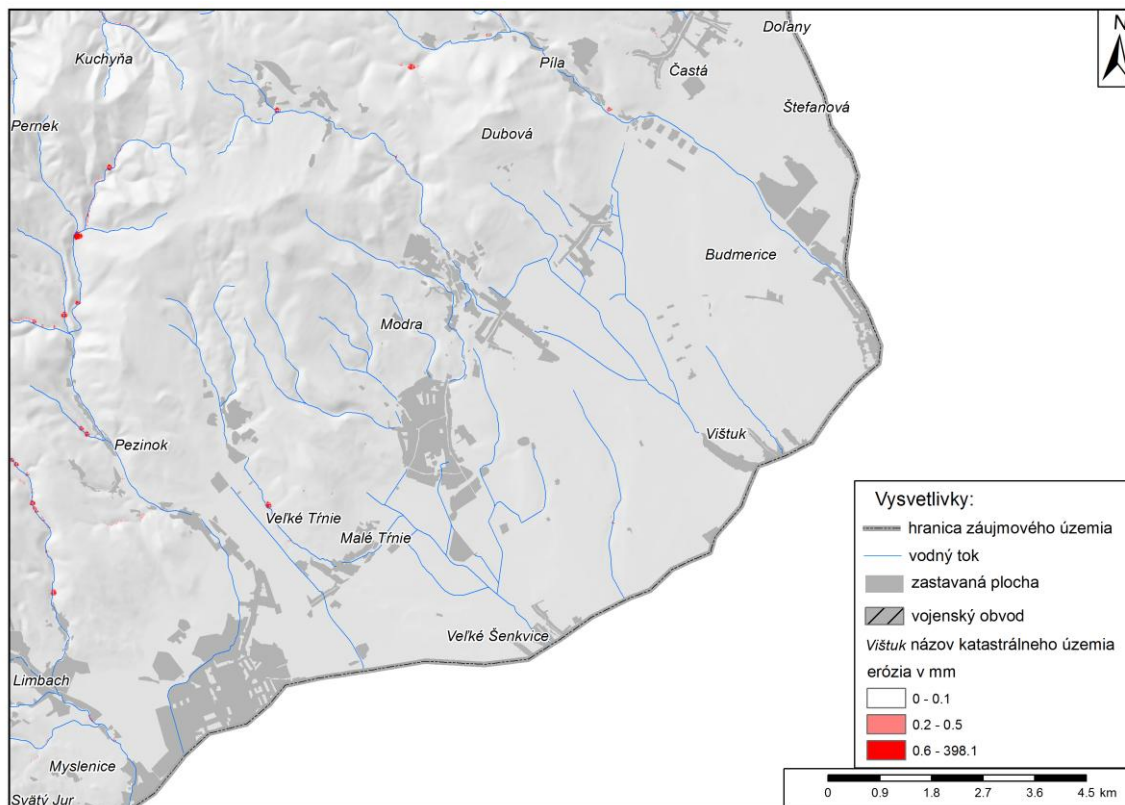
## 5. Fyzikálne vlastnosti povrchového materiálu

- a. K factor podľa metodiky RUSLE. Hodnota faktora závisí od pôdnej textúry, množstva organického materiálu, štruktúry pôdy a permeability pôdy. Avšak napríklad aj typ obrábania pôdy v minulosti, napríklad nadmerná orba, zvyšuje erodibilitu pôdy. Ide o lokálne špecifickú premennú, teda jej hodnota sa mení aj v rozmedzí niekoľkých decimetrov. Faktor popisuje schopnosť pôdy podliehať pôdnej erózii a na druhej strane teda mieru do akej pôda odoláva erózii. V súčasnosti je široké spektrum prístupov pre odvodenie hodnôt K faktora pre jednotlivé pôdne typy, pôdne druhy a. i. Najoverenejším prístupom je empirické meranie, kedy sa zisťujú hodnoty K faktora pre jednotlivé pôdne typy, druhy alebo typy substrátu počas laboratórnych experimentov na homogénnych vzorkách. V našom prípade sme hodnoty K faktora určovali na základe pôdných druhov. Teda podkladom bola mapa pôdných druhov, ktorú sme reklasifikovali na základe kľúča (viď metodika RUSLE).
- b. Objemová hmotnosť pôdy (Soil bulk density) - Veličina určená podielom objemu a hmotnosti pôdy. V našom prípade sme využívali konštantnú hodnotu  $1.35 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .
- c. Hĺbka zvetralinového plášťa (pôdy) určuje maximálnu možnú hĺbku do ktorej sa môže výmoľ zarezať. V našom prípade sme pre jej výpočet využili modul "r.soildepth" ktorý modeluje hĺbku tohto plášťa na základe súčasného povrchu reliéfu.
- d. Kapacita transportu sedimentov (transport capacity coefficient) je premenná, ktorá určuje množstvo sedimentov, ktoré je schopný tok látky premiestňovať. Táto premenná je závislá od krajinnej pokrývky. Vychádzali sme z hodnôt podľa (Flanagan a Nearing, 1995).
- e. Odľučnosť sedimentov (detachment capacity coefficient) je premenná ktorá taktiež hovorí o schopnosti sedimentov byť transportovaných vodným tokom. V našom prípade sme vychádzali z hodnôt podľa (Flanagan a Nearing, 1995).

## 6. Nastavenie presnosti výpočtu

- a. Number of walkers - Počet bodov v ktorých sa počíta erózia. V našom prípade 10 000 vzhľadom na obmedzený výpočtový výkon.
- b. Number of iterations - Vzhľadom na fakt, že model je rekurzívny, je nutné definovať počet rekurzií (opakovaní). V našom prípade 15.

Výsledkom je vrstva digitálneho výškového modelu s aplikovanou zmenou nadmorskej výšky. Mapa potenciálneho ohrozenia vybraného územia výmoľovou eróziou je prezentovaná na Obr. 20.



Obr. 20. Potenciálne ohrozenie vybraného územia výmoľovou eróziou pri daždi s intenzitou 1,5 mm/min

### Metodika zostavenia modelu plošnej erózie „RUSLE“

Najucelenejšia charakteristika modelu RUSLE je rozpracovaná na <http://35.8.121.139/rusle/about.htm>. Vychádza z metodiky USLE. Ide o model pracujúci na jednoduchom princípe "násobenia faktorov" a výsledok prezentuje sumu vplyvu jednotlivých faktorov na mieru erózie.

#### Výhody a nevýhody

- Model je jednoduchý na zostavenie v súčasných prostrediach geografických informačných systémov (GIS).
- Model analyzuje len topické vzťahy, teda každý bod je reprezentovaný informáciami len o ňom a nie o susedných bodoch. Jediná informácia priestorového (chorického) charakteru je dĺžka svahu, ktorá sa odzrkadľuje v L faktore reprezentatívnom do cca 300 metrov dĺžky.
- Hodnoty konštánt sú empiricky odvodené z ideálnych materiálov. Teda napríklad hodnoty K faktora ktorý popisuje podkladový materiál sú odvodené pre pôdny druh ilovito-hlinitá pôda, patriaci k najčastejšie sa vyskytujúcim na území.
- Medzi hlavné výhody modelu považujeme jeho použiteľnosť. A zároveň sme pri jeho výpočte získali premenné, ktoré využívame pri ďalších modeloch (napríklad R faktor).
- Dostatočné množstvo prác využiteľných na porovnanie výsledkov.

Jednotlivé faktory:

#### R faktor

Je definovaný ako funkcia celkovej kinetickej energie (E) a jej maximálna 30-minútová intenzita. Metodický postup je popísaný v (Wischmeier, 1959; Wischmeier, Smith, 1958). Na Slovensku je uvedený v prácach Malíšek (1990a, 1990b) a Suri, Cebecauer, Hofierka, EROSION ASSESSMENT OF SLOVAKIA AT A REGIONAL SCALE USING GIS (2002). R faktor predstavuje regionálnu premennú, teda využívali sme jej konštantnú hodnotu pre celé územie. Vzhľadom k zameraniu práce sme modelovali jeden s najhorších možných scenárov - intenzita zrážok bola stanovená cca 3 mm za minútu, ako vysoko nadpriemerná hodnota pre simuláciu pôdnej erózie počas extrémnej zrážkovej udalosti. Teda hodnota R faktora je  $140 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Miera pôdnej erózie závisí najmä od intenzity zrážok, nie od celkového zrážkového úhrnu, ako si môžu viacerí mylne vysvetľovať.

#### K faktor

Faktor erodibility pôdy. Hodnota faktora závisí od pôdnej textúry (pôdneho druhu), množstva organického materiálu, štruktúry pôdy a permeability pôdy. Ide o lokálne špecifickú premennú. V našom prípade sme hodnoty K faktora určovali na základe pôdných druhov. Teda podkladom bola mapa pôdných druhov, ktorú sme reklasifikovali na základe kľúča (Tab. 5):

Názov pôdneho druhu	K
hlinitá	0.670
hlinito-piesočnatá	0.090
ílovito-hlinitá	0.670
piesočnatá	0.040
piesočnato-hlinitá	0.290

Tab. 5. Hodnoty K faktora pre rôzne pôdne druhy

Kľúč bol prebraný zo zdroja <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/12-051.pdf>.

#### C faktor

Faktor krajinej pokrývky, ktorý odráža jej vlastnosti ako je napríklad drsnosť povrchu na jednej strane, ale aj management krajiny a štruktúru krajinej pokrývky. V našom prípade sme využili vyššie uvedený zdroj (<http://www.ias.ac.in/jess/apr2013/389.pdf>).

#### L faktor

Faktor dĺžky svahu. Počítal sa v laboratórnych podmienkach z empirických poznatkov na základe vzorky 22,1 metrov dlhej. Priemerná reálna dĺžka svahu je okolo 120 metrov. Maximálne je možné vo výpočtoch využiť dĺžku svahu cca 310 metrov. Všeobecne platí, že čím je svah dlhší, tým je väčšia rýchlosť toku látky.

V našom prípade sme hodnotu L faktora určili z dĺžky svahu "L" na základe vzťahu  $l\_faktor = (L/22.13) \cdot 0.4$ . Na výpočet dĺžky svahu sme využili modul "r.flow".

L faktor je v prípade rovnice RUSLE jediný faktor ktorý popisuje aj topické vzťahy nie len vzťahy chórické.

POZOR: V prípade, že je svah prerušený medzou, cestnou komunikáciou, hranicou pozemkov, alebo akoukoľvek inou prirodzenou alebo umelou bariérou, tak je nevyhnutné počítať dĺžku svahu od nuly. Teda napríklad cestná komunikácia predstavuje pre tok látky bariéru. Tento jav bol na vstupných dátach simulovaný zvýšením nadmorskej výšky na vstupnom DTM v bodoch prítomnosti hraníc pozemkov alebo cestných komunikácií.

### S faktor

Faktor sklonu svahu. Celkovo platí, že čím je väčší sklon svahu, tým je zároveň väčšia miera pôdnej erózie. Závislosť však nie je lineárna, teda dva krát väčší sklon neznamená dva krát väčšiu mieru pôdnej erózie. Vzťah medzi sklonom a mierou pôdnej erózie je ovplyvnený aj vegetačnou pokrývkou a veľkosťou častíc pôdy.

Hodnota S faktora bola v našom prípade odvodená z priestorovej databázy sklonu svahu na riešenom území. Následne boli hodnoty prevedené na hodnoty sklonu svahu podľa vzorca:

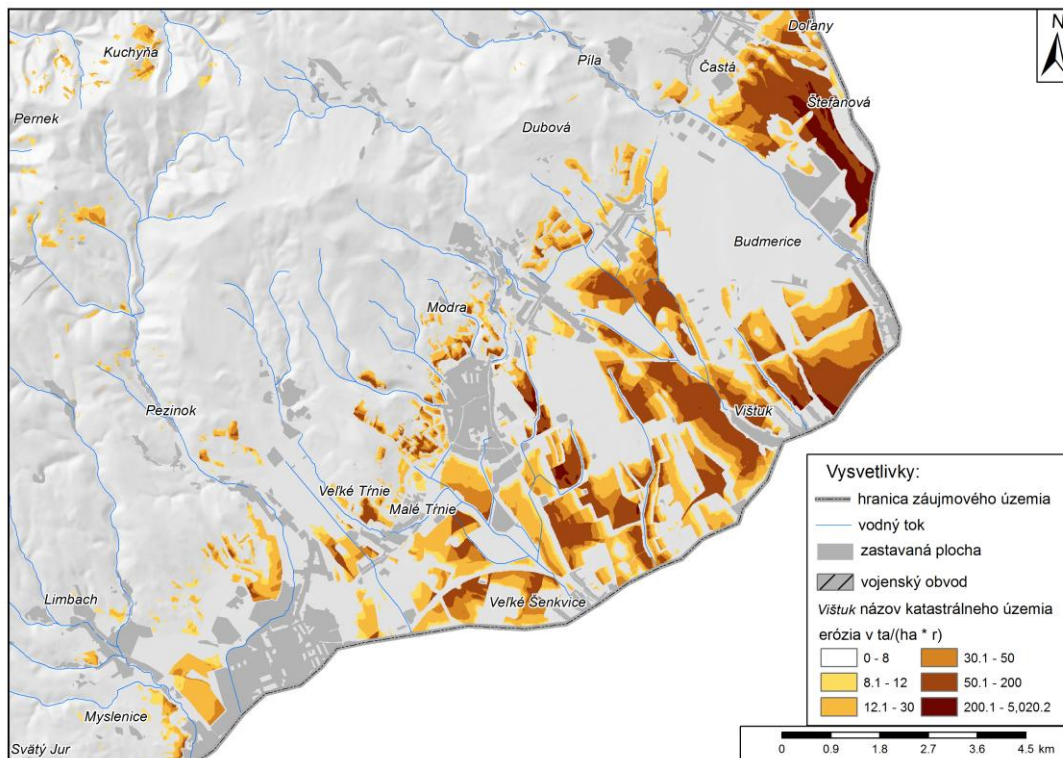
$S = 0.065 + 0.045 * \text{sklon reliéfu v smere spádnice} + 0.0065 * (\text{sklon reliéfu v smere spádnice})^2$   
(Morgan, Soil erosion and conservation, 1996)

### P faktor

Faktor protieróznych opatrení. V tomto prípade popisuje faktor všetky opatrenia, ktoré zabraňujú alebo znižujú mieru pôdnej erózie v študovanom území. V našom prostredí sa uvádza, že nadobúdajú hodnotu od 0.6 do 1.

V našom prípade sme vychádzali z kľúča podľa významného slovenského pedológa doc. Ing. Zoltána Bedru, DrSc. (nepublikovaný materiál), kde uvádza hodnoty pre P faktor nasledovne:

- terasovanie, mierny sklon - 0.15
- terasovanie, rovina bez sklonu - 0.05
- velkoplošné terasovanie bez sklonu - 0.01
- hrádzkovanie - 0.25
- vrstevnicové obrábanie - 0.6
- bez zásahu - 1



Obr. 21. Potenciálne ohrozenie vybraného územia plošnou eróziou podľa modelu RUSLE  
Výsledky modelovania plošnej erózie sú prezentované na Obr. 21.



### **Model erózie a akumulácie pôdy „Watem Sedem“**

WATEM/SEDEM je model vyvinutý na Katedre fyzickej a regionálnej geografie KU Leuven. Pôvodne mal vylepšiť model USLE/RUSLE len z topického (lokálneho) rozmeru aj na model chórický (priestorový). Model bol pôvodne vytvorený pre štáty Beneluxu je vo svete využívaný a v dnešnej dobe už etablovaný (Van Oost et al., 2000, Van Rompaey et al., 2001, Verstraeren et al., 2002).

Medzi výhody modelu patria:

- bežne používané vstupy, ktoré je možné prevziať z ostatných modelov
- krátky výpočtový čas
- nenáročné na prípravu vstupných dát
- etablovaný
- zameraný na výpočet plošnej erózie
- export dát do bežne používaných formátov

### Vstupy

#### Digital Elevation Model (DEM)

Digitálny výškový model je prvotným vstupom do modelu, na základe DEM sa počíta erózia nie na rovnej ploche, ale na povrchu ktorý je poprehýbaný a zvltný. V tomto prípade je nevyhnutné využívať DEM, ktorý je zahladený, aby nedochádzalo k vzniku oblastí s extrémnymi hodnotami erózie. V našom prípade sme využívali digitálny výškový model s rozlíšením 10 metrov. Model bol v prvom kroku upravený prostredníctvom algoritmu DENOISE, ktorý na základe geoštatistického skúmania odstraňuje artificálne útvary na DEM. Korekcia sa uskutočnila v prostredí SAGA GIS. Následne bol korigovaný v prostredí ArcGIS modulom Fill (obdobné algoritmu "Pit removal"), ktorý zapĺňa bezodtokové depresie na DEM. Takto upravený model bol ešte následne zhladený prostredníctvom fokálnej štatistiky (plávajúceho okna). Konkrétne pre plávajúce okno 3\*3 pixle bola počítaná priemerná hodnota, ktorá bola priradená stredovému pixlu. Až takto upravený model mohol byť využitý ako vstup do modelu.

#### Parcel

Upravená mapa krajinnej pokrývky. V tomto prípade vstup vychádza z mapy krajinnej pokrývky, ktorá je reklasifikovaná nasledovne:

- -2 - zastavané plochy a cesty (oblasti kde potenciálne neprebíha pôdna erózia)
- -1 - rieky
- 0 - oblasti mimo študovaného územia, táto trieda umožňuje aby mal vstup nie rovnobežníkový tvar výrezu
- 1 - 10 000 - poľnohospodársky využívané plochy, v tomto prípade má každá poľnohospodársky využívaná plocha vlastný identifikátor, aby bolo možné brať do úvahy aj hranice medzi nimi, ako hranicu toku látky
- 10 000 - lesná plocha

- 20 000 - trvalý trávnatý porast, pastvina

#### River map

Mapa riečnej siete, ktorá nám umožní zistiť množstvo sedimentov prispievajúcich do rieky. V tomto prípade sa využíva špeciálne upravená rastrová vrstva s identifikátorom riek. V prípade že nezadáme tento vstup (ako sme aj urobili), celé územie je chápané ako jedno povodie.

#### K factor

V tomto prípade ide o K faktor zodpovedajúci K faktoru v metodike RUSLE (preto vid' RUSLE). V tomto prípade sú však dôležité jednotky  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ . V tomto prípade sme však vzhľadom na konverziu jednotiek využili výpočet K faktora priemernú veľkosť častice. Kde:

$$K_{fact} = 3,5 + 38,8e^{-0,5 \cdot \left( \frac{\log(Dg) + 1,519}{0,7584} \right)^2}$$

kde:

Dg - priemer priemernej častice

Vstupom bola v našom prípade priestorová databáza pôdnych druhov, z ktorých sme najprv vypočítali priemer priemernej častice a následne podľa tejto hodnoty vypočítali hodnotu K\_factora.

#### C factor

V tomto prípade ide o C faktor zodpovedajúci C faktoru v metodike RUSLE (preto vid' RUSLE). V prípade zastavanej plochy definujeme hodnotu 1.

#### Pond map

Mapa sedimentárnych pascí. Ide o voliteľný vstup, ktorý určí polohu sedimentárnych pascí. Za sedimentárnu pascu považujeme takú konštrukciu, ktorá zadržiava časť sedimentov ktoré by v opačnom prípade pokračovali v transporte. Medzi najbežnejšie používané sedimentárne pasce považujeme zádržné jamy a podobne. V našom prípade sme sedimentárne pasce neaplikovali vzhľadom na veľký rozsah územia a relatívne malý rozmer sedimentárnych pascí.

Vyššie uvedené vstupy môžeme považovať za povinné, okrem nich je možné ešte v modeli zmeniť voliteľné vstupy, ktoré sú užívateľsky prednastavené.

#### LS algorithms

Ide o algoritmus výpočtu faktorov L a S z metodiky RUSLE. Tu je možné navoliť metodiku výpočtu tohoto faktora. V našom prípade sme využívali metodický postup podľa McCool 1987 / 1989. Vhodne zvolit' algoritmus je nutné najmä v prípade rovinných terénov, kde je vysoká pravdepodobnosť, že klasický algoritmus nedokáže korektne určiť dráhu toku látky.

#### Output units

Toto nastavenie umožňuje zvolit', či výstup z modelu bude zobrazené v podobe zmeny erózie /akumulácie v zmene nadmorskej výšky v "mm" alebo v podobe celkového odnosu/prínosu materiálu v tonách\*hektár<sup>-1</sup>. V prípade, že chceme uskutočniť prepočet medzi týmito dvoma sústavami, je nevyhnutné definovať aj mernú hmostnosť pôdy (bulk density).

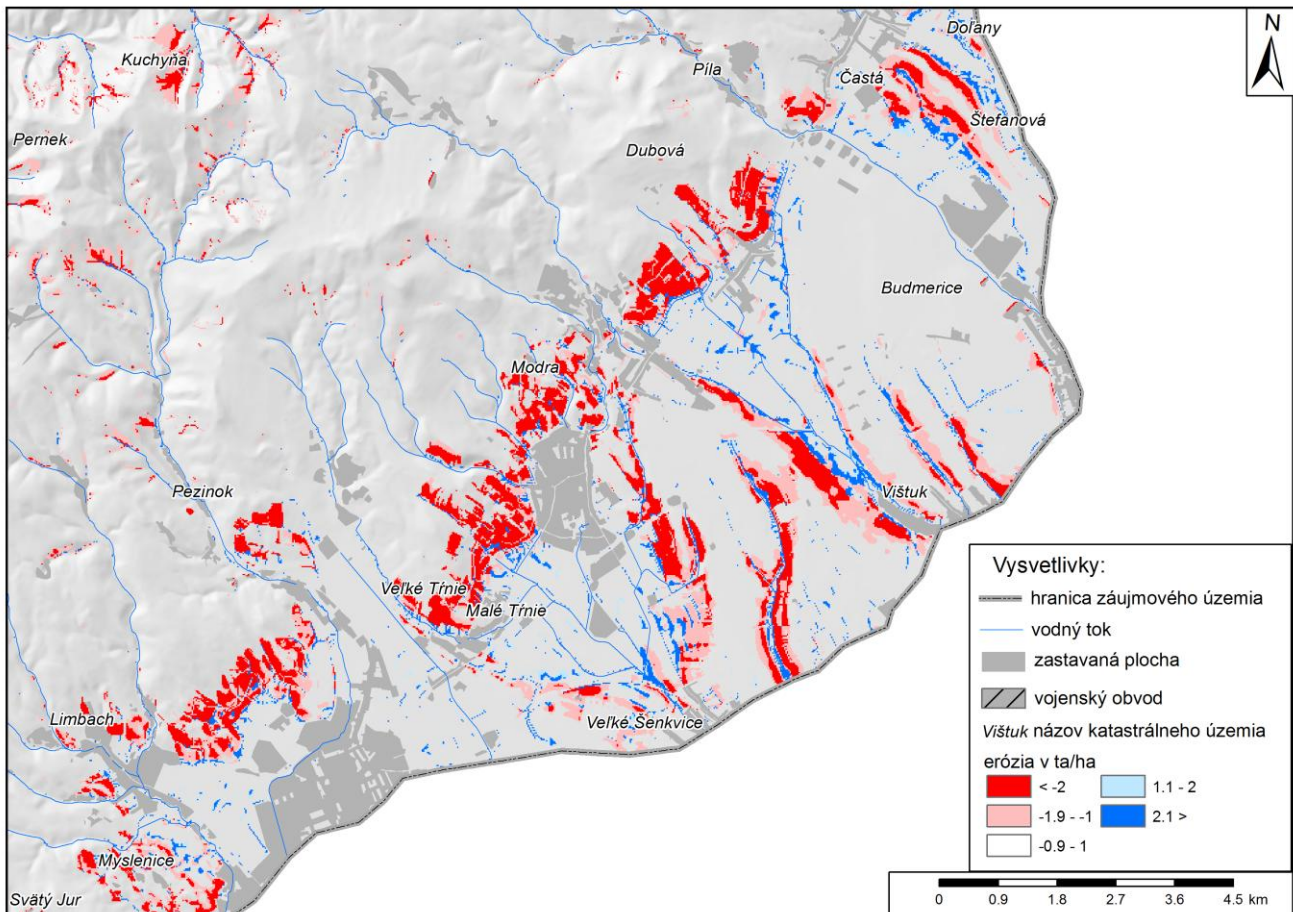
#### Transport capacity

Transportná kapacita sa definuje ako schopnosť vodného toku niesť v sebe určité množstvo sedimentov. Teda akonáhle je transportná kapacita prekročená, tak dochádza k uloženiu časti sedimentov. Konkrétne tej časti, ktorá prekračuje transportnú kapacitu toku. Transportná kapacita je okrem iných aspektov, ako je napríklad sklon reliéfu závislá aj od krajinnej pokrývky, konkrétne od jej drsnosti, čím vyššia drsnosť tým menšia hodnota transportnej kapacity. V tomto prípade sme

nechávali prednastavené hodnoty Low transport capacity = 75 High transport capacity=250  
 Transport capacity coeficient limit = 0.1

### Rainfall erosivity factor

V tomto prípade sa jedná o R factor počítaný podľa metodiky RUSLE, ktorý je však zapísaný v  $MJ*mm*m^{-2}*h^{-1}$ , čo sú jednotky rozdielne od bežne používaných jednotiek využívaných v metodike RUSLE. V tomto prípade sme využívali hodnotu R faktora pre RUSLE ktorá bola prevedená na 0.014. Opätovne ide o regionálnu premennú, teda do modelu vstupovala ako konštanta.



Obr. 22. Ukážka výstupu modelu erózie a akumulácie pôdy Watem Sedem v t/ha

### Kategorizácia celkového potenciálu ohrozenia sledovaného územia eróziou pôdy

Celkový potenciál erózie pôdy v dôsledku pôsobenia prívalových dažďov na riešenom území bol stanovený na základe doteraz uvedených čiastkových analýz ohrozenia výmoľovou a plošnou eróziou pôdy, resp. akumuláciou. Kumulatívne hodnoty celkového potenciálneho ohrozenia pre lokality od 1 (najmenšie) po 5 (najväčšie) boli získané pri nakladaní máp jednotlivých čiastkových potenciálov s hodnotami pre modely:

*Výmoľová erózia – model „r.gully.evol“*

0.0 až 0.2 m erodovaného povrchu – 0

viac ako 0.2 m erodovaného povrchu – 1

*Plošná erózia – model „RUSLE“*

0 – 12 ton/ha\*rok – 0

12 – 30 ton/ha\*rok – 1  
30 – viac ton/ha\*rok – 2

*Erózia a akumulácia – model „Watem Sedem“*

menej ako 1 t/ha\*rok – 0  
1 – 10 t/ha\*rok – 1  
viac ako 10 t/ha\*rok – 2

Výsledky sú prezentované v prílohách na Mape 2 spolu so zaradením do kategórií celkového potenciálu pre povodňové ohrozenie. K najviac ohrozeným územiám z hľadiska erózie pôdy patria lokality v poľnohospodárskej krajine na svahoch v blízkosti úpätia Malých Karpát. Preto má veľký význam dodržiavanie a podpora protieróznych opatrení (napr. vhodná delimitácia kultúr, ochranné zatrávnenie, vhodná orba, hrádzkovanie a pod.) vrátane vinohradníckej krajiny BSK i mimo riešeného územia (napr. Viničné). Návrhy opatrení obsahuje kapitola 7.

## Potenciál riešeného územia pre ohrozenie povodňami

### Povodňová hrozba v priestore Bratislavského samosprávneho kraja

Prívalové dažde môžu spôsobiť okrem erózie pôdy aj veľmi nepríjemnú hydrologickú odozvu. V prípade výskytu prívalových dažďov v priestoroch mestských aglomerácií s veľkým zastúpením nepriepustných povrchov nastávajú takzvané pluvialne povodne. Sú spôsobené nízkou infiltračnou kapacitou prostredia v kombinácii obmedzených možnosti odtokania nazhromaždenej vody. Takýto typ povodní zasiahol aj Bratislavu v priebehu augusta 2014.

Iný typ povodne vzniká pôsobením prívalových zrážok v prostredí prírodných povodí (napr. v lesnej krajine). Povodňové vlny vzniknuté v tomto prostredí majú niekoľko typických črt: rýchly nástup povodňovej vlny a jej rýchle stúpanie, vysoké hodnoty kulminácie a v porovnaní s hodnotou kulminácie aj malý objem. Vzhľadom k dĺžke trvania tohto typu povodne najväčšie škody spôsobuje kinetická energia tečúcej vody. Tento typ povodní sa nazýva prívalová alebo blesková povodeň.

Povodeň je v priestore Slovenskej republiky veľmi častým javom. Len od začiatku roka 2014 do 30.10.2014 sa na Slovensku vyskytlo 599 prípadov vyhlásenia II. a III. stupňa povodňovej aktivity. 13 prípadov sa vyskytlo aj v priestore BSK. To, že je priestor Malých Karpát areálom, ktorý nie je imúnnym voči hrozbe prívalových povodní nám ukázali aj povodňové udalosti zo 7.6. 2011, kedy búrka s výdatnosťou vyše 100 mm a s intenzitami prekračujúcimi hodnoty 3 mm/min. zasiahla centrálnu časť malokarpatského regiónu, najmä povodia riek Gidra a Parná.

V rámci predbežného manažmentu povodňového rizika bolo v priestore BSK identifikovaných celkovo 18 oblastí, v ktorých je relevantné povodňové riziko. Paradoxne ani horná časť povodia Gidry v oblasti intravilánu Píly, ani povodie Parnej neboli v tejto fáze identifikované ako oblasti s relevantným povodňovým rizikom. Do oblastí s identifikovaným povodňovým rizikom boli pridané až po povodniach v roku 2011 (Tab. 6, Obr. 23).

Tab. 6. Oblasti identifikované ako oblasti s relevantným povodňovým rizikom v plánoch manažmentu povodňového rizika

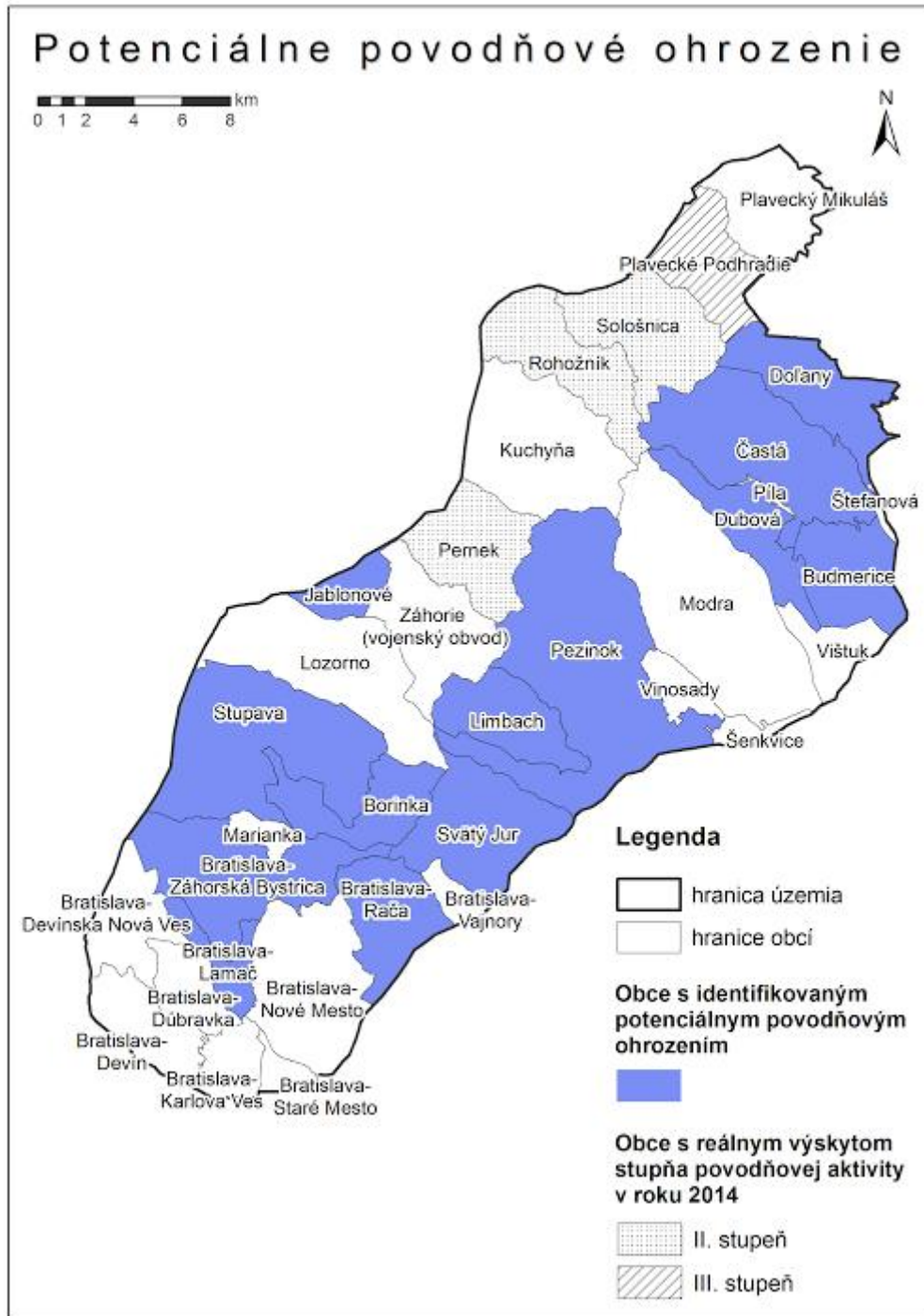
Vodný tok	ID vodného toku	Zač. p.ú.	Koniec p.ú.	Dĺžka p.ú.	obec	Obyv.
Cajla	4-21-15-815	0,000	0,400	0,40	Pezinok	0
Lúčanka	4-21-15-924	0,000	1,300	1,30	Limbach	5
Jurský potok	4-21-15-902	0,000	3,500	3,50	Svätý Jur	22
Banský potok	4-21-15-884	0,000	0,450	0,45	Bratislava - Rača	85
Pieskový potok	4-21-15-882	0,000	2,100	2,10	Bratislava - Rača	3630
Na pántoch	4-21-15-879	0,000	1,650	1,65	Bratislava - Rača	124
Podhájsky potok	4-21-16-1053	9,500	11,500	2,00	Doľany	50
Štefanovský potok	4-21-16-972	5,500	7,500	2,00	Častá	63
Štefanovský potok	4-21-16-972	0,000	1,700	1,70	Budmerice	32
Gidra	4-21-16-959	32,500	35,000	2,50	Dubová	80
Gidra	4-21-16-959	28,000	29,000	1,00	Častá	6
Gidra	4-21-16-959	24,200	27,000	2,80	Budmerice	20
Gidra	4-21-16-959	19,700	22,500	2,80	Jablonec	41
Jablonovský potok	4-17-02-299	0,50	3,60	3,1	Jablonové	5
Stupavský potok	4-17-02-69	9,40	13,00	3,6	Borinka	9
Stupavský potok	4-17-02-69	4,40	7,20	2,8	Stupava	34
Vápenický potok	4-17-02-12	2,30	4,50	2,2	BA-Záhorská Bystrica	31
Lamačský potok	4-17-02-13	2,90	4,80	1,9	BA - Lamač	35

Zdroj: Plány manažmentu povodňového rizika v povodí Moravy

Plány manažmentu povodňového rizika v povodí Váhu

K významným poznatkom, ktoré prináša štúdiá, patrí poznanie, že vzhľadom ku klimatickej zmene a častejšiemu výskytu prívalových dažďov žiadne katastrálne územie v Malých Karpatoch

a ich blízkom okolí nie je bez rizika následkov týchto udalostí. Povodňové udalosti sa v súčasnosti vyskytujú aj na územiach, kde v minulosti neboli zaznamenávané. Preto je nutné riešiť problematiku ochrany pred spomínanými udalosťami komplexne a v spolupráci s dotknutými samosprávami, štátnou správou, vlastníkmi a správcami pozemkov na celom riešenom území.



Obr. 23. Oblasti identifikovaného povodňového ohrozenia a obce s reálnym výskytom II. a III. stupňa povodňovej aktivity v roku 2014

### Celkový potenciál pre vznik povodní

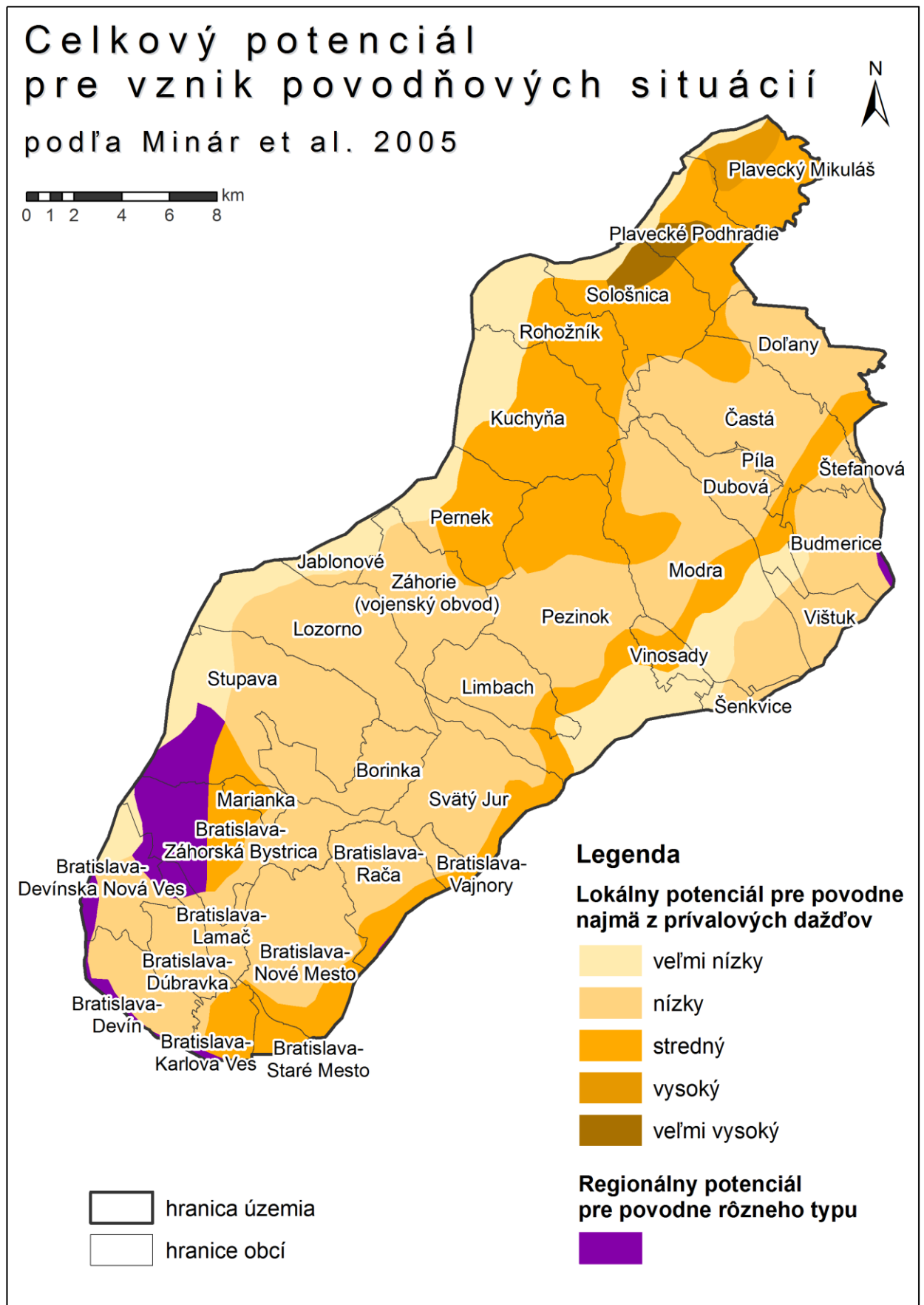
Modelovanie celkového potenciálu vzniku povodní pre územie Slovenska riešili pracovníci Katedry fyzickej geografie a geoekológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave (Minár a kol., 2005). Základným cieľom pritom bolo zohľadnenie klimatických

a hydrologických charakteristík vo vyjadrení komplexného geokoologického potenciálu krajiny pre vznik povodní, pričom hodnoty parciálneho geokoologického potenciálu boli modifikované na základe podstatnej charakteristiky ovplyvňujúcej vznik povodňovej situácie – zrážok. Charakteristika zrážok bola použitá ako kalibračný parameter, pomocou ktorého sa minimalizovala odchýlka medzi modelom a hydrologickými empirickými modelmi, reflektujúcimi výskyt povodňových situácií na slovenských tokoch v uplynulom desaťročí. Významným bol kalibračný parameter „Maximálny denný úhrn zrážok v mm s pravdepodobnosťou opakovania sa raz za 100 rokov“. Celkový (komplexný geokoologický) potenciál krajiny pre vznik lokálnych povodní bol definovaný vzťahom:

$$CP = nGP + c_1 * nZ_{\max 100},$$

kde CP predstavuje celkový potenciál pre vznik lokálnych povodní, nGP je hodnota parciálneho geokoologického potenciálu pre nižšiu hierarchickú úroveň normalizovaná podľa vzťahu  $nGP_i = (GP_i - GP_{\min}) / (GP_{\max} - GP_{\min})$ ,  $nZ_{\max 100}$  je hodnota maximálneho denného úhrnu zrážok normalizovaná rovnakým spôsobom ako GP, a  $c_1$  sa rovná kalibračnému koeficientu (ako najvhodnejšia hodnota sa ukázala  $c_1 = 0,0602$ ).

Ako typy georeliéfu s vyšším potenciálom pre vznik povodní boli uvažované najmä horizontálne rozčlenené roviny (zväčša medzihrádzové časti nív) a rovinné depresie, pričom nižšie ležiaci segment nivy toho istého toku nemohol mať vyšší potenciál vzniku povodní, pokiaľ na kontakte týchto segmentov neústi do rieky významnejší bočný prítok. Všeobecne najnižší potenciál povodňového ohrozenia z privalových dažďov (kategória 1) majú nižšie položené západne lokalizované časti katastrálnych území Kuchyňa a Lozorno ležiace mimo oblasti Malých Karpát. Zároveň ale každé z katastrálnych území riešeného regiónu Malých Karpát zasahuje svojou časťou minimálne do 2, respektíve 3 kategórie ohrozenia (stredný potenciál) vrátane mestských častí Bratislavy. Rizikovými sú najmä lokality so sídlami v úzkych dolinách, v blízkosti úpätí a náplavových kužeľov tokov vytekajúcich z Malých Karpát (napr. pás juhovýchodného úpätia Malých Karpát od Bratislavy po Doľany). Celkovo k potenciálne najviac ohrozeným lokalitám (vysoký až veľmi vysoký potenciál) podľa metodiky Minár a kol. (2005) patria Záhorská Bystrica, Mást, Stupava, Plavecký Mikuláš, Plavecké Podhradie a Sološnica. Karlova Ves, Devín, Devínska Nová Ves, Záhorská Bystrica, Mást a Stupava sú ohrozené aj iným typom povodní, napr. na Dunaji, Morave alebo iných riekach (Obr. 24, Mapa 2).



Obr. 24. Celkový potenciál pre vznik povodňovej situácie podľa Minár a kol. (2005)



## Ohrozenie povodňami v malých povodiach

Tradičný inžiniersky prístup k ochrane pred povodňami je založený na výstavbe vodných nádrží, ochranných hrádzí, poldrov a na úprave korýt. Aj v súčasnosti ide o významným prvkom ochrany pred povodňami. Sprievodným javom jeho aplikácie sú však aj negatívne stránky, na ktoré netreba pri jeho aplikácii zabúdať. Kritické stanoviská k uplatňovaniu výlučne inžinierskeho a fragmentárneho prístupu k preventívnej protipovodňovej ochrane viedli v posledných niekoľkých rokoch k sformovaniu nového postoja k ochrane pred povodňami. Tento postoj sa postupom času pretransformoval do novej paradigmy. Táto zmena súvisí predovšetkým so zmenou hodnotového systému spoločnosti, v rámci ktorého ochrana prírodného prostredia a ochrana pred povodňami majú približne rovnaký význam a optimálny protipovodňový systém je kompromisom medzi týmito dvoma cieľmi.

Nový prístup sa vyznačuje:

- k protipovodňovej ochrane sa pristupuje na báze celého povodia,
- protipovodňová ochrana je založená na manažmente povodňového rizika,
- v procese stanovovania povodňového rizika sa väčší dôraz kladie na hodnotenie zraniteľnosti obyvateľstva voči povodni a na zohľadnenie nemajetkových škôd a útrap, ktoré im povodeň spôsobí,
- výber optimálnej protipovodňovej stratégie a protipovodňových opatrení sa uskutočňuje transparentným spôsobom a do rozhodovacieho procesu sú zapojené štátne aj lokálne samosprávne orgány, inštitúcie a organizácie podieľajúce sa na hospodárení v povodí, ako aj obyvatelia, ktorí sú ohrozovaní povodňami.

Manažment povodňového rizika patrí medzi kľúčové atribúty nového prístupu. Analýza povodňového rizika si vyžaduje informácie o atribútoch sociálneho, ekonomického a environmentálneho systému, ktoré sú citlivé na poškodenie záplavou. Na ich základe je potom v relatívnej alebo absolútnej podobe vyjadrená výška potenciálnych negatívnych dôsledkov spôsobených povodňou.

Mapy povodňového ohrozenia a mapy povodňového rizika sú podľa smernice ES (Smernica ES/60/2007) súčasťou plánov manažmentu povodňového rizika povodí. Tradičný prístup protipovodňovej ochrany založený na uplatňovaní bezpečnostných štandardov (t. j. stanovenie napr. výšky hrádzí, objemu vodných nádrží, plochy priečneho profilu koryta vzhľadom na hodnoty  $N$  – ročných maximálnych prietokov) sa analýzou a manažmentom povodňového rizika nezaobera. V tejto súvislosti však vzniká otázka, či mapy súčasného stavu povodňového rizika sú postačujúcim informačným zdrojom pre jeho manažment.

Tieto mapy zohľadňujú hlavne sociálno-ekonomické podmienky lokalít v zaplavených zónach. V protiklade s týmito fyzicko-geografickými atribútmi povodí, ovplyvňujúce spôsob transformácie zrážok do odtoku, zostávajú nepovšimnuté. Fyzicko-geografické atribúty povodia ovplyvňujú tri dôležité hydrologické premenné: priestory na zadržiavanie vody, infiltrácia a pohyblivosť vody (Smith a Ward 1998). Tie sa potom premietajú aj do vlastnosti povodia, ktorá sa označuje ako dispozícia povodia pre povodne (Weingartner et al. 2003) alebo ako geoeologický povodňový potenciál (Minár et al. 2005) resp. povodňová hrozba (Solín 2008). Rozdielna náchylosť povodí na vznik povodňových situácií je významným faktorom, ktorý je potrebné zohľadniť pri manažmente povodňového rizika.

Základný súbor malých povodí Slovenska plní funkciu základných priestorových jednotiek, pre potreby regionálnej taxonómie. Vytvorený bol Solínom a Greškovou (1999) prostredníctvom úpravy rozvodníc. Súbor obsahuje 1 678 povodí rozprestierajúcich sa v horských a pahorkatinných oblastiach Slovenska s plochou povodia v intervale 5 – 150 km<sup>2</sup>. K súboru je priradená databáza

reprezentujúca reliéfové, substrátové, pôdne a zrážkové pomery a charakter krajiny pokrývky týchto povodí (Solín et al. 2000).

Konkrétne sú to:

- Pôdno-substrátové vlastnosti povodí, ktoré sú vyjadrené indexom priepustnosti pôdnej textúry (IPT) a indexom priepustnosti pôdnej štruktúry (IPS).
- Reliéfové pomery charakterizuje priemerná nadmorská výška (PNVP) a priemerný sklon (PSP), ktorý je vyjadrený v stupňoch.
- Charakter krajiny pokrývky povodia vyjadruje percento zalesnenia (L).
- Hydrologické atribúty reprezentuje početnosť povodňových situácií v povodiach.

V prípade tejto databázy sa za povodňovú situáciu podľa právnych noriem SR (Z.z.č. 666/2004) považovaný stav v rieke, ktorý si vyžiadal vyhlásenie tretieho stupňa povodňovej aktivity, t. j. stavu ohrozenia. Početnosť týchto povodňových situácií bola určená na základe databázy ich výskytu v obciach Slovenska v období 1996-2006. V tomto prípade je teda povodňová hrozba vyjadrená prostredníctvom frekvencie povodňových situácií. Na základe početnosti povodňových situácií v povodí môžeme tvrdiť, že povodia s ich vysokou frekvenciou majú vysokú úroveň povodňovej hrozby a opačne, povodia, v ktorých je nízka frekvencia povodňových situácií majú nízku povodňovú hrozbu. Odvodenie úrovne povodňovej hrozby len na základe empiricky zistenej početnosti povodňových situácií by bolo korektné len za predpokladu, že podkladom na stanovenie početnosti povodňových situácií boli dlhodobé a systematické pozorovania. A to je problém. Informácie o výskyte povodňových situácií, ktoré sú získané na základe empirie, sú relatívne krátke. A v prípade, že ich získavame len z hydrologických pozorovaní na vodných tokoch, tak sú k dispozícii len z obmedzeného počtu pozorovacích stanovísk a obmedzeného počtu povodí.

Alternatívny spôsob identifikovania regionálnych tried povodňovej hrozby je založený na fyzicko-geografických atribútoch povodí a ich vplyve na základné črty odtokového procesu. Prvotnou príčinou vzniku povodňových situácií sú zrážkové, resp. klimatické situácie. Priestorová variabilita fyzicko-geografických atribútov povodí však spôsobuje, že rovnaké zrážky, ktoré spadnú na povodia s rozdielnymi fyzicko-geografickými vlastnosťami nemusia mať vždy za následok vznik povodňovej situácie. V prípade tohto prístupu však opätovne narážame na problém nedostatku vstupných dát a to konkrétne hydrologických atribútov. Hydrologické atribúty, charakterizujúce základné črty odtokového procesu, sú k dispozícii len z obmedzeného počtu povodí s hydrologickým pozorovaním. Pre ostatné povodia je nevyhnutné základné črty odtokového procesu odvodiť z fyzicko-geografických atribútov. Preto prvým metodologickým problémom je identifikovanie tých fyzicko-geografických atribútov, ktoré rozhodujúcim spôsobom formujú základné črty odtokového procesu.

Základné črty odtokového procesu v povodí môžeme okrem slovného kvalitatívneho vyjadrenia, ktoré je výsledkom vizuálnej interpretácie vyjadriť aj kvantitatívnym spôsobom, a to formou base flow indexu (BFI), ktorý je definovaný ako podiel základného odtoku na celkovom odtoku. Vysoká hodnota BFI naznačuje, že v odtokovom procese povodia dominuje základný odtok, naproti tomu nízka hodnota BFI signalizuje, že prevládajúcou formou odtoku v povodí je priamy odtok.

Výber týchto atribútov sa uskutočňuje grafickou metódou stĺpcových grafov (box plot), alebo formou porovnania aritmetických priemerov frekvencie povodňových situácií reprezentujúcich jednotlivé triedy fyzicko-geografických atribútov.

Na priestorovú diferenciáciu hodnôt BFI má výrazný vplyv len priepustnosť pôdnej textúry. Konkrétne so stúpajúcou priepustnosťou pôdnej textúry povodí sa zvyšujú hodnoty BFI. Vplyv štruktúry pôdy, reliéfových atribútov a lesnatosti na priestorovú diferenciáciu BFI je zanedbateľný.

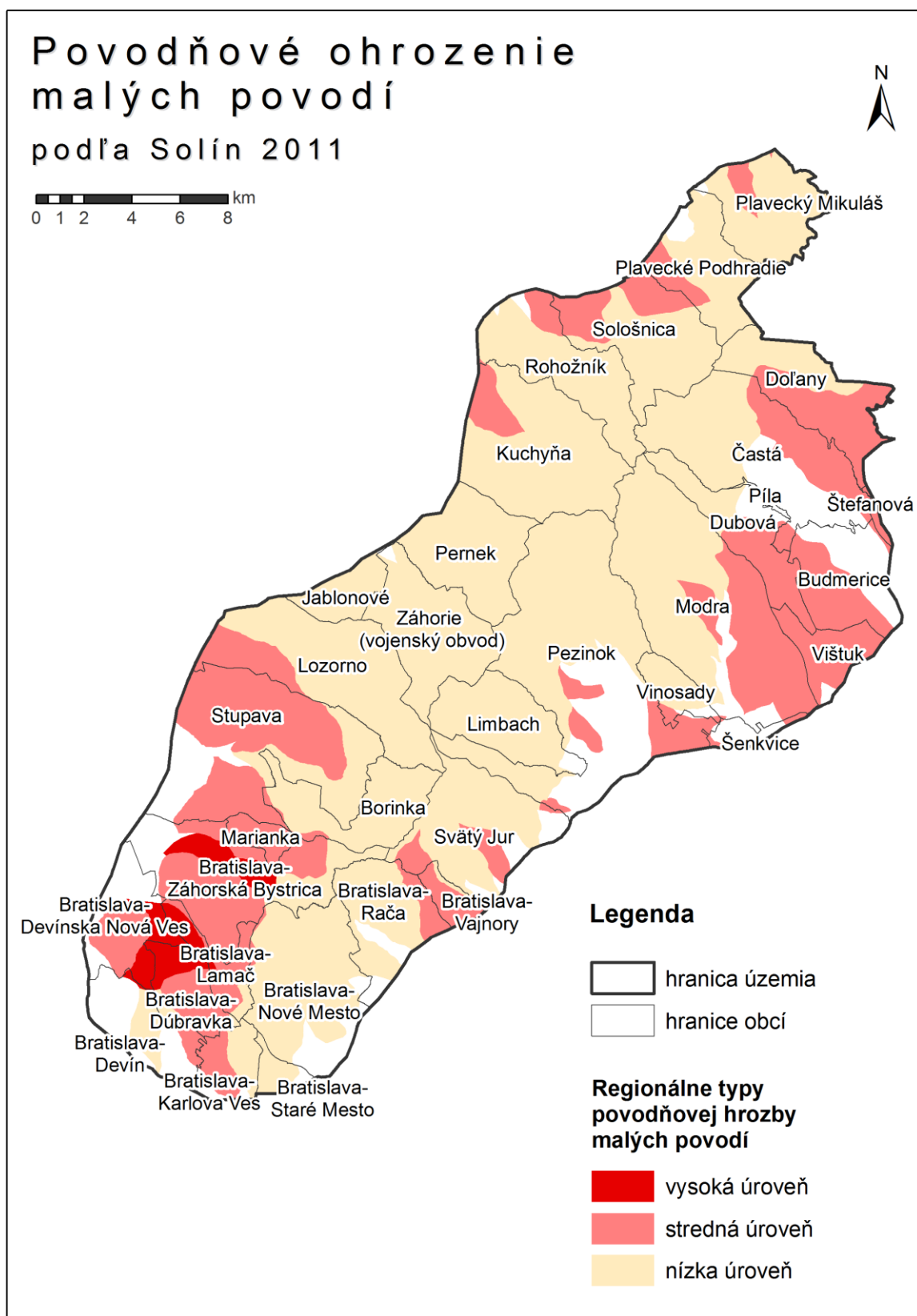
V súvislosti s reliéfovými atribútmi údaje o frekvencii povodňových situácií nepotvrdzujú predpoklad, že so zvyšovaním priemerného sklonu povodia, resp. nadmorskej výšky sa bude zvyšovať frekvencia povodňových situácií. Badateľný je však opačný trend. Najmä lesnatosť povodia a pôdna textúra sú dva ukazovatele najvýznamnejšie ovplyvňujúce priestorovú variabilitu frekvencie povodňových situácií.

Okrem systematických faktorov ovplyvňujúcich vznik povodní môžu byť príčinou vzniku povodňových situácií aj rôzne náhodné lokálne faktory, ako napr. nedostatočná prietoknosť premostení alebo údržba brehov koryta vodného toku. Avšak tieto faktory nie sú primárnou príčinou vzniku povodne, len urýchľujú jej vznik.

Teda jednotlivé oblasti povodňovej hrozby je možné vyčleniť v priestore na základe vzájomnej kombinácie priepustnosti pôdnej textúry povodia a lesnatosti povodia (asi odvolavka na mapu, inak veta nema zmysel). Práve vyššie uvedená mapa nám umožní identifikovať regionálnu variabilitu potenciálnej povodňovej hrozby povodí, čo poskytuje pre orgány štátnej správy a samosprávy, ako aj organizácie hospodáriace v povodiach základnú informáciu o tom, v ktorých povodiach je potrebné naliehavo, prioritne riešiť preventívnu ochranu pred povodňami. V prípade obmedzených verejných finančných zdrojov je mapa povodňovej hrozby relatívne objektívnym kritériom pre prednostné pridelenie finančných zdrojov na vypracovanie návrhu a podporu realizácie preventívnych protipovodňových opatrení obciam v povodiach s vyššou úrovňou povodňovej hrozby.

Rozdielna úroveň povodňovej hrozby ovplyvňuje charakter manažmentu povodňového rizika. Napríklad v povodiach s vysokou úrovňou povodňovej hrozby bude redukcia rozsahu zaplavenia prostredníctvom zmien vo využívaní krajiny menej účinná ako v povodiach so strednou alebo nízkou úrovňou povodňovej hrozby. Pravdepodobne efektívnejšia bude stratégia zameraná na:

- 1) redukciu lokálnych faktorov urýchľujúcich vznik povodňových situácií udržiavaním prietoknosti, čistoty korýt a pririeknych zón,
- 2) zmiernovanie negatívnych dôsledkov spôsobených povodňou formou zvýšenia povedomia obyvateľov o povodňovom nebezpečenstve, a to lepšou organizáciou zabezpečovacích a záchranných prác, ako aj informovanosťou o spôsoboch zatesnenia objektov i o možnostiach poistenia voči škodám spôsobených povodňou. Dôraz by sa mal klásť na vytvorenie podmienok pre čo najrýchlejšiu obnovu povodňou postihnutých lokalít.



Obr. 25. Ohrozenie povodňami v malých povodiach podľa Solín (2011)

## 7. Návrh opatrení sledujúci zníženie a zabránenie devastácie existujúcej krajinnej štruktúry

Opatrenia sú navrhnuté všeobecne pre región Malých Karpát, pri výbere konkrétnych riešení pre jednotlivé lokality v rámci katastrálnych území odporúčame spracovať podrobné štúdie a navrhnuť konkrétne krajinno-ekologické i technické riešenia vhodné pre danú lokalitu. Keďže prívalové dažde spôsobujú následné škody najmä procesmi erózie pôdy a povodňami, venujeme sa im osobitne.

### Návrh protieróznych opatrení

Prívalové povodne a erózia pôdy závisia od viacerých faktorov, najmä rozloženia chodu klimatických prvkov počas roka, osobitne nerovnomerným rozložením zrážok, ktoré významne ovplyvňuje množstvo vody v krajine a jej dynamiku. Okrem miestnych klimatických pomerov ďalšími určujúcimi faktormi je aj tvar reliéfu krajiny a štruktúra povodí. Z hľadiska významu je vplyv dlhodobých zásahov človeka na možnosť vzniku povodní až na tretom mieste v poradí. Človek so svojou činnosťou je teda len jedným z faktorov, ktoré majú na vznik povodní a následnú eróziu pôdy svoj vplyv, ale na druhej strane vhodne zrealizované opatrenia môžu výrazne zmierniť ich následky.

V riešenom území je zastúpenie lesných a poloprírodných typov areálov krajinnej pokrývky vyše 64%, poľnohospodárskych typov 26% a urbanizovaných a technizovaných areálov skoro 9%. Napriek vysokému zastúpeniu lesov ich vodohospodárska funkcia nie je bezhraničná. Lesný porast spolu s pôdou je schopný v krátkom čase viazať na seba len určité množstvo vody zo zrážok. Dokáže úspešne spomaliť jej odtok. Ak je však prostredie presýtené vodou už napríklad z predchádzajúcich dažďov, nie je les schopný absorbovať už ani krátkodobé prívalové zrážky. Retenčná kapacita hornatejšej krajiny je za týchto okolností minimálna. Tvorí sa tak ľahšie povodňová vlna, ktorá sa následne presúva v smere svahu a v nižších polohách môže spôsobiť katastrofu. Súvisiacim javom pritom je zvýšená erózia pôdy. Ani bohato zalesnená krajina ešte nemusí byť dostatočne chránená pred možnými povodňami a transportom vodou unášaného pôdneho materiálu. Sú prípady, keď sa úplne zalesnený svah po intenzívnom daždi náhle zosunul a úplne zničil nižšie položené obydlia a zariadenia. Aby bol zásah človeka v protipovodňovej a protieróznej ochrane efektívny a súčasne aj ekonomicky výhodný, musí sa vykonať predovšetkým tam, kde sa povodňová vlna začína formovať, čiže v elementárnych povodiach. Tieto sa v našom riešenom území nachádzajú zväčša na lesných pozemkoch. Zmiernenie kinetickej energie vody tečúcej povrchovo po teréne, a na dolných častiach tokov si vyžaduje už výstavbu iných opatrení a zariadení, ktoré sú finančne nákladnejšie. Aby bola protipovodňová ochrana na takýchto územiach čo najefektívnejšia, je dôležité zosúladiť činnosť človeka obzvlášť v kritických oblastiach povodia. Na lesných pozemkoch by išlo upriamiť pozornosť najmä na pestovateľskú a ťažobnú činnosť vrátane výstavby zväznic a rôzne spevnených lesných ciest a ich objektov. Nezastupiteľná, pri ochrane územia pred povodňami a eróziou pôdy, je aj úloha miestneho obyvateľstva.

Súvisiacou problematikou v riešenom území je erózia pôdy chápaná v procese uvoľňovania, transportu a ukladania pôdnych častíc. Je to fyzikálny fenomén, ktorého výsledkom je odstránenie a premiestnenie častíc pôdnej hmoty mechanickým pôsobením exogénnych činiteľov, vyznačujúcich sa určitou kinetickou energiou ako sú dažď, povrchový odtok, ľad, topiaci sa sneh, vietor a živočíchy. V našich pôdno-klimatických podmienkach, teda aj v riešenom území, sa najčastejšie vyskytuje vodná erózia pôdy, ktorá teda môže súvisieť už s vyššie spomínanými povodňami. Preto aj opatrenia na zníženie a zabránenie z povodní a erózie pôdy plynúcej devastácie krajiny by mali zvažovať tieto fenomény vo vzájomných súvislostiach.

Pri protipovodňových a protieróznych opatreniach ide v mnohých prípadoch o súbor organizačných, lesotechnických, agrotechnických a stavebno-technických opatrení, ktoré by sa mali uvážene aplikovať a vzájomne dopĺňať. Ich účelom má byť obmedzenie unášacej sily vody

a sústredeného povrchového odtoku, neškodne odvieť povrchovo odtekajúcu vodu, zachytávať zmytú pôdu a podporovať vsak vody do pôdy.

Návrh opatrení na zníženie tohto typu degradácie krajiny musí vychádzať z terénneho prieskumu a z prieskumu literatúry, ktorými sa získajú podklady na posúdenie hydrologických pomerov územia a stanovenie jeho ohrozenosti pred eróziou pôdy. Prieskum by mal vytvoriť predpoklady pre zosúladenie vodohospodárskych, protieróznych opatrení a pozemkových úprav s ostatnými zásahmi v krajine.

Vychádzajúc z charakteru krajiny a areálov riešeného územia Malokarpatskej oblasti, ako aj z terénneho prieskumu, bude potrebné vybrať pre konkrétne (ohrozené) oblasti najefektívnejšie opatrenia vodohospodárskeho a lesotechnického charakteru.

Medzi možné **negatívne faktory**, ktoré by mali byť posudzované pri návrhoch opatrení môžeme zaradiť:

- neudržiavané nespevnené lesné cesty, dočasné približovacie zemné cesty a ostatné zariadenia lesnej dopravnej siete
- nezrealizované hradenie bystrín a strží, malých tokov v kritických lokalitách a s tým súvisiaca nízka prietoknosť korýt vodných tokov, a neudržiavanie priepustnosti koryta vodného toku, a nižšie aj kanalizácie
- orba pozemkov a vinohradov po spádnicí
- historická rigolizácia pôd vinohradov – tým tvorba kultizemí s narušenou prirodzenou genézou a štruktúrou pôdy, úbytok organickej hmoty v pôde a znížená infiltrácia vody do pôdy
- časom postupne znižovaná retenčná schopnosť pôd v povodiach z dôvodu opakovaného erózneho zmyvu pôdy pri prívalových zrážkach a teda odosu jemných častíc a organickej hmoty

Medzi **efektívne opatrenia**, najmä z environmentálneho pohľadu a krajinnej štruktúry treba okrem iných zaradiť najmä:

- dodržanie zakázaných činností z pohľadu ochrany prírody (CHKO, Natura 2000, chránené vtáacie územia, ap.)
- dodržiavanie postupov v lesohospodárskych činnostiach (výsadba a výchova porastov, prerezávka, prebierka, ťažba, ap.)
- oprava existujúcich a obmedzenie novej výstavby nespevnených zväznic a ciest v kritických územiach, povodiach
- realizácia hradenia bystrín a údržba brehových porastov (v zónach zdrojových, z. transférových a z. odozvových)
- na dolnej hranici lesa a hornej hranici viníc preverenie stavu vybudovaných zvodných rigolov, resp. navrhnuť nové
- obhospodarovanie viníc s ohľadom na eróžno-sedimentačné procesy – trávnaté pásy vo vinohradoch
- podľa potreby navrhovať účelné protierózne priekopy na doplnenie hydrografickej siete v povodiach (záchytné, zberné, zvodné)
  - o protierózne priekopy
  - o protierózne hrádzky
  - o záchytné nádrže – poldre popri malých tokoch, nad poldrom prehrádzky, napríklad z drôtokamenných košov (viď. hradenie bystrín)

Z doterajších poznatkov praxe v rôznych podmienkach Slovenska, ako aj z literatúry vyplýva, že pozornosť ochrany pred povodňami a eróznym zmyvom by sa mala orientovať na najkritickejšie fenomény v malých povodiach ako na lesnej tak aj na poľnohospodárskej pôde. Jedným z takých je existencia a starostlivosť o lesné cesty a súvisiace objekty, ako aj o časti pozemkov so sklonom bez vegetácie, prípadne inak degradácii pôdy naklonené lesné

a poľnohospodárske pozemky. Zemné druhy komunikácií a súvisiacich objektov a zariadení lesnej dopravnej siete spôsobujú na lesnej pôde najzávažnejšie erózne ohrozenie a erózia lesnej pôdy je po škodách spôsobených na lesoch imisiami najväčším problémom (Klč, 1998). V hydrologickej oblasti ide o opatrenia pre zvyšovanie retenčného potenciálu územia zadržaním vody v povodí na tokoch najmä formou hradenia bystrín a strží a výstavbou suchých nádrží – poldrov, ako jednej z možností technických opatrení protipovodňovej ochrany (Antal, Fílder a kol., 1989, Szolgay a kol., 2003).

Pokiaľ ide o lesné cesty (zemné, štrkové, alebo spevnené makadamom) v riešenom území, je po ich prieskume a prehliadke následne potrebné zväziť, aký druh starostlivosti, údržby, alebo opravy, či sanácie si vyžadujú. Lesné cesty a ich objekty, najmä nespevnené a dlhodobo neudržiavané sú často problémom vzniku intenzívnej vodnej erózie. Podľa ich súčasného stavu môže ísť o nasledovné aktivity alebo opatrenia:

- vyčistenie odvodňovacích zariadení, priekop a odrážok, zabezpečenie funkčnosti odvodnenia jeho vyčistením, prehĺbenie priekop. Odstránenie krov a vegetácie z telesa cesty v prípade jej zfunkčnenia a využívania v budúcnosti
- odstránenie rôznych prekážok na ceste
- vybudovanie nových, alebo zhustenie existujúcich odrážok na korune cesty
- oprava odvodňovacích zariadení, obnova priekop, úprava výkopových a násypových svahov, zasypávanie eróziou vymletých miest, vyrovnanie povrchu koruny cesty
- podľa skutočného stavu lesných ciest, zväznic a zariadení lesnej dopravnej siete, prístupenie k väčším zemným prácam, k úprave pozdĺžneho a priečného profilu cesty, stabilizácia svahov telesa cesty, prípadne zalesnenie a zatravnatenie cesty nevhodnej na rekonštrukciu a ďalšiu prevádzku.

Ide teda len o základné druhy činností komplexnejšej starostlivosti o lesné cesty pričom ich výpočet môže byť širší a ponechaný na posúdenie skutočného stavu cesty a disponibilných finančných zdrojov.

Druhou oblasťou je otázka opodstatnenosti výstavby suchých nádrží - poldrov v povodiach, ktorá spočíva v ich funkcii – transformácii povodňovej vlny. Ich výhodou je pomerne jednoduchá technológia výstavby s využitím miestnych materiálov. Prieskum a návrh umiestnenia a parametrov poldra zabezpečujú vodohospodárski odborníci, včítane posúdenia stability svahov poldra, ako aj overenie prechodu návrhovej povodňovej vlny cez polder.

Návrh možných protipovodňových a protieróznych opatrení ku kategorizácii areálov riešeného územia na lesnej a poľnohospodárskej pôde sa dá podľa doteraz známych postupov zhrnúť nasledovne (Antal, Fílder a kol. 1989, Fulajtár, Janský 2001, Holý 1994, Janeček 2008, Zachar a kol. 1984):

### **Organizačné opatrenia**

Delimitácia kultúr (ochranné zatravnatenie, ochranné zalesnenie, protierózne rozmiestnenie kultúr, pásové striedanie plodín, Obr. 26)

Pozemkové úpravy (veľkosť a tvar pozemkov)

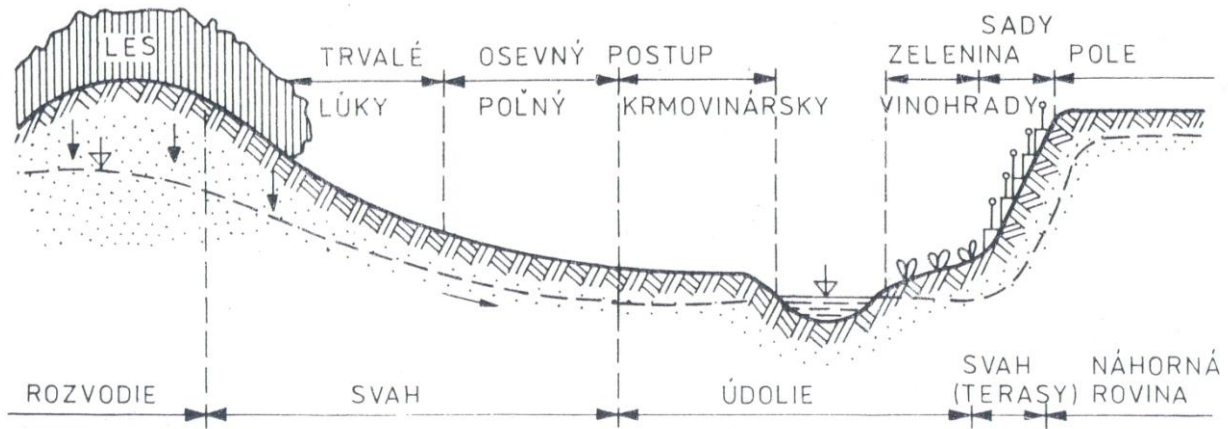
### **Agrotechnické, lesotechnické a vegetačné opatrenia**

Orná pôda – obrábanie po vrstevnici, výsevy do strniska, jamkovanie povrchu pôdy, hrádzkovanie, podrývanie, ochranné medziplodiny, ochranný podsev

Pasienky – protierózna organizácia pasenia, protierózna obnova trávnatého krytu

Vinice a sady – zatravnatenie medziriadkov

Lesná pôda – vsakovacie lesné pasy

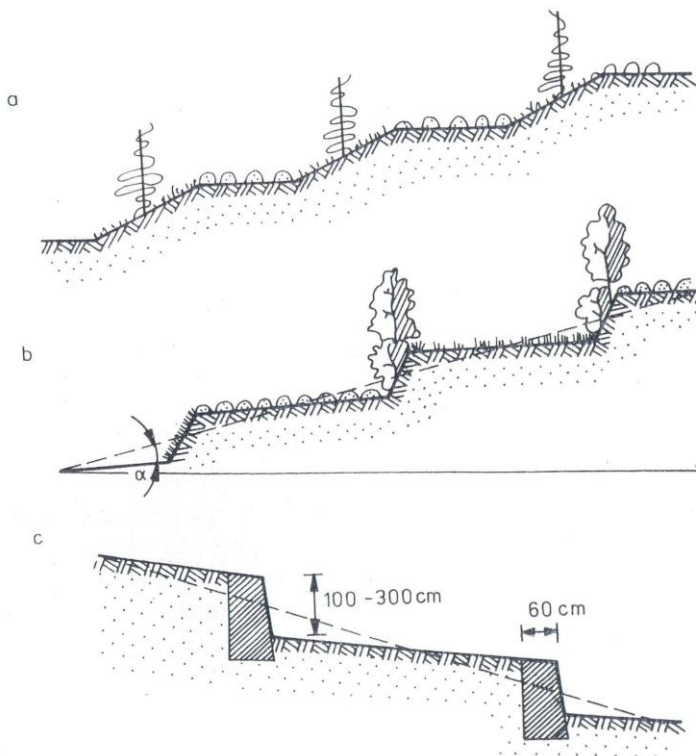


Obr. 26. Návrh ideálneho rozmiestnenia kultúr podľa reliéfu územia (Antal, Fidler, 1989)

### Stavebnotechnické opatrenia

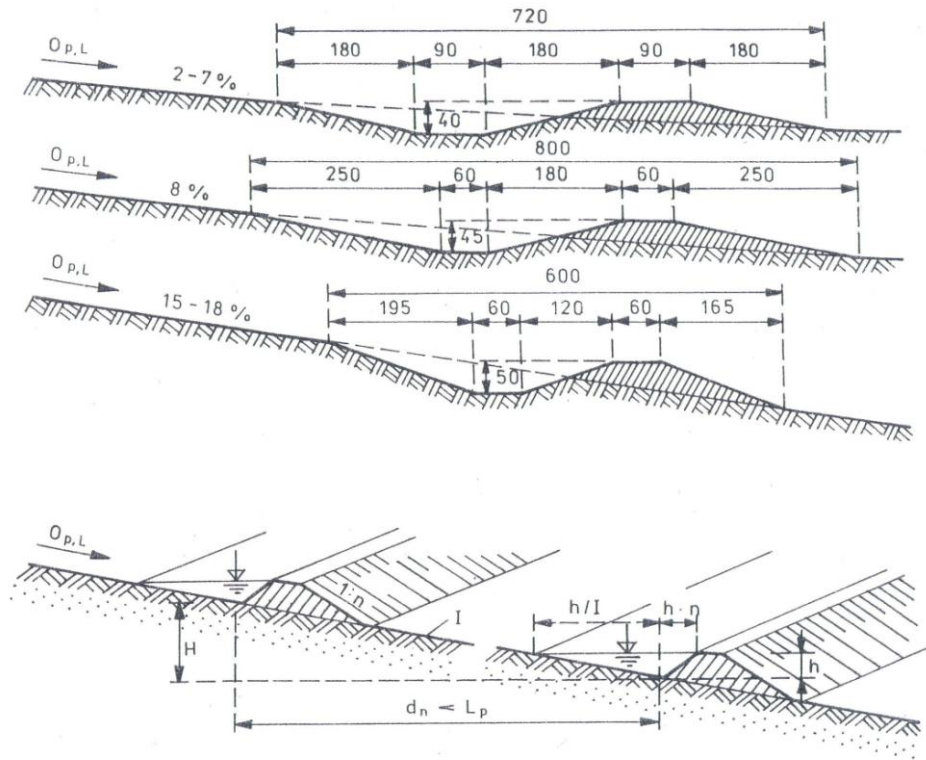
Zemné úpravy a urovnávky terénu, protierózna hrádzky a priekopy, terasovanie  
 Protierózne hrádze a nádrže, úprava výmolov a strží, hradenie bystrín

Príklady návrhov úprav terás sú na Obr. 27, 28 a 29. Ukážky návrhov odvodňovacích a protieróznych priekop sú na Obr. 30.

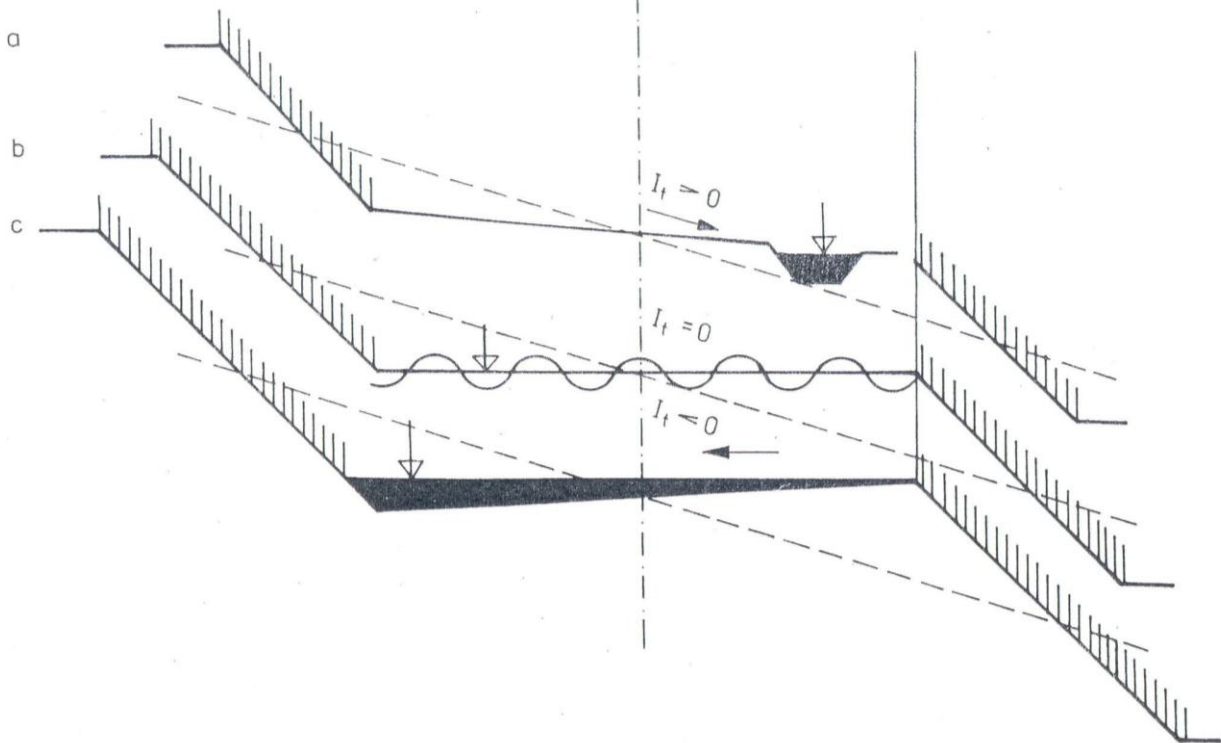


Obr. 27. Priečny rez stupňovitými terasami podľa Antal, Fidler (1989): a, b – zemné terasy s vegetačným opevnením, c – murované terasy s oporným múrom

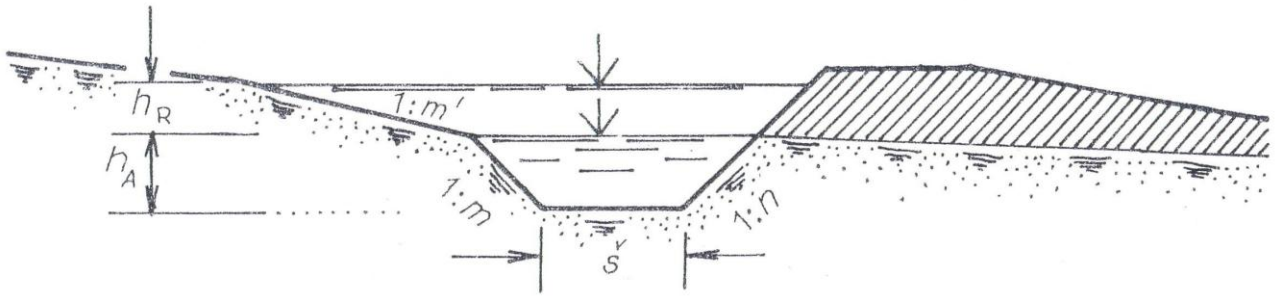




Obr. 28. Priechy rez prielohovými a hrádzkovými terasami (Antal, Fidler, 1989)



Obr. 29. Úprava záchytného priestoru stupňovitých teras: a – terasy s pozitívnym sklonom, b – terasy s nulovým sklonom, c - terasy s negatívnym sklonom (Antal, Fidler, 1989)



Obr. 30. Priechy rez záchytnej odvádzacej priekopy (Holý, 1994)

Výber opatrení pre konkrétne územia závisí od miery skutočného poškodenia a degradácie územia, ako aj od potenciálnej hrozby danej napríklad prírodnými a stanovištnými faktormi a danosťami. V prípade rozdelenia ohrozenosti záujmového územia do kategórií od menej ohrozenej (č. 1) až po najohrozenejšiu (č. 5) by bolo účelné v návrhoch opatrení protipovodňovej a protieróznej ochrany uviesť kombináciu dopĺňajúcich sa opatrení, čo by zabezpečilo ich vyššiu efektívnosť. Napríklad, hypoteticky, opatrenia organizačného charakteru by mohli byť vhodné pre kategórie územia 1 a 2, agro- a leso-technické opatrenia pre kategórie území 2, 3, 4, a stavebnotechnické opatrenia pre kategórie území s najvyššou hrozbou poškodenia degradačnými javmi 3, 4 a 5. Konkrétny návrh však musí byť podložený dôkladným terénnym prieskumom, štúdiom histórie povodní v danej lokalite, modelovaním, ako aj hydrologickými a hydrotechnickými výpočtami pre navrhované opatrenia.

**Návrh protipovodňových opatrení**

Protipovodňovú ochranu je možno uskutočňovať prostredníctvom opatrení rôzneho charakteru. Všeobecne by sme ich mohli rozdeliť na opatrenia technické a netechnické. Medzi technické opatrenia môžeme zaradiť úpravy koryta, ochranné hrádze, obtokové korytá, priehradné nádrže a poldre. Medzi netechnické opatrenia patria manažment povodí (zalesňovanie), zasakovacie pásy, udržiavanie mokradí a vytváranie prirodzených inundačných priestorov (Tab. 7).

Tab. 7. Pozitívne a negatívne účinky vybraných protipovodňových opatrení (Hazlinger, 2007)

<b>Druh protipovodňového opatrenia</b>	<b>Pozitívne účinky</b>	<b>Negatívne účinky</b>
Úprava koryta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- urýchlenie odtoku vody</li> <li>- rýchle prevedenie povodne</li> <li>- zabránenie inundáciám do krajiny</li> <li>- získanie nového územia v bývalom inundovanom priestore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nedostatok vody v období nízkych prietokov</li> <li>- zvýšenie energie vody na nebezpečnú úroveň</li> <li>- devastácia živočíšnych a rastlinných spoločenstiev v toku</li> <li>- zánik mŕtvych ramien</li> <li>- urýchlenie kulminácie a možnosť stretania sa kulminácií povodňových vln</li> <li>- nebezpečenstvo erózie brehov</li> </ul>
Hrádzovanie koryta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zabránenie inundáciám do využívanej krajiny a do sídiel</li> <li>- v prípade odsadených hrádzí čiastočná inundácia do medzihrádzového priestoru = tlmenie energie vody a sedimentácia nepostihujúca krajinu za hrádzami</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zabránenie povodňovaniu lužného lesa od povodní závislého</li> <li>- v prípade porušenia hrádze neschonosť vody vrátiť sa do koryta</li> <li>- nebezpečenstvo vnútorných vôd</li> <li>- klamlivý pocit všeobecnej istoty pre obyvateľstvo za hrádzami</li> </ul>
Obtokové povodňové korytá	<ul style="list-style-type: none"> <li>- odvedenie povodňových vôd v prípade prekročenia kapacity hlavného koryta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vytvorenie ostrova = v prípade povodne extrémne ohrozené územie</li> </ul>
Priehradné nádrže s retenčnými priestormi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- retardácia povodňovej vlny</li> <li>- posunutie kulminácie povodňovej vlny</li> <li>- možnosť nadlepšovania minimálnych prietokov</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- extrémny zásah do krajiny</li> <li>- sedimentácia v nádrži</li> <li>- vytvorenie hladnej vody a erózie v koryte pod nádržou</li> <li>- v prípade nesprávnej manipulácie minimálna schopnosť ovplyvňovať vlnu, aj keď sa to nižšie po toku očakáva</li> <li>- zatopenie územia</li> </ul>
Polder	<ul style="list-style-type: none"> <li>- retardácia povodňovej vlny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zanášanie dna kalmi a degradácia pôdy v ňom</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- posunutie kulminácie povodňovej vlny</li> <li>- možnosť poľnohosp. využitia dna poldra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nutnosť stálej údržby hrádze aj dna</li> <li>- ohrozenie pevnosti hrádze živočíchmi</li> <li>- nebezpečenstvo vnútorných vôd</li> </ul>
Zalesňovanie horných častí povodia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zníženie okamžitého odtoku a postupné prevedenie jeho časti na základný odtok</li> <li>- retencia povodňovej vlny</li> <li>- oddialenie a sploštenie kulminácie</li> <li>- zlepšenie kvality životného prostredia</li> <li>- nadlepšovanie minimálnych prietokov</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zabratie poľnohospod. alebo inak využívanej pôdy lesom</li> <li>- neznalosť správania sa lesa pri dlhodobejšom zaťažení extrémnymi zrážkami</li> </ul>
Mokrade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- retencia povodňovej vlny</li> <li>- oddialenie a sploštenie kulminácie</li> <li>- vytvorenie biocentier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zabratie poľnohosp. alebo inak využívanej pôdy</li> <li>- relatívne malé retenčné schopnosti</li> </ul>
Zasakovacie pásy	<ul style="list-style-type: none"> <li>- znižovanie rýchlosti odtoku</li> <li>- znižovanie miery erózie</li> <li>- retencia vody v hornej časti povodia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- záber poľnohospodársky využívanej pôdy</li> <li>- možné problémy v oblasti majetko – právnych vzťahov</li> </ul>
Drobné prehrádzky na tokoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- znižovanie rýchlosti vody v malých tokoch</li> <li>- znižovanie miery erózie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- deštrukcia v prípade povodne nesie riziko vytvorenia prekážok na toku troskami</li> </ul>
Riadená inundácia do územia (voľná krajina len v prípade krajnej núdze, lužný les)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kontrolovaná retencia povodňovej vlny</li> <li>- zdržanie kulminácie</li> <li>- umelé povodňovanie lužného lesa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zanesenia územia povodňovými kalmi</li> <li>- znehodnotenie úrody na poliach</li> <li>- sekundárne ohrozenie inak chránených objektov</li> <li>- možnosť kalamitného výskytu komárov</li> <li>- možnosť úhynu zveri</li> <li>- nekontrolovateľný postup povodňovej vlny</li> </ul>
Neriadená inundácia do lužného lesa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- retencia povodňovej vody</li> <li>- zdržanie kulminácie</li> <li>- oživenie od povodní závislých mokradí a spoločenstiev</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- neistota pri odhade celkovej možnosti retencie</li> <li>- rozšírenie komárov</li> <li>- úhyn zveri</li> <li>- zmena využitia územia = problémy v majetkovo – správnej oblasti</li> <li>- nekontrolovateľný postup povodňovej vlny.</li> </ul>

Samozrejme nie všetky opatrenia sú v záujmovom území rovnako uskutočniteľné. Dominujú tu krátke vodné toky v úzkych dolinách, kde sú možnosti protipovodňovej ochrany do značnej miery limitované nedostatkom priestoru. Aktuálne sú v tomto priestore použité viaceré typy protipovodňových opatrení. V rámci Plánu manažmentu povodňového rizika v povodí Váhu boli vo vybraných lokalitách navrhnuté nasledujúce opatrenia netechnického charakteru:

**Obec Častá:** zachovať lesné porasty v katastrálnom území obce, ktoré zachytia zvýšené množstvo vody,

- vyčistiť odvodňovacie kanály situované v katastrálnom území (k.ú.) obce,
- uvažovať s odkrytím Štefanovského potoka v strede obce,
- pri odvodňovacom kanáli dodržať ochranné pásmo šírky min. 5 m od brehovej čiary kanála obojstranne,
- pri vodných tokoch a plochách dodržať ochranné pásmo šírky min. 6 m od brehovej čiary obojstranne slúžiace pre výkon správy toku a vodnej plochy.

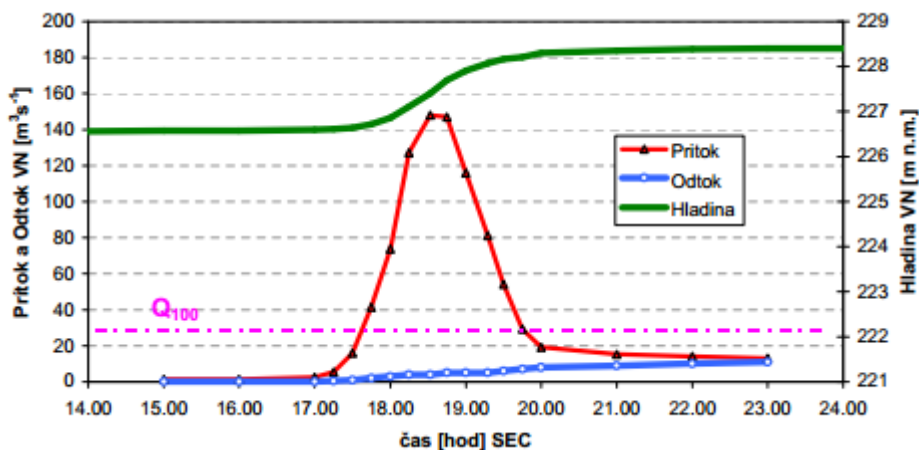
**Obec Dubová:** zachovať lesné porasty v k.ú. obce, ktoré zachytávajú zvýšené množstvo vody,

- vyčistiť, resp. prehĺbiť odvodňovacie kanály situované v k.ú.,
- vybudovať nové záchytné priekopy v polohách nad kompaktno zastavaným územím,
- ochranné pásmo vodných tokov a odvodňovacích kanálov šírky 5 m od brehovej čiary obojstranne pre výkon správy vodného toku,
- ochranné pásmo chráneného Dubovského a Berinského potoka šírky 10 m od brehovej čiary toky obojstranne,
- ochranné pásmo malej vodnej zdrže na Berinskom potoku šírky 2 m od max. hladiny vody v nádrži a v mieste prehradenia dvojnásobok výšky hrádze od jej vzdušnej päty.

**Svätý Jur:** v území katastra mesta je potrebné zachovať prietočnosť uvedených tokov a nevykonávať

- zásahy, ktoré by ju obmedzovali, ani zásahy, ktoré by vytvárali predpoklady pre nekontrolované splavovanie svahov Malých Karpát do urbanizovaných štruktúr.
- Ochranné pásmo Šúrskeho kanála je vymedzené na šírku min. 10 m od vzdušnej päty ochrannej hrádze a Júrskeho potoka 5 m od brehovej čiary. Do vymedzeného ochranného pásma a pobrežného pozemku je zákaz umiestnenia vedenia a zariadenia technickej infraštruktúry, stavby trvalého charakteru a súvislú a vzrastlú zeleň, mimo nevyhnutného technického vybavenia pre mimoriadne situácie a to vodovodu a pre bezpečnosť aj zariadenia verejného osvetlenia, pričom zariadenia dažďovej kanalizácie rešpektujú 10 m ochranné pásmo Šúrskeho kanála.

Intravilán obcí je spravidla chránený úpravami vodných tokov. Iba lokálne (Borinka, Píla) sa ešte v intraviláne vyskytuje prirodzené, alebo kvázi prirodzené koryto. V priestore BSK je vybudovaných viacero vodných nádrží, ich dominantnou funkciou ale nie je protipovodňová ochrana. Napriek tomu v prípade výskytu povodní zabezpečujú aj protipovodňovú funkciu. V prípade povodne na Gidre a Parnej 7.6. 2011 transformovala priehrada Horné Orešany na Parnej povodňovú vlnu, ktorej objem bol asi o tretinu väčší ako objem povodňovej vlny na Gidre (Pekárová a kol., 2012). Protipovodňová ochrana mesta Modra je zabezpečovaná pomocou systému poldrov.



Obr. 31. Priebek prítoku, odtoku a hladiny vody v nádrži Horné Orešany počas povodne 7.6.2011 na rieke Parná. Zdroj: Spál (2011)

Okrem stávajúcich úprav sú podľa plánu manažmentu povodňových rizík v povodí Váhu navrhnuté v oblasti BSK aj nasledujúce technické opatrenia:

### **Svätý Jur – Jurský potok v rkm 0,000 – 3,500**

*Úpravu toku v rkm 1,138 – 1,650:*

navrhovaná úprava má dĺžku cca 512,00 m a je navrhnutá na  $Q_{100} + 0,20$  m,

profil úpravy koryta je navrhnutý v tvare typu A, B a C:

Typ A (rkm 1,138 – 1,468 a 1,538 – 1,647) - lichobežníkového tvaru, šírka v dne 1,50 m, sklon svahov je 2:1,

Typ B (rkm 1,468 – 1,538) - obdĺžnikového tvaru, šírka v dne 1,50 m,

Typ C (rkm 1,647 – 1,650) - zložený prierez, šírka v dne kynety 1,50 m, výška kynety 1,00 m, sklon svahov 1:1, šírka beriem je 1,10 m, sklon svahov 2:1,

opevnenie profilu:

- jednoduchý profil úpravy je navrhnutý z betónových múrov šírky 0,30 m, buď zvislých alebo šikmých svahov v skone 2:1, s priečnou dilatáciou v strede profilu a pozdĺžnou dilatáciou každých 12,00 – 15,00 m. Betónové múriky sú vystužené sieťovinou s krytím 0,05 m. Kamenná dlažba hr. 0,30 m bude ukladaná do betónu a špáry budú vyspravené cementovou maltou,

zložený profil je navrhnutý nasledovne: svahy kynety a dno beriem bude tvoriť kamenná dlažba uložená do zavlhnutej zmesi hrúbky 0,20 m. Dno kynety sa navrhuje z kamennej rovnatiny hrúbky 0,60 m, hmotnosti kameňa 80,00-200,00 kg,

priečny prah je navrhnutý na začiatku úpravy (rkm 1,138) pre potreby stabilizovania úpravy. Je navrhnutý z kamennej nahádzky s hmotnosťou do 250,00 kg s urovnáním líca, rozmerov 1,00 x 1,00 m.

na zachytávanie dažďových splachov z územia je navrhnuté vybudovať prah z lomového kameňa (rkm 1,650),

na zabránenie možných tlakov vnútorných vôd ako aj spätnému napájaniu územia pozdĺž potoka je navrhnuté osadiť do profilu, 0,30 m nad dno PVC rúrka DN20 každých 10,00 m na obidve strany,

usadzovací bazén na začiatku úpravy bude potrebné prečistiť od existujúcich nánosov, zabezpečiť stabilitu svahov kamennou nahádzkou s urovnáním líca hrúbky 0,30 m, hmotnosti kameňa do 50,00 kg, vymeniť poškodené a doplniť chýbajúce hrablice na vtoku do krytého profilu,

v upravovanom úseku je podľa hydraulických výpočtov bystrinné prúdenie, preto sa na zmiernenie pozdĺžneho sklonu navrhujeme vybudovať 9 stupňov v dne o výške 0,30 m (rkm 1,232; 1,250; 1,288; 1,512; 1,520; 1,532; 1,542; 1,562; 1,581),

odstránenie premostení (20ks) znižujúce prietoknú kapacitu v rkm 1,14; 1,147; 1,205; 1,222; 1,237; 1,257; 1,267; 1,416; 1,436; 1,437; 1,448; 1,463; 1,503; 1,515; 1,523; 1,527; 1,537; 1,598; 1,606; 1,621[3].

*Alternatíva:* Nenavrhujeme alternatívu z dôvodu stiesnených pomerov v blízkosti vodného toku (vybudovaných ciest, rodinných domov, postavených oplotení na brehových hranách vodného toku).

### **Bratislava - Rača – Banský potok v rkm 0,000 – 0,450**

Navrhujeme – *vybudovať preložku vodného toku Banský potok* (súčasť stavby“ Polder na Banskom potoku“):

celková dĺžka navrhovanej preložky potoka je 107,20 m (rkm 1,45 – 1,557), z toho 7,00 m pri konci úpravy a 19,00 m na začiatku úpravy tvoria prechod medzi novým a starým korytom potoka, prechodové úseky sa na dĺžke 5,00 + 10,00 m budú opevnené kamennou nahádzkou s hmotnosťou do 80 kg,

šírka dna koryta preložky je navrhnutá 1,20 m a priemerná hĺbka 1,40 m,

svahy do výšky 0,90 m nad dno bude spevnený kamennou rovnaninou s kameňmi do 80 kg hmotnosti, ktorá bude opretá o kamennú pätku s rozmermi 0,40 x 0,40 m,

pod kamennú rovnaninu bude uložená geotextília,

pri začiatku a konci úpravy bude opevnenie zastabilizované stabilizačnými prahmi s rozmermi 0,60 x 0,60 m z lomového kameňa na cementovú maltu,

v km 0,069 preložky koryta bude v koryte osadené hrubé drevené hrablice na zachytenie väčších splavenín (drevo, konáre a pod.). Sú navrhnuté z impregnovaných kolov Ø 20,00 cm z bukového dreva, s roztečou 80,00 cm. Hrablice s výškou 80,00 cm nad terén budú baranené do hĺbky priemerne 2,50 m .

*Alternatíva k stavbe „Polder na Banskom potoku“ :* Navrhujeme – *rekonštrukciu krytého profilu vodného toku Banský potok*

v dĺžke cca 500,00 m zrealizovať rekonštrukciu krytého profilu vodného toku – tok prechádza cez areál mestského kúpaliska a pod mestskou komunikáciou hlavného mesta Bratislava,

existujúce potrubie krytého profilu bude nahradené potrubím s DN1200 po celej svojej dĺžke,

nové potrubie bude uložené do pieskového lôžka hrúbky do 2,00 m,

zhutnený pieskový zásyp potrubia bude urobený po vrstvách 0,15 m do výšky 0,30 m nad vrcholom potrubia,

na obsyp bude uložený zhutnený zásyp po vrstvách 0,15 m zo štrkopiesku,

po ukončení rekonštrukcie bude obnovené teleso cestnej komunikácie, chodníkov a areál mestského kúpaliska mestskej časti Bratislava – Rača.

### **Bratislava - Rača – Pieskový potok v rkm 0,000 – 1,200**

Navrhujeme – *vybudovať preložku vodného toku Pieskový potok* (súčasť stavby“ Polder na Pieskovom potoku“):

celková dĺžka preložky (vrátane hrádze s vývarom) bude 92,26 m,

šírka dna koryta preložky bude 1,20 m,

svahy do výšky 0,90 m budú spevnené kamennou rovnaninou, opretou o kamennú pätku,

dno koryta bude spevnené kamennými prahmi,

pred hrádzou budú osadené v koryte a na brehu hrubé hrablice z drevených pilót[2].

*Alternatíva k stavbe „Polder na Pieskovom potoku“:* Navrhujeme – *rekonštrukciu krytého profilu vodného toku Pieskového potoka*

v dĺžke cca 1200 m zrealizovať rekonštrukciu krytého profilu vodného toku – tok prechádza cez záhrady rodinných domov a pod mestskou komunikáciou hlavného mesta Bratislava,

existujúce potrubie krytého profilu bude nahradené potrubím s DN 1400 – DN1600 po celej svojej dĺžke,

nové potrubie bude uložené do pieskového lôžka hrúbky do 2,00 m,

zhutnený pieskový zásyp potrubia bude urobený po vrstvách 0,15 m do výšky 0,30 m nad vrcholom potrubia,

na obsyp bude uložený zhutnený zásyp po vrstvách 0,15 m zo štrkopiesku

po ukončení rekonštrukcie bude obnovené teleso cestnej komunikácie, chodníkov a záhrady rodinných domov a parky mestskej časti Bratislava – Rača.

### **Doľany – Podhájsky potok v rkm 9,500 – 11,500**

Na zamedzenie degradácie toku navrhujeme vybudovať v rkm 13,000 – 13,500 dve hrádzky o výške 3,0 až 4,0 metrov a šírke 30 – 40 metrov na zabezpečenie stabilizácie dna toku a na zachytenie časti prívalových dažďov. Zároveň by opatrenia chránili zdroj pitnej vody tri stoky pred znehodnotením ako to bolo v roku 2011.

V úseku rkm 11,230 – 12,800 na zmiernenie pozdĺžneho sklonu toku navrhujeme vybudovať sústavu prehrádzok z drôtokamenných košov o výške 2,5 – 3,5 metra a premenlivej šírke od 20 do 40 metrov. Zároveň do naplnenia priestoru bude plniť funkciu zachytávania plavenín a splavenín. Ako aj zmiernenie zvýšených prietokov z prívalových dažďov.

Na zachytenie splavenín a plavenín navrhujeme vybudovať v rkm 11,230 a 11,011 záchytné objekty. Záchytné objekty budú zachytávať hlavne plaveniny, ktoré by mohli upchať hrablice nachádzajúce sa pred krytým profilom.

V úseku rkm 10,510 - 11,200 navrhujeme úpravu toku na kapacitu  $Q_{100}$  (storočnej vody) nakoľko krytý profil je tiež dimenzovaný na  $Q_{100}$ . Navrhovaná úprava sa nachádza v intraviláne obce Doľany v stiesnených podmienkach. Na ľavej strane sa nachádzajú zastavané a oplotené pozemky a na pravej strane sa nachádza štátna cesta. Z tohto dôvodu navrhujeme opevnenie svahov obojstranným betónovým múrom. Pohľadová strana bude tvorená lomovým kameňom v sklone 1:5. Dno navrhujeme opevniť kamennou dlažbou z dôvodu veľkého sklonu a dosahovaniu veľkých rýchlostí vody. Na zmiernenie pozdĺžneho sklonu je potrebné vybudovať cca 80 prahov alebo stupne. V rkm 13,000 – 13,300 navrhujeme vykonať stabilizáciu dna a svahov s úpravou toku na  $Q_{20}$  (dvadsaťročnú vodu). Jednalo sa by sa o cca 52 prahov. Zároveň by úprava chránila vodný zdroj pitnej Tri stoky pred zanesením a znehodnotením.

### **Horné Orešany – Parná v rkm 21,600 - 23,200**

V intraviláne obce H. Orešany v rkm 21,900 – 23,670 je potrebné vykonať úpravu toku na  $Q_{100}$  ročnú vodu. Úprava toku by spočívala v opevnení svahov a rozšírení toku v dne. Ďalej bude nutné odstrániť pevnú časť rozdeľovacieho objektu na Orešanský náhon a zároveň vybudovať nový rozdeľovací objekt s dostatočnou kapacitou na bezpečné prevedenie povodňových prietokov.

### **Častá – Štefanovský potok v rkm 5,500 - 7,500**

Nad obcou Častá v rkm 7,200 navrhujeme vybudovať záchytný objekt splavenín a plavenín a v rkm 8,550 prehrádzku na zamedzenie degradácie koryta toku a zachytenie časti prívalových dažďov. V obci bude v rkm 6,044 – 7,000 nutné vybudovať úpravu toku na  $Q_{100}$  ročnú vodu s opevnením svahov a dna toku.

### **Píla – Gidra v rkm 32,500 - 35,000**

Počas povodňových prietokov dochádza k degradácii koryta toku a transportu splavenín a plavenín. V dôsledku čoho dochádza k zanášaniam toku v úsekoch s prirodzene menším pozdĺžnym sklonom a jeho následnému vybrežovaniu. Na zachytenie prívalových zrážok je potrebné vybudovať nad obcou dva poldre v rkm 34,200 a rkm 35,100. Predpokladáme, že objem prvého poldra bude cca 7000 m<sup>3</sup> a druhého cca 5000 m<sup>3</sup>. Významným prítokom je Kamenný potok, ktorý je pravostranný prítok Gidry. Na zachytenie prívalovej vlny navrhujeme vybudovať prehrádzku v rkm 1,800. Na zabezpečenie ochrany obce je potrebné vykonať úpravu toku v intraviláne obce Píla v rkm 34,000 – 30,830 na úroveň  $Q_{100}$  ročnej vody. Vzhľadom na veľký pozdĺžny sklon bude nutné dno toku stabilizovať stupňami a prahmi. Svahy opevniť lomovým kameňom a v stiesnených úsekoch prefabrikátmi.



### **Častá – Gidra v rkm 28,000 - 29,000**

Po povodni v roku 2011 úseku rkm 30,461 - 31,219 sa vykonala súvislá sanácia brehov lomovým kameňom. Na zmiernenie povodňových škôd je potrebné vykonávať pravidelnú údržbu vodného. Úsek sa nachádza mimo zastavaného územia obce a úprava pre ochranu okolitých pozemkov postačuje.

Aj v priestore čiastkového povodia Moravy boli v plánoch manažmentu povodňového rizika navrhnuté určité technické aj netechnické opatrenia.

### **Kuchyňa – Malina, rkm 37,90 – 40,40**

#### Opatrenia v lesoch:

- opatrenia v porastoch obhospodarovaných v normálnom režime:
  - odstránenie erózných rýh na telesách objektov LDS,
  - budovanie/znovu sfunkčnenie odrážok,
  - úprava zárezových a násypových svahov,
  - vybudovanie nových/obnova pôvodných odvodňovacích priekop a priepustov s protieróznou úpravou ich vyústení
  - rekultivácia už nepotrebných dočasných približovacích ciest
  - zvyšovať podiel prirodzenej obnovy lesa,

#### Opatrenia na poľnohospodárskej pôde:

- komplexné opatrenia, ktoré spomaľujú odtok z povodia ako sú úpravy na poľnohospodárskej pôde (orba po vrstevniciach, protierózne oševné postupy, úplnú elimináciu erózne nevhodných plodín ako kukurica a slnečnica),

#### Opatrenia na urbanizovaných územiach:

- obmedzovať spevňovanie pôdy ako súčasť urbanizácie (napr. zastavaná plocha v obývaných územiach),
- zabezpečiť opatrenia pri urbanizácii rozvojových lokalít, aby vplyvom výstavby (zmenou odtokového koeficientu) nedochádzalo k zvyšovaniu odtokových množstiev z povodia a zrážkové vody ostávali v povodí,
- pri navrhovaní zaústenia vôd z povrchového odtoku (dažďových vôd) do vodných tokov je nutné vykonať také technické opatrenia (decentrálne retencia a detencia dažďových vôd s reguláciou odtoku), aby z územia odtekalo také množstvo vôd, aké z územia prirodzene odtekalo pred zástavbou,
- pre vysokú hladinu podzemnej vody budúce rodinné domy realizovať v ohrozených lokalitách bez pivničných priestorov,

### **Kostolište – Ježovka, rkm 2,90 – 3,80**

#### Opatrenia v lesoch:

- opatrenia v porastoch obhospodarovaných v normálnom režime:
  - odstránenie erózných rýh na telesách objektov LDS,
  - budovanie/znovu sfunkčnenie odrážok,
  - úprava zárezových a násypových svahov,
  - vybudovanie nových/obnova pôvodných odvodňovacích priekop a priepustov s protieróznou úpravou ich vyústení,
  - rekultivácia už nepotrebných dočasných približovacích ciest
  - zvyšovať podiel prirodzenej obnovy lesa,

#### Opatrenia na poľnohospodárskej pôde:

- zatrávniť ornú pôdu,

#### Opatrenia na urbanizovaných územiach:

- obmedzovať spevňovanie pôdy ako súčasť urbanizácie (napr. zastavaná plocha v obývaných územiach),
- zabezpečiť opatrenia pri urbanizácii rozvojových lokalít, aby vplyvom výstavby (zmenou odtokového koeficientu) nedochádzalo k zvyšovaniu odtokových množstiev z povodia a zrážkové vody ostávali v povodí,
- pri navrhovaní zaústenia vôd z povrchového odtoku (dažďových vôd) do vodných tokov je nutné vykonať také technické opatrenia (decentrálne retencia a detencia dažďových vôd s reguláciou odtoku), aby z územia odtekalo také množstvo vôd, aké z územia prirodzene odtekalo pred zástavbou

### **Jablonové – Jablonovský potok, rkm 0,50 – 3,60**

#### Opatrenia v lesoch:

- opatrenia v porastoch obhospodarovaných v normálnom režime:
  - odstránenie erózných rýh na telesách objektov LDS,
  - budovanie/znovu sfunkčnenie odrážok,
  - úprava zárezových a násypových svahov,
  - vybudovanie nových/obnova pôvodných odvodňovacích priekop a priepustov s protieróznou úpravou ich vyústení,
  - rekultivácia už nepotrebných dočasných približovacích ciest,
  - zvyšovať podiel prirodzenej obnovy lesa,

#### Opatrenia na poľnohospodárskej pôde:

- komplexné opatrenia, ktoré spomaľujú odtok z povodia ako sú úpravy na poľnohospodárskej pôde (orba po vrstevniciach, protierózne oševné postupy, úplnú elimináciu erózne nevhodných plodín ako kukurica a slnečnica),

#### Opatrenia na urbanizovaných územiach:

- obmedzovať spevňovanie pôdy ako súčasť urbanizácie (napr. zastavaná plocha v obývaných územiach),
- zabezpečiť opatrenia pri urbanizácii rozvojových lokalít, aby vplyvom výstavby (zmenou odtokového koeficientu) nedochádzalo k zvyšovaniu odtokových množstiev z povodia a zrážkové vody ostávali v povodí,
- pri navrhovaní zaústenia vôd z povrchového odtoku (dažďových vôd) do vodných tokov je nutné vykonať také technické opatrenia (decentrálne retencia a detencia dažďových vôd s reguláciou odtoku), aby z územia odtekalo také množstvo vôd, aké z územia prirodzene odtekalo pred zástavbou,
- premostenie potokov minimalizovať, zamerať sa skôr na obnovu starých premostení, než návrhom nových,

### **Borinka – Stupavský potok, rkm 9,40 – 13,00**

#### Opatrenia v lesoch:

- opatrenia v porastoch obhospodarovaných v normálnom režime:
  - odstránenie erózných rýh na telesách objektov LDS,
  - budovanie/znovu sfunkčnenie odrážok,
  - úprava zárezových a násypových svahov,
  - vybudovanie nových/obnova pôvodných odvodňovacích priekop a priepustov s protieróznou úpravou ich vyústení
  - rekultivácia už nepotrebných dočasných približovacích ciest,
  - zvyšovať podiel prirodzenej obnovy lesa,

#### Opatrenia na urbanizovaných územiach:

- obmedzovať spevňovanie pôdy ako súčasť urbanizácie (napr. zastavaná plocha v obývaných územiach),
- zabezpečiť opatrenia pri urbanizácii rozvojových lokalít, aby vplyvom výstavby (zmenou odtokového koeficientu) nedochádzalo k zvyšovaniu odtokových množstiev z povodia a zrážkové vody ostávali v povodí,
- pri navrhovaní zaústenia vôd z povrchového odtoku (dažďových vôd) do vodných tokov je nutné vykonať také technické opatrenia (decentrálne retencia a detencia dažďových vôd s reguláciou odtoku), aby z územia odtekalo také množstvo vôd, aké z územia prirodzene odtekalo pred zástavbou

### **Stupava – Stupavský potok, rkm 4,40 – 7,20**

#### **Opatrenia v lesoch:**

- opatrenia v porastoch obhospodarovaných v normálnom režime:
  - odstránenie erózných rýh na telesách objektov LDS,
  - budovanie/znovu sfunkčnenie odrážok,
  - úprava zárezových a násypových svahov,
  - vybudovanie nových/obnova pôvodných odvodňovacích priekop a priepustov s protieróznou úpravou ich vyústení
  - rekultivácia už nepotrebných dočasných približovacích ciest,
  - zvyšovať podiel prirodzenej obnovy lesa,

#### **Opatrenia na urbanizovaných územiach:**

- obmedzovať spevňovanie pôdy ako súčasť urbanizácie (napr. zastavaná plocha v obývaných územiach),
- zabezpečiť opatrenia pri urbanizácii rozvojových lokalít, aby vplyvom výstavby (zmenou odtokového koeficientu) nedochádzalo k zvyšovaniu odtokových množstiev z povodia a zrážkové vody ostávali v povodí,
- pri navrhovaní zaústenia vôd z povrchového odtoku (dažďových vôd) do vodných tokov je nutné vykonať také technické opatrenia (decentrálne retencia a detencia dažďových vôd s reguláciou odtoku), aby z územia odtekalo také množstvo vôd, aké z územia prirodzene odtekalo pred zástavbou.

### **Bratislava – Záhorská Bystrica – Vápenický potok, rkm 2,30 – 4,50**

#### **Bratislava – Lamač – Lamačský potok rkm 2,90 – 4,80**

#### **Opatrenia v lesoch:**

- opatrenia v porastoch obhospodarovaných v normálnom režime:
  - odstránenie erózných rýh na telesách objektov LDS,
  - budovanie/znovu sfunkčnenie odrážok,
  - úprava zárezových a násypových svahov,
  - vybudovanie nových/obnova pôvodných odvodňovacích priekop a priepustov s protieróznou úpravou ich vyústení,
  - rekultivácia už nepotrebných dočasných približovacích ciest
- opatrenia v porastoch postihnutých plošnou kalamitou (Lamačský potok):
  - odstránenie erózných rýh na telesách objektov LDS,
  - budovanie/znovu sfunkčnenie odrážok,
  - úprava zárezových a násypových svahov,
  - vybudovanie nových/obnova pôvodných odvodňovacích priekop a priepustov s protieróznou úpravou ich vyústení,
  - rekultivácia už nepotrebných dočasných približovacích ciest,
  - zasakovacie pásy/jamy,

- protierózne priekopy,
  - zápletové plôtky a pod.
- zvyšovať podiel prirodzenej obnovy lesa,

Opatrenia na urbanizovaných územiach:

- obmedzovať spevňovanie pôdy ako súčasť urbanizácie (napr. zastavaná plocha v obývaných územiach),
- zabezpečiť opatrenia pri urbanizácii rozvojových lokalít, aby vplyvom výstavby (zmenou odtokového koeficientu) nedochádzalo k zvyšovaniu odtokových množstiev z povodia a zrážkové vody ostávali v povodí,
- pri navrhovaní zaústenia vôd z povrchového odtoku (dažďových vôd) do vodných tokov je nutné vykonať také technické opatrenia (decentrálne retencia a detencia dažďových vôd s reguláciou odtoku), aby z územia odtekalo také množstvo vôd, aké z územia prirodzene odtekalo pred zástavbou,
- dobudovať systém záchytných priekop na ochranu zastavaného územia mesta pred prívalovými vodami z extravilánu (Lamač – Podháj, Záhorská Bystrica)

Okrem týchto opatrení sú v čiastkovom povodí Moravy v území BSK navrhované v rámci materiálu „Plán manažmentu povodňového rizika v čiastkovom povodí Moravy“ aj tieto technické úpravy:

**Stupavský potok – Stupava, rkm 4,40 – 7,20**

- Navrhujeme - *Úpravu vodného toku v rkm 6,10 – 6,30:*
- dno koryta vodného toku navrhujeme vyčistiť a stromy na brehu vodného toku odstrániť,
- šírku dna vodného toku navrhujeme prečistením koryta toku upraviť na jednotnú šírku 1,50 m,
- prečistené svahy vodného toku navrhujeme stabilizovať lomovým kameňom a upraviť približne do sklonu 1:3,
- na zvýšenie ochrany pozemkov v blízkosti vodného toku (na ľavom brehu) navrhujeme vybudovať ochranný železobetónový múrik na výšku 1,00 m,
- *Alternatíva - Úpravu vodného toku v rkm 6,10 – 6,30:*
- vodný tok navrhujeme vyčistiť od náletových drevín,
- navrhujeme vodný tok upraviť do tvaru jednoduchého lichobežníka so šírkou dna 1,50 m a sklonom svahov 1:3,
- svahy a dno navrhujeme opevniť lomeným kameňom do výšky 0,50 m od dna vodného toku a zvyšnú časť navrhujeme zatrávniť,
- na zvýšenie ochrany pozemkov v blízkosti vodného toku navrhujeme vybudovať ochrannú hrádzu - železobetónový múrik a zemnú ochrannú hrádzu

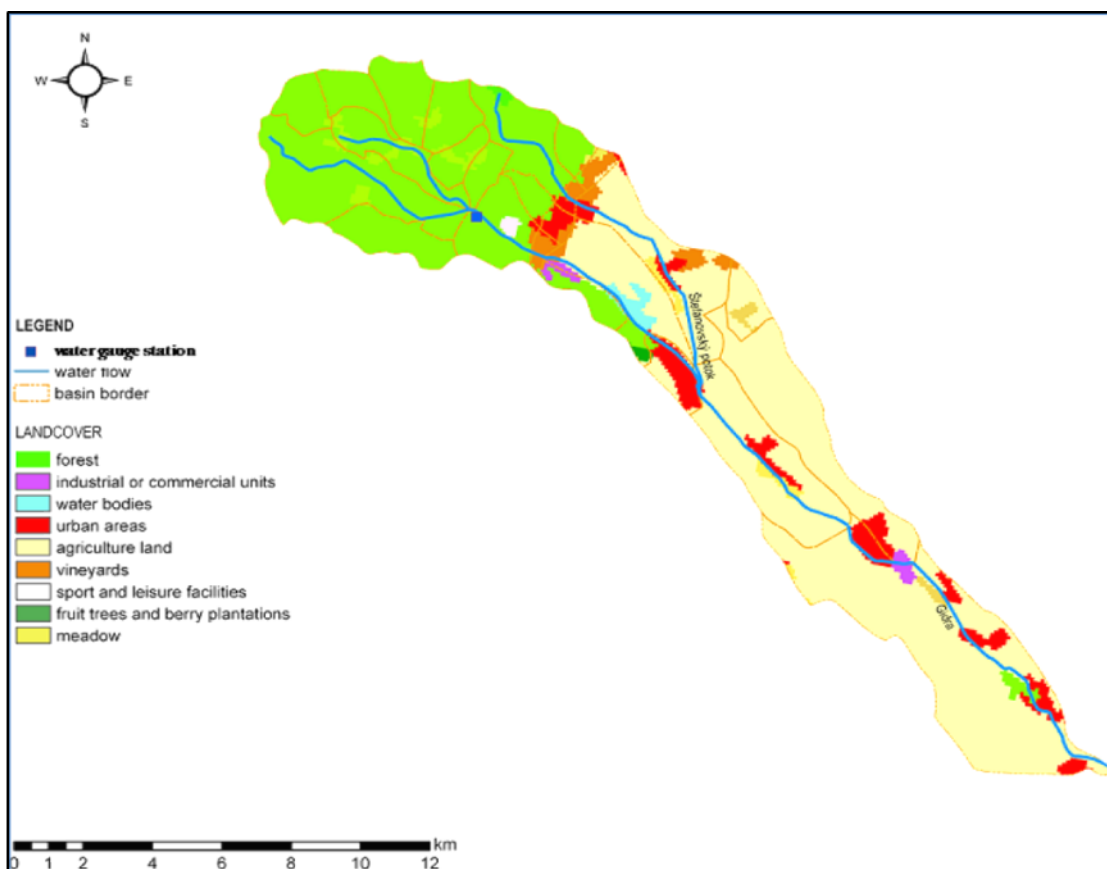
## 8. Detailné modelovanie zrážkovo-odtokových pomerov a rizikových situácií v povodí Gidry

Ako modelové územie sme si zvolili povodie Gidry (Mapa 3, Obr. 32) z viacerých dôvodov:

1. Povodie Gidry sa dá považovať ako typické malokarpatské povodie reprezentujúce podobné povodia v tomto priestore.
2. V povodí Gidry sa už vyskytla závažná prívalová povodeň.
3. Na Gidre je vodomerná stanica.

Gidra (ID toku: 4-21-16-959; plocha povodia: 200,089 km<sup>2</sup>; dĺžka 38,57 km) pramení v Malých Karpatoch na východnom svahu vrchu Baďurka (547 m n. m.). Vodný tok tečie od prameňa smerom na východ, preteká cez vodnú nádrž Biela skala, za ktorou sa pri riečnom kilometri (rkm) 36 otáča na dne Kobylskej doliny na juhovýchod a pri horárni Horná Píla do Gidry z pravej strany ústi Kamenný potok (ID toku: 4-21-16-984; plocha povodia: 15,320 km<sup>2</sup>; dĺžka 7,22 km) prameniaci pod úsekom hrebeňa Malých Karpát medzi Horným vrchom (643 m n. m.) na severe a Gajdošom (651 m n. m.) na juhu a pritekajúci zo západu od osady Papiernička. Na nasledujúcom úseku Gidra preteká cez obec Píla: priemerný prietok Gidry v hydrologickej stanici Píla je 0,28 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Za obcou Píla Gidra preteká popod most na ceste č. 502 v úseku medzi obcami Častá a Dubová, zo západnej strany preteká popri vodnej nádrži Budmerice a rybníku Hájiček, Pri Malej Mači ústi do Dolného Dudváhu.

Väčšia časť povodia Gidry sa nachádza v priestore Podunajskej nížiny, ale pri hydrologickom modelovaní je dôležitá prítomnosť hydrologickej stanice, ktorej záznamy umožňujú verifikovať výstupy modelu. Preto sa v nasledujúcej časti budeme zaoberať charakteristikou hornej časti povodia Gidry po vodomernú stanicu Gidra – Píla. Vodomerná stanica je lokalizovaná nad intravilánom obce Píla.



Obr. 32. Povodie Gidry s určenými všeobecnými typmi krajinnej pokrývky

Geologické zloženie tejto časti povodia je relatívne pestré. Nájdeme tu granitoidné horniny, vápence, kremence, pieskovce, zlepenca a ílovité bridlice. Miestami sa, najmä v centrálnej časti povodia, vyskytujú aj metamorfity, najčastejšie fylity a bridlice.

Z geomorfologického hľadiska je veľká časť povodia Gidry súčasťou Malých Karpát, ktoré sú ako celok hrásťou, do ktorej sú zarezané úzke doliny. Riečna niva je veľmi úzka a v hornej časti modelového územia je prakticky nevyvinutá. V dolnej časti intravilánu obce Píla prechádza dolina do náplavového kužľa.

Horná časť povodia Gidry patrí do mierne teplej oblasti s menej ako 50 letnými dňami, s priemernou júlovou teplotou okolo 16°C, s priemernou januárovou teplotou cca -3°C a s priemernou ročnou teplotou okolo 8°C (tieto hodnoty sú približné priemery pre povodie, priamo v povodí Gidry sa nenachádza žiadna meteorologická stanica). Priemerný ročný úhrn zrážok sa pohybuje okolo 700 mm (Tab. 8).

Stanica	Priemerné úhrny zrážok v mm
Smolenice	698
Modra	653
Častá	699

Tab. 8. Priemerné ročné úhrny v troch k povodiu Gidry najbližších stanicích SHMÚ

Z pôdneho hľadiska prevládajú v modelovom území kambizeme. Lokálne sú v údolnej nive zastúpené aj čiernice a fluvizeme. V centrálnej časti povodia Gidry je ostrov podzolov. Tieto pôdy patria medzi hlinité so strednou retenčnou kapacitou a priepustnosťou.

Z hľadiska krajiny pokrývka tvoria väčšinu modelového územia lesy. Lesnatosť hornej časti povodia dosahuje cca 80%. Reálnu hodnotu lesnatosti je náročné určiť, nakoľko veľká časť lesa bola v rokoch 2011 až 2014 odťažená a reálna lesnatosť bude aktuálne pravdepodobne nižšia. Okrem lesných porastov so súvislým zápojom korún, tvorí krajina v tejto časti povodia Gidry pestrú mozaiku lúk, pasienkov a výrubov. V povodí sa vyskytujú aj tri oblasti s rekreačným využitím. Sú to rekreačná oblasť Biela Skala s malou vodnou nádržou, rekreačné stredisko Častá Papiernička a chatová osada bezprostredne nad intravilánom obce Píla.

### Zrážkovo-odtokový model HEC – HMS

Zrážkovo-odtokové pomery boli modelované v prostredí modelu HEC – HMS Bol vyvinutý „US Army Corps of Engineers“ v „Hydrologic Engineering centre“ (HEC) na simulovanie zrážkovo – odtokových procesov v dentritických systémoch a na riešenie širokého spektra hydrologických problémov (hydrologická predpoveď, riešenie scenárov optimálneho využitia povodí za účelom manažmentu povodí pri protipovodňovej ochrane, designovanie odtoku pri vodných nádržiach a i.). Je schopný pracovať v povodiach rôznych geografických parametrov a v rôznych mierkach od rozsiahlych riečnych systémov až po malé povodia s veľkosťou niekoľko kilometrov štvorcových.

Hydrogramy vytvorené týmto modelom môžu byť priamym vstupom pre jednotlivé štúdie, prípadne byť podkladom, či vstupom, do iných hydrologických modelových systémov. Zo všetkých sa dá spomenúť najmä nadväzujúci modelový systém HEC – RAS slúžiaci na hydrodynamické modelovanie a na vytvorenie máp povodňovej hrozby, či transportu sedimentov v koryte.

HEC - HMS umožňuje použitie vo viacerých módoch. Môže fungovať ako priestorovo-distribučný model aj ako model so sústredenými parametrami. V oboch prípadoch ide o deterministický model, kde výstup závisí priamo od vstupov na základe použitej transformačnej funkcie. Transformačná funkcia nie je zadávaná do modelu priamo, ale je modelom odvodená na základe vložených parametrov povodia, na základe zvolenej metódy výpočtu transformácie a na základe množstva, priestorového rozloženia a intenzity vstupných zrážok.

V prípade priestorovo-distribučného modelu umožňuje HEC-HMS pracovať s priestorovým gridom vstupných parametrov. V tomto prípade je nutné zadať do modelu ako

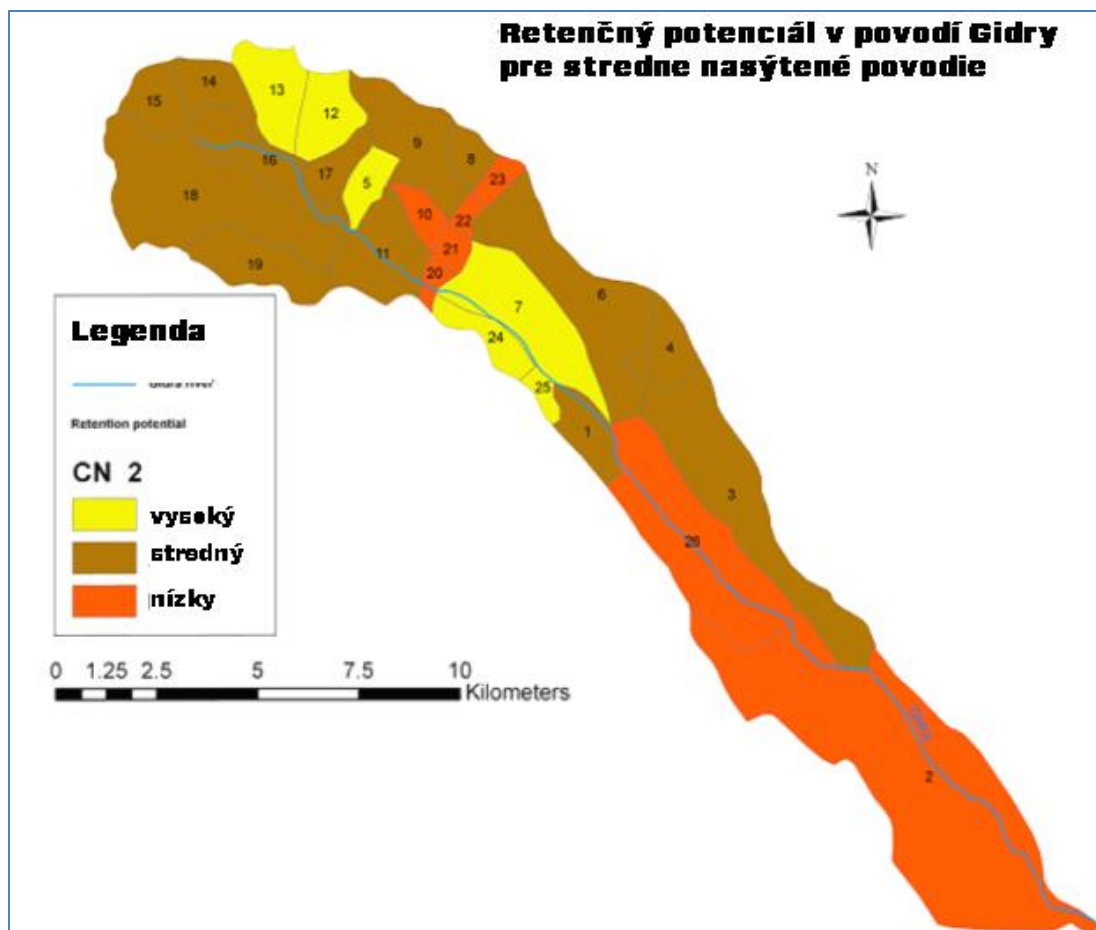
podklad daný priestorový grid. Dôležitú funkciu má najmä poznanie priestorového rozloženia parametrov ovplyvňujúcich retenciu zrážok v krajine a priestorového rozloženia zrážok.

V prípade modelovania so sústredenými parametrami pracuje model s celým povodím ako s homogénnym celkom. Výhodou tohoto prístupu je ľahšie narábanie s modelom a ľahšia kalibrácia. Podstatnou nevýhodou je strata priestorovej informácie, ktorá by nám neumožnila pracovať v druhej fáze so scenármi využitia krajiny.

### Modelovanie odtoku v povodí Gidry

Pre popis retenčného potenciálu krajiny v modeli boli dôležité charakteristiky krajinej pokrývky a vlastnosti pôdy ako vstupy pre SCN metódu modelovania odtoku. Táto metóda bola primárne vyvinutá pre popis retencie v poľnohospodárskej krajine, ale bola viackrát úspešne použitá aj v nepoľnohospodársky využívaných oblastiach, ktoré prevažujú v hornej časti povodia Gidry.

Z dôvodu obtiažneho stanovenia hodnoty CN kriviek (curve number) pre každú bunku sme pristúpili k zjednocujúcemu riešeniu medzi priestorovo sústredenými a priestorovo diferencovanými parametrami a zvolili semidistribuovaný prístup. Rozdelili sme povodie Gidry na 11 samostatných subpovodí s kvázi homogénnymi vlastnosťami prírodného prostredia. V každom z týchto subpovodí bol určený typ krajinej pokrývky a prevládajúci pôdny druh. Následne bol stanovená hodnota CN, ktorá následne vstúpila do modelu ako hodnota retenčného potenciálu pre dané subpovodie (Obr. 33).



Obr. 33. Kategórie retenčného potenciálu v povodí Gidry odvodené od hodnôt CN pri strednom nasýtení povodia predchádzajúcimi zrážkami

Samostatným problémom v zrážkovo-odtokovom modelovaní je určenie množstva zrážok vstupujúcich do zrážkovo-odtokového procesu. Zrážky sú v podmienkach Slovenskej republiky merané na zrážkomerných staniciach. Priamo v povodí Gidry sa nenachádza žiadna zrážkomerná

stanica. V jeho blízkosti sú stanice SHMÚ v Smoleniciach, Častej a v Modre. V prípade modelovania zrážkových udalostí spôsobujúcich prívalové povodne – prívalových dažďov, je množstvo zrážok v priestore veľmi variabilné a preto je vhodnejšie použitie odhadov priestorového počtu zrážok. Takéto parametre poskytuje napríklad kombinácia radarového a staničného merania zrážok – systém INCA. Preto sme pri kalibrácii modelu použili tento zdroj zrážkovej informácie. Zrážky boli vkladané do modelu v hodinových časových krokoch samostatne pre každé subpovodie.

Mieru transformácie zrážok v povodí ovplyvňuje aj počiatočný stav povodia, aj keď v prípade prívalových zrážok platí toto tvrdenie len obmedzene. Z dôvodu lepšieho opisu počiatočných podmienok prebiehali všetky simulácie pre tri počiatočné stavy povodí. Od suchého, cez priemerne nasýtené až po nasýtené povodie. Miera nasýtenosti povodí bola vkladaná do systému prostredníctvom zadávanie troch samostatných hodnôt CN v každom subpovodí.

### **Kalibrácia modelu**

Pri kalibrácii modelu sme začali pracovať s celým povodím Gidry. Rozdelili sme ho na 26 subpovodí (pozri Obr. 33) a v každom povodí sme určili základné parametre potrebné pre kalibráciu modelu metódou SCN.

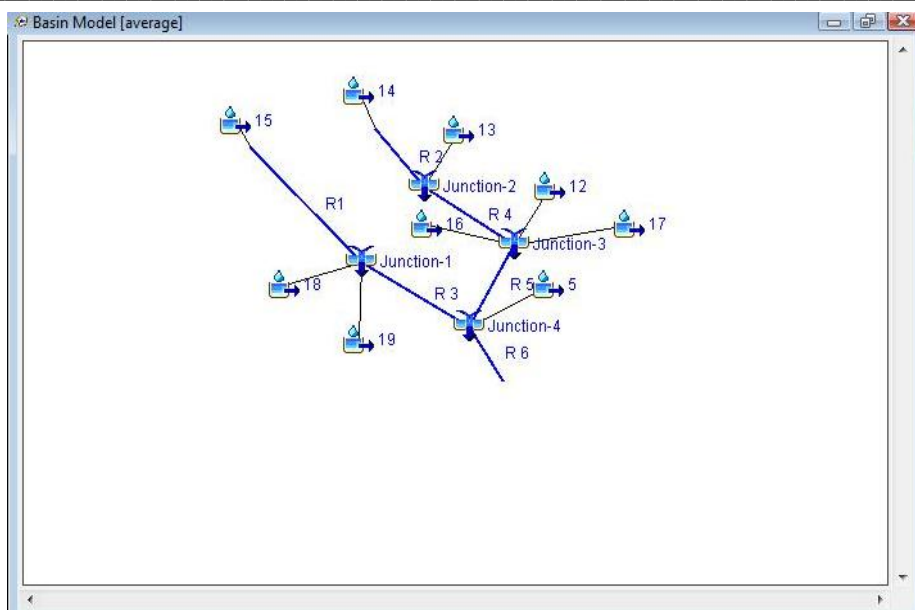
V každom subpovodí bol určený typ krajinnej pokrývky, pôdny druh a geologické parametre subpovodia. Na základe pôdneho druhu a s prihliadnutím na geologické podmienky v subpovodí sme zaradili každé povodie do jednej z kategórií A, B, C, D. Hodnota CN sa určuje maticou ako kombinácia druhu krajinnej pokrývky a kategórie priepustnosti pôdy. Presnejší popis tejto metodiky aj s jej aplikáciou v slovenských podmienkach je uvedený vo viacerých zdrojoch literatúry napr. Chow (1964), Antal (1999), prípadne Hazlinger (2007).

Po určení hodnoty retenčného potenciálu v jednotlivých subpovodiach sme pristúpili ku kalibrácii hydrologického modelu HEC – HMS. Hneď na začiatku sme narazili na problematiku obtiažnej verifikácie výsledkov kalibrácie modelu. V povodí Gidry sa nachádza iba jedna hydrologická stanica, situovaná v hornej časti povodia nad intravilánom obce Píla. Pod touto stanicou preteká Gidra úzkym údolím bez výrazných bočných prítokov a s minimálnym prírastkom vodnosti. Vzrastá ale význam hydraulického transformácie vody v koryte, respektíve pri vyšších prítokoch aj v nive Gidry. Pod intravilánom Píly je navyše situovaná nádrž Boleráz, ktorá aj pri povodni v roku 2011 zohrala výraznú transformačnú funkciu, ktorú ale nie je možné presne kvantifikovať, nakoľko sa vybrežená voda z Gidry dostávala do nádrže bočným prítokom.

Z týchto dôvodov sme sa rozhodli použiť zrážkovo-odtokový model len pre časť povodia nad hydrologickou stanicou a v priestore intravilánu obce Píla je model len umelo predĺžený ako koryto toku so sploštením povodňovej vlny a s minimálnym bočným prítokom.

Pre modelovanie reálnej transformácie vlny pri vybrežení je potrebné použiť hydrodynamický model, ktorý je citlivý na vstupné dáta ako priečne profily koryta a údolnej nivy a detailný digitálny terénny model (DTM). V rámci predbežného hodnotenia povodňového rizika bolo v území BSK určených viacero lokalít s reálnou povodňovou hrozbou vrátane povodia Gidry. Namodelovaná povodňová hrozba vo všetkých identifikovaných lokalitách je verejnosti k dispozícii na <http://mpomprsr.svp.sk/Default.aspx> v mierke 1 : 50 000.





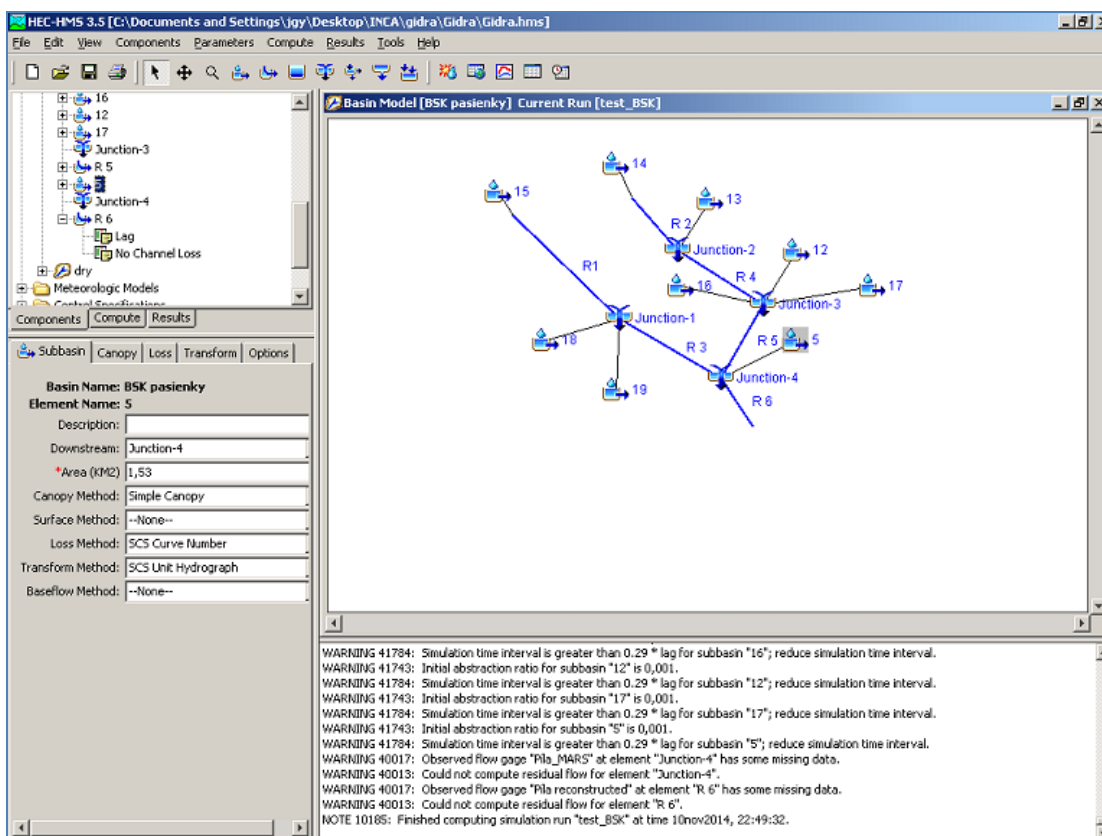
Obr. 34. Schéma hornej časti povodia Gidry v prostredí modelu HEC – HMS

Schéma povodia Gidry v modeli je na obrázku 34. Pozostáva z 3 prvkov. Prvým sú jednotlivé subpovodia označené identifikačnými číslami subpovodi (ID). Pre určenie retencie v každom povodí boli pre každé subpovodie určené hodnoty CN pre suché (CN I), stredne nasýtené (CN II) a nasýtené (CN III) povodie. Konkrétne číselné hodnoty pre jednotlivé stavy nasýtené v jednotlivých subpovodiach sú uvedené v tabuľke 9. Jednotlivé subpovodia sú prepájané segmentami vodných tokov (R1-6), prípadne môžu byť priamo napájané na vodný tok prostredníctvom uzlov (Junction 1-4). V jednotlivých segmentoch korýt sa určuje omeškanie a strata vodnosti povodňovej vlny.

Tab 9. Hodnoty retencie v jednotlivých subpovodiach modelu pri rôznych stavoch nasýtenia povodia

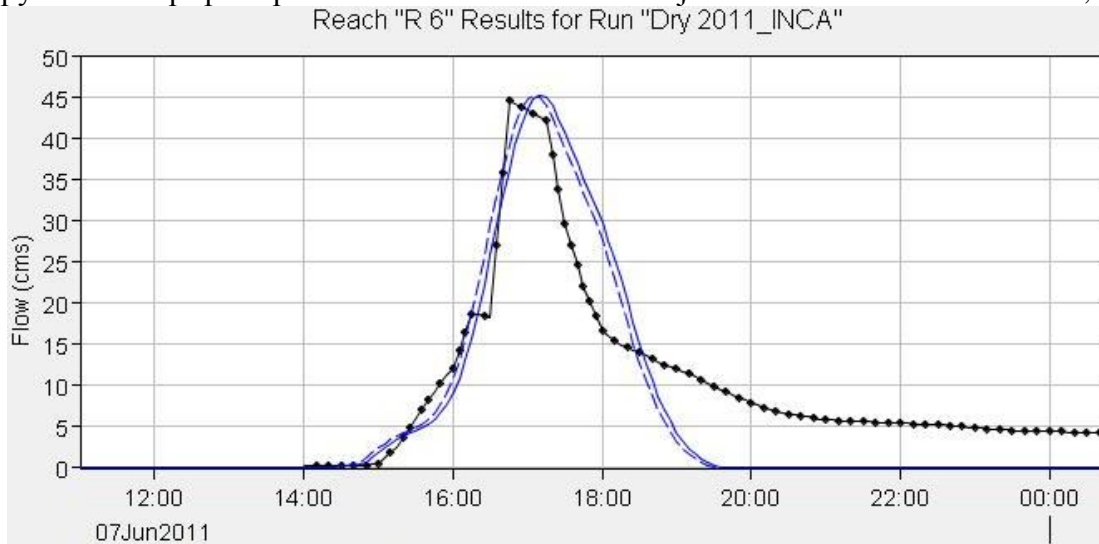
D	I	CN I	CN II	CN III
5		34,5	55,5	74,5
11		42	63	79,5
12		38	60	77
13		37,5	59,5	77
14		49	70	84
15		49	70	84
16		47	67,5	82,5
17		49	70	84
18		46	67	83
19		47,5	68,5	83
20		60	78	89

Samotný model bol kalibrovaný na povodňovej vlny, ktorá sa v povodí Gidry vyskytla 11.7. 2011. Táto povodňová vlna s kulmináčnym prietokom  $44,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  patrila medzi najvýraznejšie odtokové vlny v tomto povodí, keďže mala hodnotu 1000-ročnej vody. Model bol primárne kalibrovaný na zrážkových vstupoch zo systému INCA využívajúceho kombináciu meraní zo zrážkomerných staníc SHMÚ a radarových meraní meteorologického radaru.

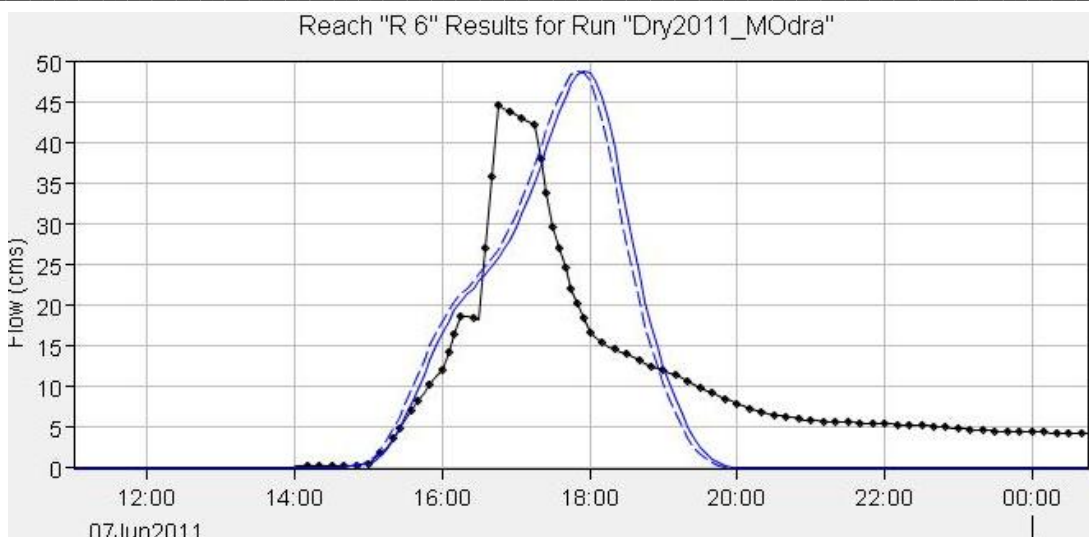


Obr. 35. Kalibrácia zrážkovo – odtokového modelu HEC-HMS v povodí Gidry

Pre porovnanie sme sa pokúšali použiť ako vstup údaje zo zrážkomernej stanice v Modre v hodinovom aj minútovom časovom kroku. Obe tieto dodatočné simulácie sú však zaťažené chybou, keďže zrážkomer sa nachádza mimo modelové územie a v prípade privalových zrážok môže dochádzať k výrazným priestorovým variáciám zrážkového poľa. Výsledky kalibrácie aj výstupy modelu v prípade použitia zrážok so zrážkomernej stanice v Modre sú na Obr. 35, 36 a 37 .



Obr. 36. výstup kalibrácie modelu v povodí Gidry pri použití kombinovaného zrážkového poľa INCA z výstupov radarov a zrážkomerných staníc

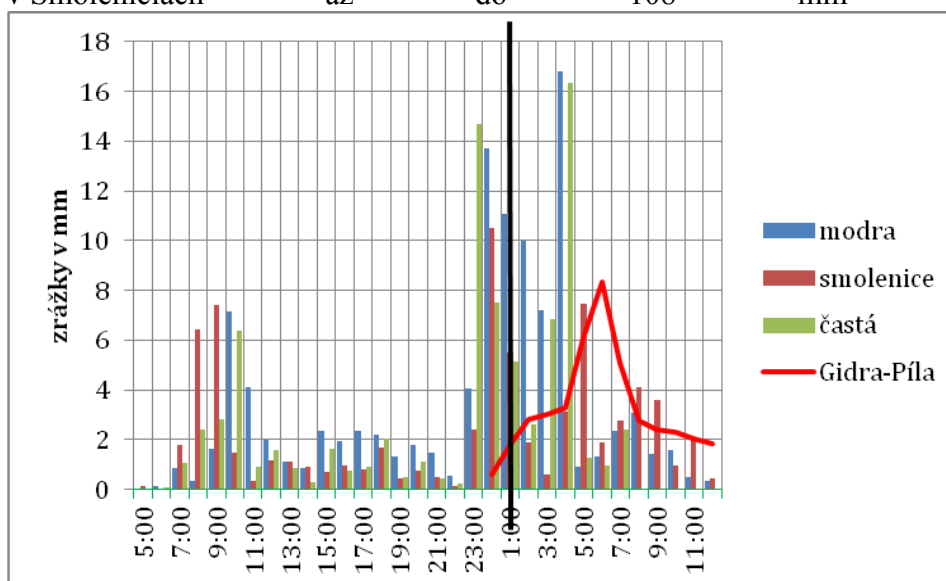


Obr. 37. Výstup kalibrácie modelu v povodí Gidry pri použití hodinových zrážkových vstupov zo zrážkomernej stanice Modra

	T kulminácie	Q kulm.	V vlny
Reálna	16:45	44,5	410
Minutovky	16:45	62	538
INCA	17:05	45,20	315
APS Modra	17:50	48,8	383

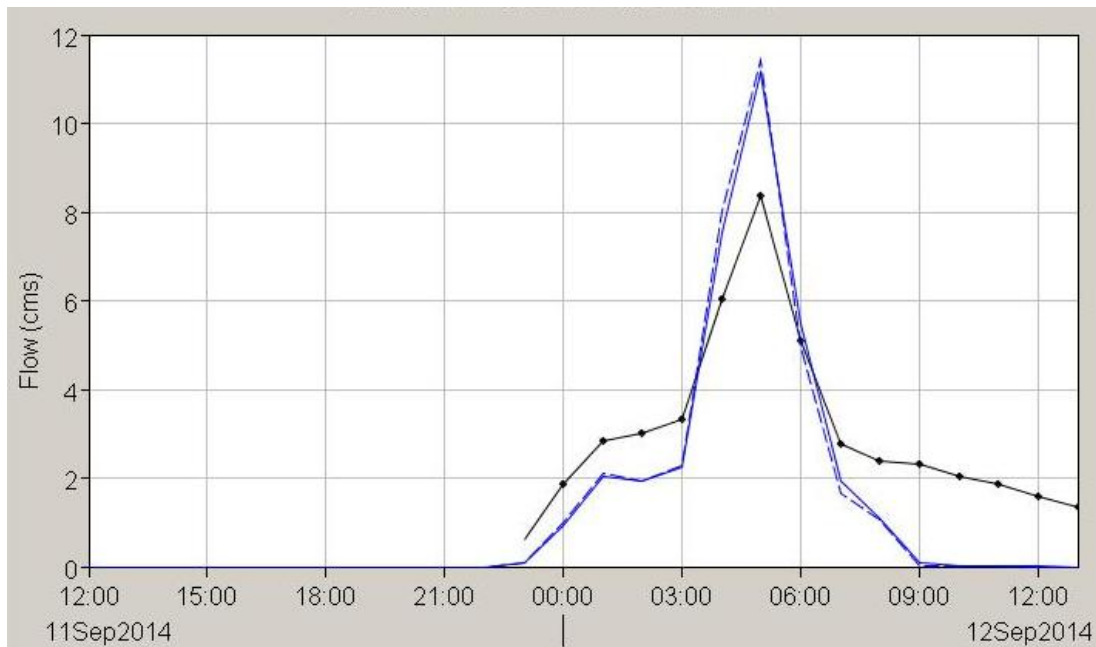
Tab. 10. Porovnanie času kulminácie, prietoku po čas kulminácie a objemu vlny pri použití rôznych zrážkových vstupov

Na verifikáciu nastavení modelu sme použili omnoho menšiu povodňovú vlnu z 12. 9. 2014. Jadro zrážkovej činnosti sa nachádzalo severne od modelového územia a zrážky zasiahli najmä susedné povodie Parnej, kde bol dosiahnutý 3. stupeň povodňovej aktivity. Pri verifikovaní modelu sa ukázal výrazný vplyv vstupných zrážok. Vzhľadom k malej veľkosti modelového územia je výrazný vplyv priestorovej diverzifikácie množstva zrážok. Keďže sme nemali k dispozícii rovnaký zrážkový vstup ako pri kalibrácii modelu, použili sme dáta zo zrážkomerných staníc v blízkosti modelového územia. Zrážkové úhrny na jednotlivých staniciach variovali od 75 mm v stanici v Smoleniciach až do 108 mm v stanici Modra.



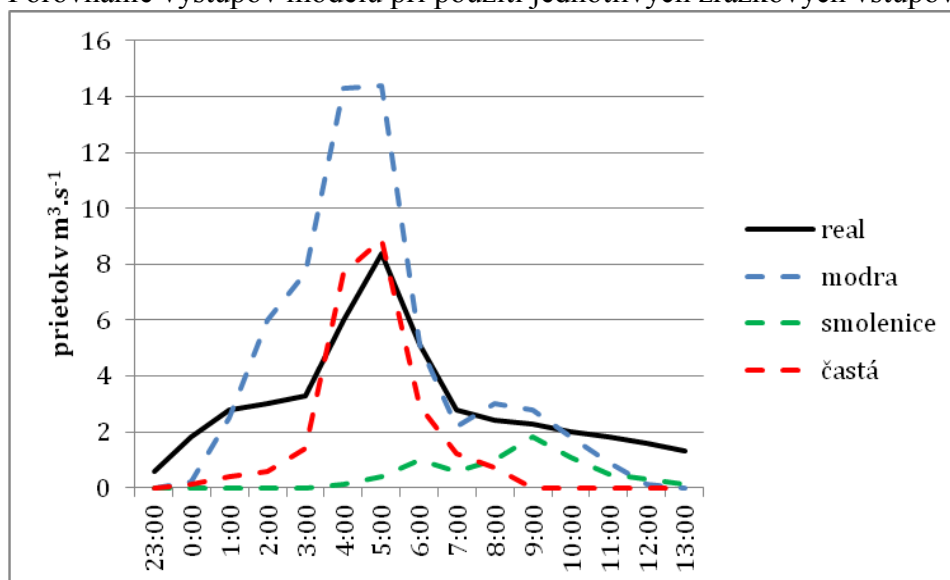
Graf 3. Príčinné namerané zrážky v staniciach Modra, Smolenice a Častá a ich časové porovnanie s odtokovou vlnou na Gidre v stanici Píla.

Po použití zrážkových vstupov z troch staníc sa ako najpriateľnejší ukázal výsledok modelovania s použitím zrážok zo stanice v Častej, ktorá sa nachádza najbližšie k modelovému územiu.



Obr. 38. Výstup modelu HEC-HMS pri vlne z 12. septembra 2014 pri použití zrážkových vstupov zo zrážkomernej stanice Častá

Porovnanie výstupov modelu pri použití jednotlivých zrážkových vstupov je na grafe 4.



Graf 4. Výstupy modelu HEC-HMS pri použití jednotlivých zdrojov zrážkových úhrnov pri scenári I

#### Použitie hydrologického modelu.

Ako bolo spomenuté vyššie, model HEC-HMS je použiteľný na viacero účelov od hydrologickej predpovede až po simulovanie jednotlivých častí hydrologického cyklu. My sme ho použili na hľadanie prahových hodnôt zrážok potenciálne spôsobujúcich nebezpečný odtok. Pracovali sme s tromi scenármi.

1. Nulový scenár predpokladal súčasné parametre toku a krajinnej pokrývky povodia. Využitie územia aj parametre toku sme ponechali na „reálnych“ nakalibrovaných hodnotách.
2. Druhý scenár predstavoval povodie Gidry v takmer prirodzenom stave – lesnatosť 100% a maximálna retenčná kapacita územia. Chatové oblasti nad intravilánom Píly, rekreačnú oblasť Biela Skala aj rekreačné stredisko Častá - Papiernička sme však nechali existovať.
3. Tretí scenár predpokladal maximálne antropogénne využitie územia. Vzhľadom k sklonovým pomerom v území sme nepredpokladali využiteľnosť územia ako poľnohospodárskej pôdy, ale simulovali sme výskyt pasienkov s minimálnou počiatkovou retenčnou kapacitou. V modeli sme nerátali s nárastom plochy intravilánu.

Výstupy modelovania sú uvedené v tabuľke 11.

	Q kulm. 0	Q kulm I	Q kulm. II
real 6.7.	44,5	44,5	44,5
sim.6.7.	45,2	41,2	69,5
real 12.9.	8,4	8,4	8,4
sim. 12.9.	11,4	8,9	19,1
10 3 hod	1,2	0,1	4,1
15_2	1,5	0,1	5
15_3	6	3	12,5
20_2	4,9	1,7	11,4
20_3	13,8	9,5	24,3
25_2	9,8	5,6	19,4
25_3	23,9	18,8	38,2
30_2	16,1	11,2	29,2
40_1	5,3	1,7	13
40_2	32,2	26	52,2
50_1	11	5,7	22,3

Tab. 11. Modelované kulminácie povodňových vln pri jednotlivých scenároch využitia územia

Celkovo sme spracovali výstupy z dvoch reálnych vln a z 11 prahových intervalov zrážkovej činnosti. Stanovili sme si prietok  $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ako prahovú nebezpečnú hodnotu prietoku. Pri nulovom scenári stačí na jej dosiahnutie 50 mm zrážok rozložených do menej ako 2 hodín zrážkovej činnosti.

Pri scenári I. je prahová hodnota nebezpečných zrážok vyššia. Nebezpečná hodnota zrážok sa zvýšila na približne 60 mm rozložených do 2 respektíve troch hodín zrážkovej činnosti. Výrazné zníženie prahovej hodnoty činnosti nastalo pri použití scenára II. Prahová hodnota zrážok sa znížila na menej ako 40 mm. Vzhľadom k tomu, že toto množstvo zrážok môžeme v tejto oblasti Slovenska hodnotiť ako „normálne“ musíme hodnotiť tento výsledok ako alarmujúci. V okolí Píly nelesnej pôde preto odporúčame udržiavať zapojené lesné porasty v čo najväčšej miere.

Podobné výsledky sme dosiahli aj pri simulácií reálnych povodňových vln z júna 2011 a septembra 2014. Pri kalibračnej vlne dosiahol simulovaný prietok pri scenári II takmer  $70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , čo by malo v úzkom priestore údolia Gidry v intraviláne Píly devastačné účinky.

V obci Píla sa po povodni v roku 2011 začal realizovať projekt Vybudovanie systému preventívnych protipovodňových opatrení v katastri obce Píla pre zabezpečenia zníženia rizika povodní. Protipovodňová stavba Revitalizácia krajiny a integrovaný manažment povodí pre rok 2011-2012 obsahovala vybudovanie vodozádržných systémov (prehrádzky, odrážky na lesných cestách, drevené prahy, kamenno-betónové žľaby, čistenie prepadov a pod.). Významnú úlohu pri ochrane pred povodňami má včasná informovanosť obyvateľov (formou hlásení miestneho rozhlasu

resp. sms správami a pod.) hneď po vyhlásení výstrah. Vzhľadom k možnostiam rýchleho formovania búrkových jadier je nutné podporovať organizačno-technickými opatreniami staničnú sieť SHMÚ, ktoré vyhlasuje meteorologické a hydrologické výstrahy.

Pri navrhovaní možností protipovodňovej ochrany v modelovom povodí Gidry sme sa pokúsili o simuláciu zmeny využitia krajiny. Pomocou hydrologického modelu sme nasimulovali 100% pokryvnosť modelového územia lesom. Výsledky simulácií ukázali cca 20% zníženie výšky povodňového kulminačného odtoku. Pri určitých špecifických udalostiach to môže zohrať rozhodujúcu úlohu, ale ako riešenie protipovodňovej ochrany je to málo. Je preto nutné kombinovať tento spôsob pasívnej ochrany s aktívnou ochranou uvedenou v plánoch manažmentu povodňového rizika. Z opatrení netechnického charakteru je možné navrhnúť zasakovacie pásy. Z opatrení technického charakteru navrhujeme vybudovanie prehrádzok v koryte malých vodných tokov, zníženie množstva svážnic urýchľujúcich odtok z krajiny a úpravu koryta vodného toku v priestore intravilánu obce Píla. Väčších objekty protipovodňovej ochrany ako sú poldre a retenčné nádrže sú obsiahnuté v plánoch opatrení v rámci plánov manažmentu povodňového rizika v čiastkovom povodí Váhu. Počas povodňových prietokov dochádza k degradácii koryta toku a transportu splavenín a plavenín. V dôsledku čoho dochádza k zanášaniu toku v úsekoch s prirodzene menším pozdĺžnym sklonom a jeho následnému vybrežovaniu. Na zachytenie privalových zrážok je potrebné vybudovať nad obcou dva poldre v rkm 34,200 a rkm 35,100. Predpokladáme, že objem prvého poldra bude cca 7000 m<sup>3</sup> a druhého cca 5000 m<sup>3</sup>. Významným prítokom je Kamenný potok, ktorý je pravostranný prítok Gidry. Na zachytenie privalovej vlny navrhujeme vybudovať prehrádzku v rkm 1,800. Na zabezpečenie ochrany obce je potrebné vykonať úpravu toku v intraviláne obce Píla v rkm 34,000 – 30,830 na úroveň Q<sub>100</sub> ročnej vody. Vzhľadom na veľký pozdĺžny sklon bude nutné dno toku stabilizovať stupňami a prahmi. Svahy opevniť lomovým kameňom a v stiesnených úsekoch prefabrikátmi.

Z hľadiska protieróznych opatrení (Kapitola 7) majú na lesnej pôde významnú úlohu na zmiernenie kinetickej energie vody tečúcej po povrchu dodržanie vhodných postupov v lesohospodárskych činnostiach v hospodárskych lesoch (odvodňovanie lesných ciest, výsadba a výchova porastov, prerezávka, vhodný spôsob ťažby a pod.), v poľnohospodárskej krajine budovanie odvodňovacích rigolov pri cestách a na hraniciach medzi lesmi a vinohradmi, podpora zatrávňovania medziriadkov vo vinohradoch a na erózii exponovaných miestach vytvoriť účelné protierózne priekopy na doplnenie hydrografickej siete. Veľký protierózny význam má tiež údržba brehových porastov a ponechanie remízok na ornej pôde, resp. drevinami zarastených terás. V urbanizovaných častiach územia má mimoriadny význam pravidelná údržba a čistenie regulovaných koryt tokov, kanalizačnej siete pre zvod dažďových i odpadových vôd.

## 9. Záver

Predložená štúdia na ochranu proti prívalovým dažďom v Malokarpatskej oblasti rieši špecifické krajinno-ekologické problémy v území a môže byť využitá ako územnoplánovací podklad v procese aktualizácie územnoplánovacej dokumentácie regiónu a dotknutých obcí. Prináša analýzy súčasnej krajinnej štruktúry náchylnej na poškodenie prívalovými dažďami (vinohrady, orná pôda, trvalé trávne porasty, lesy, nelesná drevinová vegetácia a pod.), rozbor územia s definovaním potenciálne najviac ohrozených území prívalovými dažďami (eróziou pôdy a vznikom bleskových povodní) a návrh všeobecných opatrení sledujúci zníženie a zabránenie devastácie existujúcej krajinnej štruktúry, ako aj škôd v dotknutom urbanizovanom území. Riešené územie zahŕňa Malé Karpaty aj s ich predhorím. Detailné modelovanie zrážkovo-odtokových pomerov a rizikových situácií bolo realizované na povodí Gidry.

V poslednom čase vplyvom zmien klímy dochádza k častejšiemu výskytu intenzívnych prívalových dažďov a s nimi súvisiacich bleskových povodní a erózie pôdy. Tieto javy patria k prírodným extrémom (prírodné javy vyznačujúce sa významnými dopadmi na prírodu a ľudskú spoločnosť) a je potrebné venovať sa ochrane pred nimi. Prívalové dažde pre svoju zložitosť, malé priestorové rozmery, rýchly, dynamický a nelineárny vývoj patria k javom, ktoré je zložité predpovedať a ich presná predpoveď, pokiaľ ide o lokalitu výskytu a kvantifikáciu prejavov nie je v súčasnosti možná na dobu dlhšiu ako niekoľko desiatok minút. Zároveň však predstavujú jeden z najnebezpečnejších prejavov počasia, ktorý sa u nás vyskytuje. Zachytiť prívalovú vlnu, ktorá vzniká dôsledkom silných zrážok prakticky nie je vo väčšine prípadov možné a dovtedy malý potôčik sa v priebehu niekoľkých minút zmení na dravú rieku, ktorá odnáša všetko čo jej stojí v ceste. **Prívalové dažde prejavujú svoje ničivé účinky najmä pôdnou eróziou a vznikom bleskových povodní.**

V texte záväznej časti Územného plánu regiónu – Bratislavský samosprávny kraj sa nachádzajú viaceré opatrenia smerujúce k ochrane štruktúry krajiny a protipovodňovej ochrane. Priestor je venovaný aj ochrane krajinného rázu Malých Karpát. Územie Malých Karpát s okolím patrí k najohrozenejším častiam Slovenskej republiky následkami prívalových dažďov. Takmer všetky maximálne intenzity zrážok sa vyskytli v mesiacoch jún, júl, august, september. **Maximálne namerané intenzity sa môžu v predmetnom území vyskytnúť kdekoľvek: v pohorí, na predhorí aj v nížine!** Najväčšie krátkodobé intenzity zrážok sa vyskytujú vo vnútri vlhkých a teplých vzduchových hmôt v nevýraznom tlakovom poli, búrky takmer „stoja“, na mieste – veľké nebezpečenstvo „trafenia“ sa búrky priamo do povodia. Dynamika vývoja búrkových jadier je veľmi veľká a súčasnými metódami, používanými pre krátkodobé predpovede počasia, založenými najmä na údajoch z modelu ALADIN, resp. ECMWF, nie je možné tieto javy dostatočne a spoľahlivo predpovedať, najmä s ohľadom na presnejšiu špecifikáciu ohrozeného územia a kvantifikáciu očakávaných javov s väčším časovým predstihom. Kľúčovým prvkom teda zostávajú priame merania automatických meteorologických a zrážkomerných staníc a najmä rádiolokačné merania, bez ktorých by detekcia či vydanie aktuálnej výstrahy na búrkové javy neboli vôbec možné. Žiaľ v súvislosti s podhodnoteným financovaním tohto segmentu a s tým súvisiacimi výpadkami v meraniach, je nutné predpokladať zhoršovanie kvality výstrah na nebezpečné poveternostné javy na území Slovenska.

K najviac ohrozeným územiám z hľadiska erózie pôdy patria lokality v poľnohospodárskej krajine na svahoch v blízkosti úpätia Malých Karpát. Preto má veľký význam dodržiavanie a podpora protieróznych opatrení (napr. vhodná delimitácia kultúr, ochranné zatrávenie, vhodná orba, hrádzkovanie a pod.) vrátane vinohradníckej krajiny BSK – obcí patriacich do Malokarpatského vinohradníckeho regiónu i mimo riešeného územia (napr. Viničné). Návrhy opatrení obsahuje kapitola 7. Miera pôdnej erózie závisí najmä od intenzity (okamžitého množstva) zrážok, nie od celkového zrážkového úhrnu, ako si môžu viacerí mylne vysvetľovať. V mestskej (urbanizovanej) krajine má mimoriadnu úlohu čistenie a zvyšovanie kapacity dažďovej kanalizácie, keďže napr.

Bratislavské mestské časti zasahujú zrážkové vody aj z búrkových jadier vznikajúcich nad lesnatými časťami Malých Karpát.

Všeobecne najnižší potenciál povodňového ohrozenia podovňami z prívalových dažďov (kategória 1) majú nižšie položené západne lokalizované časti katastrálnych území Kuchyňa a Lozorno ležiace mimo oblasti Malých Karpát. Zároveň ale každé z katastrálnych území riešeného regiónu Malých Karpát zasahuje svojou časťou minimálne do 2., respektíve 3. kategórie ohrozenia (stredný potenciál) vrátane mestských častí Bratislavy. Rizikovými sú najmä lokality so sídlami v úzkych dolinách, v blízkosti úpäti a náplavových kužeľov tokov vytekajúcich z Malých Karpát (napr. pás juhovýchodného úpätia Malých Karpát od Bratislavy po Doľany). Celkovo k potenciálne najviac ohrozeným lokalitám (vysoký až veľmi vysoký potenciál, 4. až 5. kategória.) podľa metodiky Minár a kol. (2005) patria Záhorská Bystrica, Mást, Stupava, Plavecký Mikuláš, Plavecké Podhradie a Sološnica. Karlova Ves, Devín, Devínska Nová Ves, Záhorská Bystrica, Mást a Stupava sú ohrozené aj iným typom povodní, napr. na Dunaji, Morave alebo ďalších riekach.

Rozdielna úroveň povodňovej hrozby ovplyvňuje charakter manažmentu povodňového rizika. Napríklad v povodiach s vysokou úrovňou povodňovej hrozby (Solín, 2011) bude redukcia rozsahu zaplavenia prostredníctvom zmien vo využívaní krajiny menej účinná ako v povodiach so strednou alebo nízkou úrovňou povodňovej hrozby. Pravdepodobne efektívnejšia bude stratégia zameraná na:

- 1) redukciu lokálnych faktorov urýchľujúcich vznik povodňových situácií udržiavaním prietochnosti, čistoty korýt a pririeknych zón,
- 2) zmiernenie negatívnych dôsledkov spôsobených povodňou formou zvýšenia povedomia obyvateľov o povodňovom nebezpečenstve, a to lepšou organizáciou zabezpečovacích a záchranných prác, ako aj informovanosťou o spôsoboch zatesnenia objektov i o možnostiach poistenia voči škodám spôsobených povodňou. Dôraz by sa mal klásť na vytvorenie podmienok pre čo najrýchlejšiu obnovu povodňou postihnutých lokalít.

K významným poznatkom, ktoré prináša štúdia, patrí poznanie, že **vzhľadom ku klimatickej zmene a častejšiemu výskytu prívalových dažďov žiadne katastrálne územie v Malých Karpatoch a ich blízkom okolí nie je bez rizika následkov týchto udalostí**. Povodňové udalosti sa v súčasnosti vyskytujú aj na územiach, kde v minulosti neboli zaznamenávané. Preto je nutné riešiť problematiku ochrany pred spomínanými udalosťami komplexne a v spolupráci s dotknutými samosprávami, štátnou správou, vlastníkmi a správcami pozemkov na celom riešenom území.

Prírodné lesné porasty patria svojou väčšou retenčnou schopnosťou k významným protipovodňovým i protieróznym faktorom. Lesný porast spolu s pôdou je schopný v krátkom čase viazať na seba len určité množstvo vody zo zrážok. Dokáže úspešne spomaliť jej odtok. Ak je však prostredie presýtené vodou už napríklad z predchádzajúcich dažďov, nie je les schopný absorbovať už intenzívne prívalové zrážky. Tvorí sa tak ľahšie povodňová vlna, ktorá sa následne presúva v smere svahu a v nižších polohách môže spôsobiť katastrofu. Súvisiacim javom pritom je zvýšená erózia pôdy. Ani bohato zalesnená krajina ešte nemusí byť dostatočne chránená pred možnými povodňami a transportom vodou unášaného pôdneho materiálu. Sú prípady, keď sa úplne zalesnený svah po intenzívnom daždi náhle zosunul a úplne zničil nižšie položené obydlia a zariadenia. Aby bol zásah človeka v protipovodňovej a protieróznej ochrane efektívny a súčasne aj ekonomicky výhodný, musí sa vykonať **Medzi efektívne opatrenia**, najmä z environmentálneho pohľadu a krajinnej štruktúry treba okrem iných zaradiť najmä:

- dodržanie zakázaných činností z pohľadu ochrany prírody (CHKO, Natura 2000, chránené vtáacie územia, ap.)
- dodržiavanie postupov v lesohospodárskych činnostiach (výsadba a výchova porastov, prerézavka, prebierka, ťažba, ap.)



- oprava existujúcich a obmedzenie novej výstavby nespevnených zväznic a ciest v kritických územiach, povodiach
- realizácia hradenia bystrín a údržba brehových porastov (v zónach zdrojových, z. transférových a z. odozvových)
- na dolnej hranici lesa a hornej hranici viníc preverenie stavu vybudovaných zvodných rigolov, resp. navrhnuť nové
- obhospodarovanie viníc s ohľadom na erózo-sedimentačné procesy – trávnaté pásy vo vinohradoch
- podľa potreby navrhovať účelné protierózne priekopy na doplnenie hydrografickej siete v povodiach (záchytné, zberné, zvodné)
  - o protierózne priekopy
  - o protierózne hrádzky
  - o záchytné nádrže – poldre popri malých tokoch, nad poldrom prehrádzky, napríklad z drôtokamenných košov (vid'. hradenie bystrín).

Výber opatrení pre konkrétne územia závisí od miery skutočného poškodenia a degradácie územia, ako aj od potenciálnej hrozby danej napríklad prírodnými a stanovištnými faktormi a danosťami. V prípade rozdelenia ohrozenosti záujmového územia do kategórii od menej ohrozenej (č. 1) až po najohrozenejšiu (č. 5) by bolo účelné v návrhoch opatrení protipovodňovej a protieróznej ochrany uviesť kombináciu dopĺňajúcich sa opatrení, čo by zabezpečilo ich vyššiu efektívnosť. Napríklad, hypoteticky, opatrenia organizačného charakteru by mohli byť vhodné pre kategórie územia 1 a 2, agro- a leso-technické opatrenia pre kategórie území 2, 3, 4, a stavebnotechnické opatrenia pre kategórie území s najvyššou hrozbou poškodenia degradačnými javmi 3, 4 a 5. Konkrétny návrh však musí byť podložený dôkladným terénnym prieskumom, štúdiom histórie povodní v danej lokalite, modelovaním, ako aj hydrologickými a hydrotechnickými výpočtami pre navrhované opatrenia.

Opatrenia by sa mali realizovať i tam, kde sa povodňová vlna začína formovať, čiže v elementárnych povodiach. Tieto sa v našom riešenom území nachádzajú zväčša na lesných pozemkoch. Zmiernenie kinetickej energie vody tečúcej povrchovo po teréne, a na dolných častiach tokov si vyžaduje už výstavbu iných opatrení a zariadení, ktoré sú finančne nákladnejšie. Aby bola protipovodňová ochrana na takýchto územiach čo najefektívnejšia, je dôležité zosúladiť činnosť človeka obzvlášť v kritických oblastiach povodia. Na lesných pozemkoch by išlo upriamiť pozornosť najmä na pestovateľskú a ťažobnú činnosť včítane výstavby zväznic a rôzne spevnených lesných ciest a ich objektov. Nezastupiteľná, pri ochrane územia pred povodňami a eróziou pôdy, je aj úloha miestneho obyvateľstva.

Z hľadiska protipovodňovej i protieróznej ochrany je dôležitá spolupráca Bratislavského samosprávneho kraja i samospráv obcí s vlastníkmi i užívateľmi jednotlivých ohrozených plôch a tvorba a realizácia projektov zameraných na ochranu pred následkami prívalových dažďov.



## Literatúra

- ANTAL, J. 1999. Agrohýdrológia. SPU Nitra, 168. ISBN 80-7137-610-8.
- ANTAL, J., FIDLER, J. a kol. Poľnohospodárske meliorácie, Príroda, Bratislava, 1989.
- BENKO, M., POLČÁK, SADLOŇOVÁ, M., VALOVÁ, P. (2013): Meteorological Causes of Flashflood in Pila Village (Slovakia) on 07.06.2011. Meteorologický časopis, Vol. 16, No. 1, p. 3-10.
- BIELY, A., BEZÁK, V., ELEČKO, M., GROSS, P., KALINČIAK, M., KONEČNÝ, V., LEXA, J., MELLO, J., NEMČOK, J., POLÁK, M., POTFAJ, M., RAKÚS, M., VASS, D., VOZÁR, J., VOZÁROVÁ, A. 2002. Geologická stavba 1 : 500 000. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Bratislava : Ministerstvo životného prostredia SR; Banská Bystrica : Slovenská agentúra životného prostredia, 2002, s. 74-75.
- BLÁŠKOVIČOVÁ, L., POÓROVÁ, J., HAZLINGER, M., TAUSBERIK, O., LUPTÁK, Ľ. (2011): Prívalové povodne na Slovensku, prívalová povodeň na Gidre a Parnej v júni 2011. Manažment povodí a povodňových rizík. Vedecká konferencia pod záštitou ministra životného prostredia SR : Častá, 2011
- BRÁZDIL, R., KIRCHNER, K. a kol. (2007): Vybrané prírodné extrémny a jejich dopady na Moravě a ve Slezsku. Masarykova Univerzita, ČHMU a Ústav geoniky AVČR. Brno – Praha – Ostrava, 432 s.
- CHOW, V.T. 1964. Handbook of Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Company, New York, 1964.
- FALŤAN, V. (2005). Veľkomierkové mapovanie vegetácie a krajinnej pokrývky. Bratislava (Univerzita Komenského).
- FERANEC, J., OŤAHEĽ, J. (1999). Mapovanie krajinnej pokrývky metódou CORINE v mierke 1 : 50 000 : Návrh legendy pre krajiny programu Phare. Geografický časopis, 51, 19-44.
- FERANEC, J., OŤAHEĽ, J. (2001). Krajinná pokrývka Slovenska. Bratislava (Veda).
- FERANEC, J., OŤAHEĽ, J. 2002. Krajinná pokrývka 1 : 500 000. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Bratislava : Ministerstvo životného prostredia SR; Banská Bystrica : Slovenská agentúra životného prostredia, 2002, s. 126-127.
- FLANAGAN, D. C., NEARING, M. A. (eds.) (1995): USDA-Water Erosion Prediction Project, NSERL, report no. 10, pp. 1.1- A.1, National Soil Erosion Lab., USDA ARS, Laffayette.
- FULAJTÁR, E., JANSKÝ, L. Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana. Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Bratislava, 2001.
- HANUŠIN, J., CEBECAUEROVÁ, M., HUBA, M., IRA, V., LACIKA, J., MADAJOVÁ, M., OŤAHEĽ, J., PAZÚR, R., PODOLÁK, P., ŠVEDA, M. (2013). Alternatívne rozvojové scenáre Podmalokarpatskej kultúrnej krajiny. Bratislava (Geografický ústav SAV).
- GLADE, T., DIKAU, R. (2001): Gravitative Massenbewegung von Naturereignis zur Naturkatastrophe. Petermanns Geographische Mitteilungen, 145, č. 6, s. 42-53.
- HAZLINGER, M. 2007. Povodňová hrozba a povodňové riziko v povodí Stupavského potoka. Dizertačná práca, PRIF UK Bratislava, 101.
- HAZLINGER, M., (2007): Povodeň ako reálna historická aj súčasná prírodná hrozba a rôzne koncepcie protipovodňovej ochrany. Acta Geographica Universitatis Comenianae, No 47, 2006.
- HRDINA, V. a kol. (2013): Územný plán regiónu Bratislavský samosprávny kraj. AUREX, Bratislava, 374 s.
- HOLÝ, M. Eroze a životní prostředí. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1994.
- JANEČEK, M. a kol. Základy erodologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008.
- KLČ, P. Znižovanie erózie z lesnej dopravnej siete v lesných oblastiach Slovenska. Zprávy lesníckeho výskumu 1998, č. 2.
- KOCO, Š. (2009): Simulácia výmolevej erózie prostredníctvom geografických informačných systémov. Dizertačná práca, Prešovská univerzita v Prešove.

- LAPIN, M., FAŠKO, P., MOLO, M., ŠTASTNÝ, P., TOMLAIN, J. 2002. Klimatické oblasti 1 : 1 000 000. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Bratislava : Ministerstvo životného prostredia SR; Banská Bystrica : Slovenská agentúra životného prostredia, 2002, s.95.
- MAGLAY, J., PRISTAŠ, J. 2002. Kvartérny povrch 1 : 1 000 000 In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Bratislava : Ministerstvo životného prostredia SR; Banská Bystrica : Slovenská agentúra životného prostredia, 2002, s. 84-85.
- MALÍŠEK, A. (1990a): The calculation and utilisation of R-factor for USLE in conditions of Slovakia (in Slovak), PhD thesis, Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, 116 s.
- MALÍŠEK, A. (1990b): Assessment of the factor of rainstorm erosivity (in Slovak). Geografický časopis, 42, s.410-422.
- MINÁR, J., TRIZNA, M., BARKA, I., BONK, R. (2005): Povodňový potenciál na území Slovenska. Geo-grafika, Bratislava, 68 s.
- MŽP SR,2014: Plán manažmentu povodňového rizika v čiastkovom povodí Váhu. Pracovná verzia dokumentu.
- MŽP SR,2014: Plán manažmentu povodňového rizika v čiastkovom povodí Moravy. Pracovná verzia dokumentu.
- PEKÁROVÁ, P., SVOBODA A., MIKLÁNEK P., HALMOVÁ, D., (2012): Problémy povodní na malých tokoch. I. časť – analýza povodne v Malých Karpatoch 7.6.2011. [http://www.vuvh.sk/download/ManazmentPovodi\\_rizik/zbornikPrispevkov/Konferencia/Prispevky/SekciaC/Pekarova\\_a\\_koll](http://www.vuvh.sk/download/ManazmentPovodi_rizik/zbornikPrispevkov/Konferencia/Prispevky/SekciaC/Pekarova_a_koll).
- SOLÍN, L. (2008). Analýza výskytu povodňových situácií na Slovensku v období 1996-2006. Journal of Hydrology and Hydromechanic, 56, 95-115.
- SOLÍN, L. (2011): Regionálna variabilita povodňovej hrozby malých povodí na Slovensku. Geografický časopis, 63, 1, s. 29-52.
- SOLÍN, L., CEBECAUER, T., GREŠKOVÁ, A., ŠÚRI, M. (2000). Small basins of Slovakia and their physical characteristics. Bratislava (Institute of Geography SAS, Slovak Committee for Hydrology).
- SOLÍN, L., GREŠKOVÁ, A. (1999). Malé povodia Slovenska – základné priestorové jednotky pre jeho regionálne členenie. Geografický časopis, 51, 78-96.
- Smernica ES/60/2007/. Smernica Európskeho parlamentu a rady 2007/60/ES o ohodnotení a manažmente povodňových rizík. Úradný vestník Európskej únie L 288/27.
- SPÁL, M. 2011. Júnová povodeň v Malých Karpatoch, alebo čože je to Q100. In: Hlas Váhu časopis zamestancov SVP, XXI, 4-5, 2011.
- SZOLGAY, J., KOHNOVÁ, S., HLAVČOVÁ, K., Bačík, M. Vybrané problémy navrhovania poldrov v protipovodňovej ochrane. Bratislava STU v Bratislave, 2003.
- ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š. (1973): Intenzity krátkodobých dažďov na Slovensku. In. Zborník prác Hydrometeorologického ústavu. SPN, Bratislava, 75 s.
- ŠÚRI, M., CEBECAUER, T., HOFIERKA, J., FULAJTÁR jun., E. (2002): Soil Erosion Assessment of Slovakia at a Regional Scale Using GIS. Ecology (Bratislava), Vol. 21, No. 4, p. 404-422.
- ULAH, I., BARTON, M. (2012): r.landscape.evol - grass modul Van OOST, K., GOVERS, G., & DESMET, P.J.J. (2000): Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. Landscape Ecology 15 (6), p. 579-591. Van ROMPAEY, A., VERSTRAETEN, G., Van OOST, K., GOVERS, G. & POESEN, J. (2001): Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach. Earth Surface Processes and Landforms 26 (11), p. 1221-1236.
- VERSTRAETEN, G., Van OOST, K., Van ROMPAEY, A., POESEN, J. & GOVERS, G. (2002): Evaluating an integrated approach to catchment management to reduce soil loss and sediment pollution through modelling. Soil Use and Management, 18, p. 386-394.
- WEINGARTNER, R., BARBEN, M., SPREAFICO, M. (2003). Floods in mountains areas – an overview based on examples from Switzerland. Journal of Hydrology, 282, 10-24.
- WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. (1958): Rainfall energy and its relation to soil loss. Transactions of American Geophysical Union, 39, p. 285-291.

ZACHAR, D. a kol. Lesnícke meliorácie. Príroda, Bratislava, 1984.

Zákon č. 666/2004 Z. z. o ochrane pred povodňami z 27.10.2004.

Zákon č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami z účinnosťou od dňa 1. 2. 2010

<http://www.minzp.sk/sekcie/temy-oblasti/voda/ochrana-pred-povodnami/manazment-povodnovych-rizik/povodnove-mapy.html>

<http://www.sopsr.sk/index.php?page=posobnost&id=12>

### **Zoznam grafických príloh**

- Mapa 1. Súčasná krajinná štruktúra riešeného územia
- Mapa 2. Potenciálne ohrozenie riešeného územia Malokarpatskej oblasti povodňami a pôdnou eróziou
- Mapa 3. Súčasná krajinná štruktúra povodia Gidry na definovanom území Bratislavského samosprávneho kraja

## Zoznam skratiek

BSK	Bratislavský samosprávny kraj
CHKO	Chránená krajinná oblasť
CHVÚ	Chránené vtáčie územie
DTM/DEM	Digitálny terénny model / Digital elevation model
GIS	Geografický informačný systém
ES	Európske spoločenstvo
ID toku	Identifikačné číslo toku
LDS	Lesná dopravná sieť
MK SSR	Ministerstvo kultúry SSR
rkm	Riečny kilometer
SAV	Slovenská akadémia vied
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
SKŠ	Sekundárna krajinná štruktúra
STN	Slovenská technická norma
UTC	Coordinated Universal Time / svetový čas
ÚEV	Územie európskeho významu
ÚSES	Územný systém ekologickej stability
Q	Prietok
Q100	Tzv. „storočný“ prietok, prietok vody v toku, ktorý môže byť dosiahnutý alebo prekročený priemerne jedenkrát počas 100 rokov