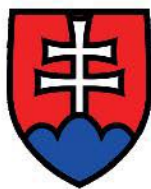


Iceland
Liechtenstein
Norway grants



CLIMADAM

Agentúra na podporu regionálneho rozvoja Košice, n. o.

KOMPLEXNÁ ŠTÚDIA INTEGROVANEJ OCHRANY POVODIA ROŇAVY

Analýza a návrhy riešení



➤ <http://www.eeagrants.sk/>

➤ <https://www.arr.sk/projekt-climadam/>

Názov: Komplexná štúdia Integrovanej ochrany povodia rieky Roňavy

Autorský kolektív:

Mgr. Ivan Barka, PhD.

Ing. Ingrid Frühaufová

Ing. Michal Kravčík

Ing. Dana Kravčíková

Mgr. Lenka Krištofová

Ing. Ľubomír Petro, CSc.

RNDr. Pavel Šťastný, CSc.

Ing. Jaroslav Tešliar, PhD.

Prof. Ing. Jozef Vilček, PhD.

Grafická úprava: Adrián Adamkovič

Vydavateľ: © Agentúra na podporu regionálneho rozvoja Košice, n. o.

Rok vydania: 2023

Príprava publikácie bola realizovaná v rámci projektu CLIMADAM Adaptačná stratégia na klimatickú zmenu a mitigačné aktivity pre slovensko-ukrajinský prihraničný región (číslo projektu – GGC01008) ktorý je podporený z Grantov EHP a Štátneho rozpočtu SR

Iceland 
Liechtenstein
Norway grants



CLIMADAM

Obsah

1	Úvod.....	3
1.1	Charakteristika toku Roňavy.....	3
2	Faktory prírodného prostredia determinujúce vznik povodní v povodí rieky Roňava	5
2.1	Geologické a geomorfologické faktory	5
2.2	Hydrogeologické faktory.....	6
2.3	Akumulácia vody v poľnohospodárskych pôdach povodia Roňava	7
2.4	Stav lesov v čiastkových povodiach Roňavy.....	10
2.5	Obsah organického uhlíka v pôdach.....	13
2.6	Erózia lesných pôd.....	13
2.7	Povodňové situácie na Roňave v rokoch 2001-2021	15
3	Výpočet odtoku z povodia Roňavy.....	21
4	Návrh vodozadržných opatrení pre povodie rieky Roňava.....	33
4.1	Riešenia pre urbanizované prostredia	35
4.1.1	Dažďové záhrady	35
4.1.2	Zelené strechy a steny	37
4.1.3	Zelené strechy.....	38
4.1.4	Zelené steny.....	39
4.1.5	Vodné a zasiakavacie plochy	40
4.1.6	Vsakovací bazén	40
4.1.7	Vegetačné zvodnené priehlbne	41
4.1.8	Trávnaté priehlbne.....	42
4.1.9	Suchá studňa	42
4.1.10	Podzemná nádrž s fontánou	43
4.1.11	Zatravnňovacie tvárnice.....	44
4.2	Riešenia pre poľnohospodársku krajinu	45
4.2.1	Malá vodná nádrž	45
4.2.2	Zasiakavacie pásy a obnova vetrolamov poľnohospodárskej krajine.....	46
4.2.3	Zasiakavacie jamy	47
4.3	Riešenia pre lesnú a dopravnú infraštruktúru	48
4.3.1	Odrážky na spevnených a nespevnených cestách a zasiakavacie jamy	48
4.3.2	Infiltračné priekopy pozdĺž ciest	49
4.3.3	Hrádzky všetkých typov v lesnej krajine	50
4.3.4	Dažďový rezervoár	51
5	Benefity vodozadržných opatrení	52
6	Záver	54

1 Úvod

Dôvodom pre vypracovanie tejto štúdie je potreba analyzovať príčiny problémov súvisiacich s povodňami a suchom, hľadať spôsoby ako znížiť riziko povodní (ktoré sa v súvislosti so zmenou klímy vyskytujú čoraz častejšie) a navrhnúť riešenia.

Záujmová časť povodia Roňavy sa nachádza v juhozápadnej časti Východoslovenskej roviny v okrese Trebišov. Geografická poloha územia, ako aj jeho geomorfologické, klimatické, hydrologické i pôdne pomery podmieňujú charakter tejto lokality, predurčujú jeho prírodný, spoločenský i ekonomický potenciál, ako aj spôsob využívania krajiny.

Územie je výrazne ovplyvňované existenciou rieky Roňava, ktorá predstavuje dominantný krajinotvorný prvok. Napriek skutočnosti, že v súčasnosti rieka trpí nedostatkom vody, aj vplyvom nepravidelných zrážkových udalostí dochádza sporadicky k jej vybrežovaniu, čo negatívne ovplyvňuje najmä poľnohospodárske pôdy v jej okolí.



Obrázok 1 - poloha povodia Roňavy v rámci Košického kraja

Vodný tok Roňava sa nachádza na území Slovenska a Maďarska. Má celkovú dĺžku 51 km, z toho 40,5 km preteká Slovenskom (13,5 km tvorí spoločnú hranicu). Povodie na Slovensku zaberá plochu 212 km², zatiaľ čo v Maďarsku je to 267 km². Pri hodnotení územia sa kládol hlavný dôraz na slovenskú časť povodia.

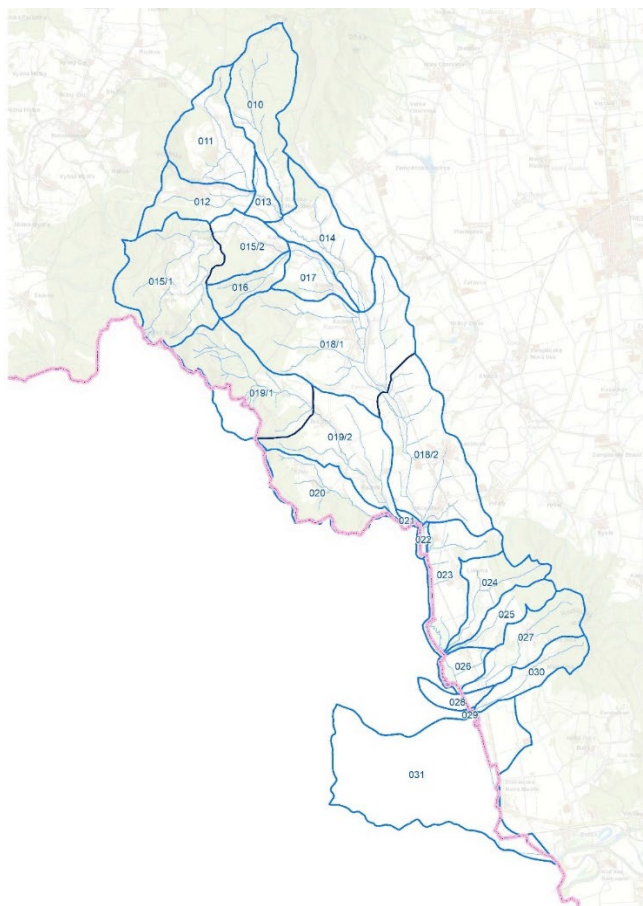
1.1 Charakteristika toku Roňavy

Roňava pramení v pohorí Slanské vrchy, prameň leží približne 0,5 km severovýchodne od obce Slančík. Od prameňa tečie Roňava na rozhraní polí a lesa približne smerom na juh, vstupuje do Podslanskej pahorkatiny a preteká popri východnom okraji obce Slanské Nové Mesto. Na južnom okraji obce do Roňavy ústi pravostranný prítok Slančík (ID toku: 4-30-11-139; plocha povodia: 21,905 km² ; dĺžka: 7,93 km). Trasa Roňavy sa za Slanským Novým Mestom pootáča na juhovýchod, koryto

mierne meandruje a približne 0,6 km severovýchodne od obce Slivník prechádza popod železničnú trať č. 190 Košice – Čierna nad Tisou, otáča sa na juh a ďalej preteká medzi železničnou traťou a obcou Kuzmice a na ďalšom úseku vedie popri západnom okraji obce Michaľany. Roňava vo vzdialenosti približne 1,7 km severozápadným smerom od stredu obce Luhyňa vchádza na slovensko-maďarskú štátnu hranicu. Po štátnej hranici priteká Roňava medzi Slovenské Nové Mesto a maďarské mesto Sátorajlajúhely a po jeho východnom okraji prechádza na územie Maďarska. Roňava tvorí slovensko-maďarskú hranicu na štyroch úsekoch, medzi rkm 19,52 – 14,23, rkm 11,42 – 6,72, rkm 5,42 – 3,11 na záverečnom úseku pred ústím do Bodrogu rkm 0,73 – 0,00. Roňava ústi do Bodrogu 0,5 km južne od obce Borša. Na území Maďarska tečie Bodrog ďalej smerom na juhozápad a preteká popri východnom okraji mesta Sárospatak. Pri obci Bodrogkisfalud sa trasa rieky otáča na juhovýchod a rieka Bodrog ústi do Tisy na juhovýchodnom okraji obce Tokaj.

Charakteristika povodia Roňava (ID toku: 4-30-11-52; plocha povodia: 1 476,660 km² ; dĺžka: 39,30 km. Priemerný prietok v Michaľanoch je 740 litrov za sekundu.

Z dôvodu rozsiahlosti územia povodia Roňavy, bolo územie povodia rozdelené do mikropovodí na základe morfometrických vlastností reliéfu (sklonitosti), ktoré má na svedomí odtok vody z jednotlivých častí územia. Povodie Roňavy pozostáva z 22 mikropovodí (očíslované od 4-30-11-010 do 4-30-11-031). Z dôvodu rozsiahlosti a členitosti mikropovodí 15, 18 a 19 bolo každé z tohto mikropovodia rozdelené na dve menšie. Takýmto delením vzniklo spolu 25 mikropovodí.



Obrázok 2 - Mikropovodia v rámci povodia Roňavy

2 Faktory prírodného prostredia determinujúce vznik povodní v povodí rieky Roňava

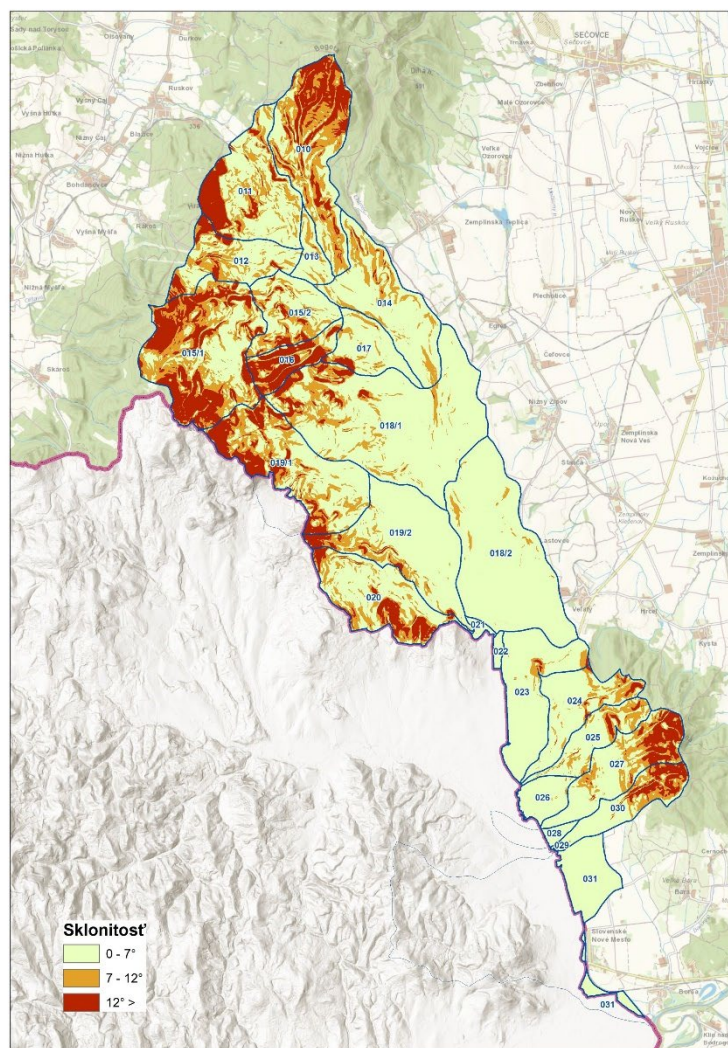
2.1 Geologické a geomorfologické faktory

Medzi hlavné príčiny vzniku povodní v povodí Roňavy patrí okrem klimatických faktorov aj **charakter jeho reliéfu**, ktorý je výsledkom **geologicko-tektonickej stavby** územia a **geodynamických procesov** prebiehajúcich nielen v minulosti, ale aj súčasnosti. Z topografickej mapy je zrejmé, že dolina rieky je hlboko zarezaná do podložia a jej aluviálna niva je pomerne úzka (napr. pri Kuzmiciach 300 m, pri Michalňanoch 600 m). V období intenzívnych zrážok a rýchleho topenia snehu predovšetkým v severnej časti povodia sa veľké množstvo vody odtekajúcej po povrchu dostáva do úzkej nivy, čo spôsobuje povodne.

K zvýšenému povrchovému odtoku prispieva aj skutočnosť, že horniny v severnej a strednej časti povodia **nie sú dobrými kolektormi podzemnej vody** kvôli ich nízkej priepustnosti. Platí to nielen pre vulkanické horniny, ale aj prevažne ílovité neogénne a kvartérne sedimenty (zeminy).

Ďalším faktorom zvyšujúcim náchylnosť na vznik povodní je rýchla **zmena spádovej krivky** Roňavy. Priemerný sklon jej koryta blízko prameňa (660 m n. m.) je cca 12°, ale veľmi rýchlo klesá. V nadmorskej výške medzi 400 – 300 m, t. j. asi 2 200 m od prameňa je sklon spádovej krivky už iba 3,8°. V oblasti severne od Slanského Nového Mesta (250 m n. m.) dosahuje sklon menej než 1°. Prakticky odtiaľ začína záplavové územie, lebo rýchlosť prúdenia vody v koryte je veľmi nízka. Z rozdielu nadmorskej výšky koryta v Michalňanoch (120 m n. m.) a koryta v Slovenskom Novom Meste (102 m n. m.) a ich vzájomnej vzdialenosti (cca 12 km) je zrejmé, že sklon je minimálny.

Podľa **Neotektonickej mapy** SR 1:500 000 (Maglay et al., 1999) vykazuje Podslanská pahorkatina a Zemplínske vrchy stredný zdvih, Slanské vrchy malý a okolie Byšty veľmi malý zdvih. Dolinou potoka Byšta a Roňavy južne od Michalían prebieha zlomová línia, ktorá funguje od stredného a vrchného pleistocénu až po holocén. Územie severne od Michalían bolo formované hlavne v období vrchného pliocénu až po kvartér. To znamená, že dolina rieky Roňava voči okolitým pohoriam poklesáva. Z dlhodobého hľadiska dochádza k zvyšovaniu sklonu okolitých svahov, čo vedie k vzniku svahových porúch (najmä zosuvov) a zrýchľovaniu povrchového odtoku a erózie.



Obrázok 3 - Sklonitosti povrchu povodia Roňavy

2.2 Hydrogeologické faktory

Do povodia Roňavy zasahujú podľa údajov SHMÚ tieto hydrogeologické rajóny: VN111 – neovulkanity Slanských vrchov, N112 – neogén západnej časti Východoslovenskej nížiny, NG113 – paleozoikum a mladšie horniny Zemplínskych vrchov a Q114 – kvartér dolného toku Roňavy.

Podľa listu 38 (Michalovce) hydrogeologickej mapy 1:200 000 (Škvarka, 1986) sa v povodí Roňavy nachádza niekoľko základných typov zvodnencov:

- **Bázické vulkanity** reprezentujú menšie zvodnenca s medzizrnovým alebo puklinovým typom priepustnosti alebo oblasti s **takmer žiadnymi množstvami podzemnej vody**.
- **Vulkanoklastiká** rôzneho granulo-metrického zloženia majú puklinovo-pórovú priepustnosť a hladina **podzemnej vody** v nich býva obvyčajne **napätá**.
- **Kyslé vulkanity** (ryolity, ryodacity, dacity) majú medzizrnový typ priepustnosti, tvoria menšie zvodnenca s **minimálnymi množstvami podzemnej vody**.
- **Paleogénne zlepenca** sú menšími zvodnencami s medzizrnovým alebo puklinovým typom priepustnosti alebo oblasťami s **takmer žiadnymi množstvami podzemnej vody**.

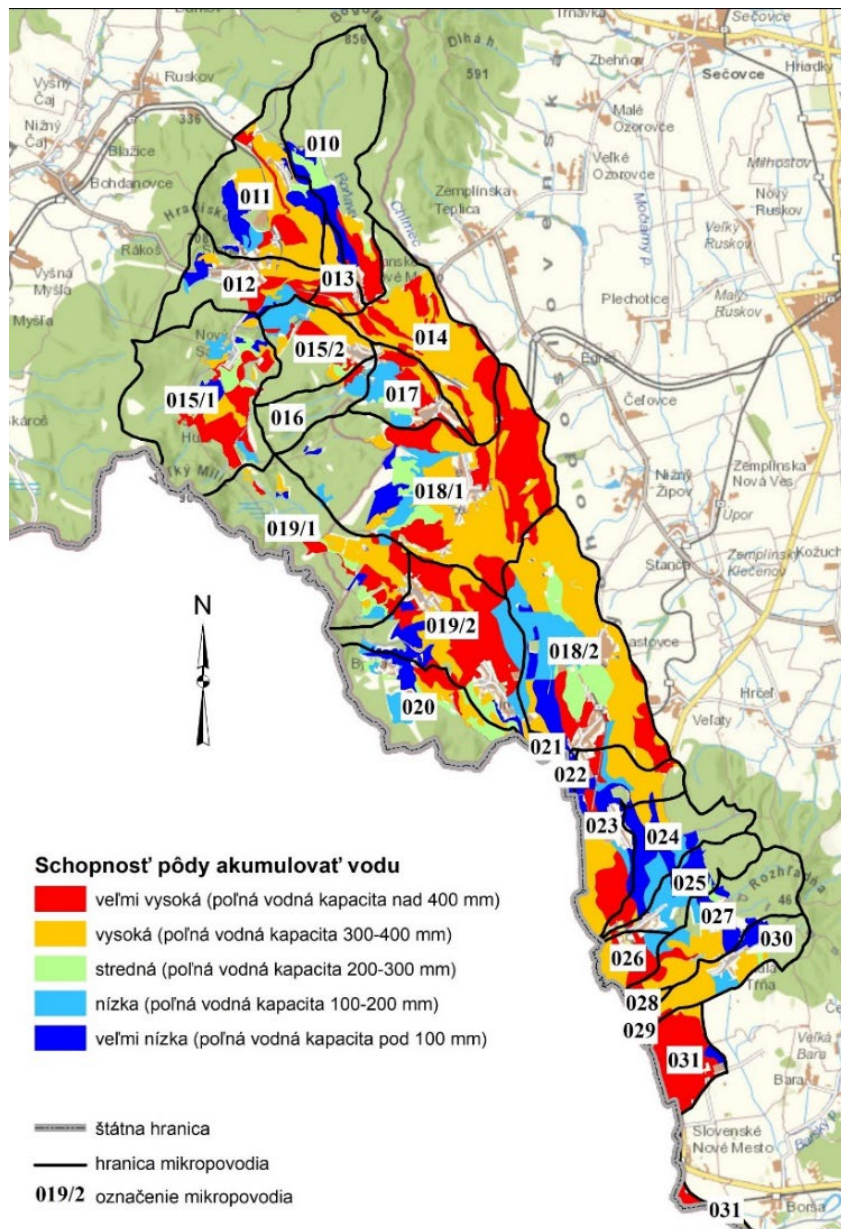
- **Pieskovce a bridlice** s polohami porfýrov majú prevažne puklinovú priepustnosť. Metamorfity (pararu-ly) majú puklinovú, resp. medzizrnovú priepustnosť a **nepredstavujú** významnejší kolektor **podzemnej vody**.
- **Neogénne sedimenty** (íly, ílovce, prachovce) sú prakticky **nepriepustné**, majú medzizrnovú alebo puklinovú priepustnosť a nevიაžu takmer žiadne množstvá podzemnej vody.
- Zahlinené **fluviálne štrky a piesky** údolnej terasy rieky (severne od Kuzmíc) majú medzizrnovú priepustnosť, voľnú hladinu podzemnej vody, ktorá je v hydraulikej spojitosti s povrchovým tokom.
- **Fluviálne piesčité štrky** údolnej terasy (medzi Kuzmicami a Krupovým dvorom) predstavujú zvodnenec s obmedzenými množstvami podzemnej vody.
- **Zahlinené terasové štrky** a piesky medzi Čerhovom a Slovenským Novým Mestom majú tiež medzizrnovú priepustnosť a netvorí kolektor s významnejšími množstvami podzemnej vody.
- **Fluviálne piesčité štrky** Roňavy južne od Krupovho dvora reprezentujú významný a vysoko a stredne produktívny zvodnenec s voľnou hladinou podzemnej vody spätej s hladinou vody v rieke.
- **Najvýznamnejším** kolektorom podzemnej vody v povodí Roňavy sú **piesčité štrky** údolnej terasy prekryté hlinami v oblasti Slovenského Nového Mesta.

Podľa Mapy ochrany vôd SR (VÚVH, 1994) sa najvýznamnejšie vodárensky využívané objekty (vrty, studne) nachádzajú v štrkových náplavoch Roňavy západne od Lastoviec a Michalian, resp. východne od Slovenského Nového Mesta.

2.3 Akumulácia vody v poľnohospodárskych pôdach povodia Roňava

Zo strategického hľadiska je dôležité poznať hydrologické parametre poľnohospodárskych pôd v lokalite povodia Roňavy, z ktorých najmä priestorová dislokácia ich schopnosti akumulovať vodu zohráva dôležitú úlohu.

Analýza a kategorizácia schopnosti poľnohospodárskych pôd akumulovať vodu bola v lokalite povodia Roňavy vykonaná diferencovane pre 25 mikropovodí. Využitím údajovej databázy VÚPOP o parametroch pôd a ich priestorovom rozšírení i kategorizácie poľnohospodárskych pôd akumulovať vodu (podľa zvolenej metodiky) bola aplikáciou prostriedkov GIS vytvorená mapa priestorovej identifikácie tohto parametra.



Obrázok 4 - Priestorová dislokácia schopnosti poľnohospodárskych pôd povodia Roňavy akumulovať vodu

Tabuľka 1 - Zastúpenie kategórií schopnosti pôd akumulovať vodu

Index	Kategória	Zastúpenie (%)
1	veľmi vysoká	31,7
2	vysoká	38,3
3	stredná	6,0
4	nízka	11,6
5	veľmi nízka	12,4

Tabuľka 2 - Zastúpenie kategórií pôd v mikropovodiach podľa schopnosti pôd akumulovať vodu v %

Mikropovodie	Kategória v %				
	1	2	3	4	5
010	33	10	18		38
011	15	55	2	4	24
012	37	38		12	13
013	38	51			11
014	30	70			
015/1	50	16	14	9	10
015/2	30	34	10	26	
016	27	5		68	
017	41	14	9	37	
018/1	41	42	6	7	4
018/2	14	48	12	18	8
019/1	38	41	11	7	3
019/2	50	22	4	12	11
020	18	21	24	21	17
021		45			55
022					100
023	27	47		7	19
024	9	15		22	54
025	2	3	2	47	45
026	44	43		13	
027	15	49	2	14	20
028	54	46			
029	42	58			
030	8	64	2	11	15
031	85	11			4

Do kategórie s veľmi vysokou akumulačnou schopnosťou patria pôdy v klimatickom regióne pomerne teplom, mierne suchom, vrchovinovom, kontinentálnom (53 %) a teplom, veľmi suchom, nížinnom, kontinentálnom (39 %), typu pseudogleje (54 %), fluvizeme (15 %), čiernice (8 %) a hnedozeme (6 %) na rovine (43 %), hlboké (91 %), stredne ťažké - hlinité (69 %).

Do kategórie s vysokou schopnosťou patria pôdy v klimatickom regióne pomerne teplom, mierne suchom, vrchovinovom, kontinentálnom (50 %), a teplom, veľmi suchom, nížinnom, kontinentálnom (46 %), typu pseudoglej (51 %), kambizem (16 %) fluvizem (10 %), čiernice (11 %), na rovine (41%), resp. miernom svahu do 7o (35 %), hlboké (90 %), stredne ťažké hlinité (43 %) až ťažké ílovitohlinité (46 %).

V kategórii pôd so strednou schopnosťou prevládajú pôdy v klimatickom regióne pomerne teplom, mierne suchom, vrchovinovom, kontinentálnom (41 %), a teplom, veľmi suchom, nížinnom, kontinentálnom (47 %), typu kambizem (51%), pseudoglej (37 %), čiernica (10 %), na rovine (21 %), miernom svahu do 7o (45 %), hlboké (56 %), stredne ťažké hlinité (56 %) až ťažké ílovitohlinité (47 %).

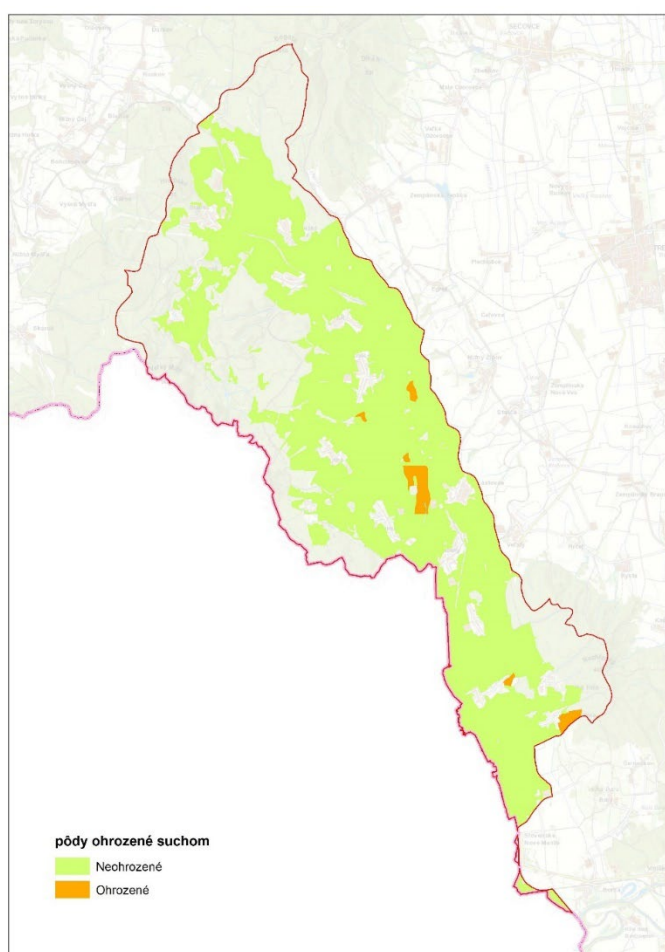
V kategórii pôd s nízkou schopnosťou prevládajú pôdy v klimatickom regióne pomerne teplom, mierne suchom, vrchovinovom, kontinentálnom (57 %), a teplom, veľmi suchom, nížinnom, kontinentálnom (38 %), typu kambizem (58 %), pseudoglej (29 %), na rovine (26 %), miernom svahu do 7o (47 %), hlboké (56 %), stredne ťažké hlinité (71 %).

Do kategórie s veľmi nízkou akumulačnou schopnosťou patria pôdy v klimatickom regióne

pomerne teplom, mierne suchom, vrchovinovom, kontinentálnom (51 %) a teplom, veľmi suchom, nížinnom, kontinentálnom (34 %), typu kambizem (52 %), pseudoglej (8 %), fluvizeme (16 %), na rovine (22 %), resp. miernom svahu do 7° (45 %), hlboké (47 %), resp. stredne hlboké (16 %), stredne ťažké hlinité (47 %) až ťažké ílovitohlinité (37 %).

Zo schopnosti pôdy akumulovať vodu, ale aj iné vlastnosti pôdy spôsobili to, že v niektorých častiach povodia Roňavy sú pôdy ohrozené na suchom. "Pôdy ohrozené suchom" označuje pôdy, ktoré sú náchylné na stratu vlhkosti a následné vysychanie, čo môže negatívne ovplyvniť rast rastlín a poľnohospodársku produkciu. Tento stav môže byť spôsobený nedostatkom zrážok, vysokými teplotami, vetrom, nevhodným hospodárením s pôdou alebo kombináciou týchto faktorov. Ohrozené pôdy môžu vykazovať znaky ako zníženú úrodnosť, praskanie povrchu, nižšiu schopnosť zadržiavať vodu a zvýšenú eróziu.

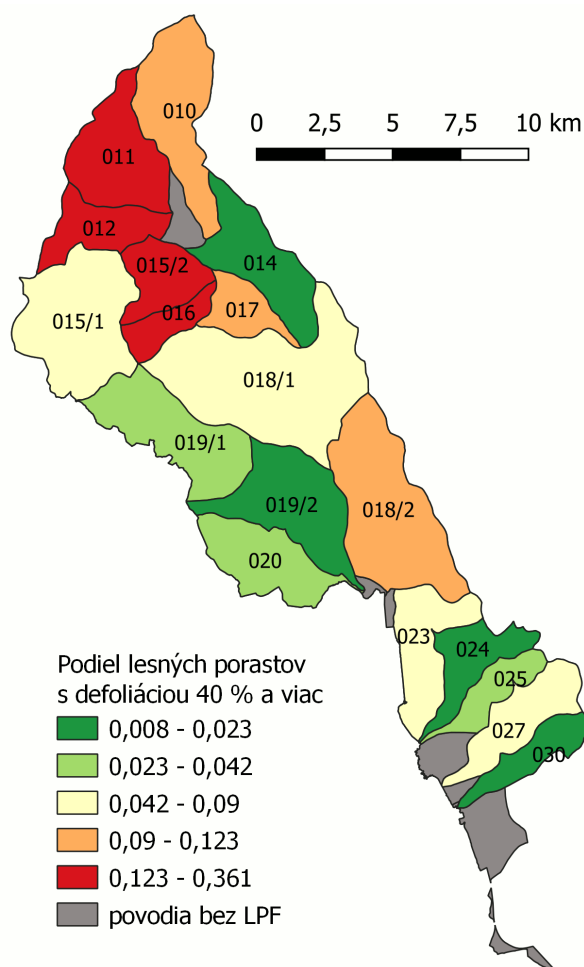
Tabuľka 3 - Pôdy ohrozené suchom



2.4 Stav lesov v čiastkových povodiach Roňavy

Stav lesov v čiastkových povodiach Roňavy bol hodnotený na základe straty olistenia (resp. ihličia) drevín ako základného ukazovateľa, určujúceho zdravotný stav porastov. Použitými metódami boli diaľkový prieskum Zeme a terénne hodnotenia. Stav lesných porastov bol vyhodnotený na základe satelitných snímok Sentinel-2. Metodický postup bol založený na dvojfázovom regresnom výbere. Princíp tohto výberu spočíva v tom, že v prvej fáze výberu sa zvolí vhodná kombinácia kanálov

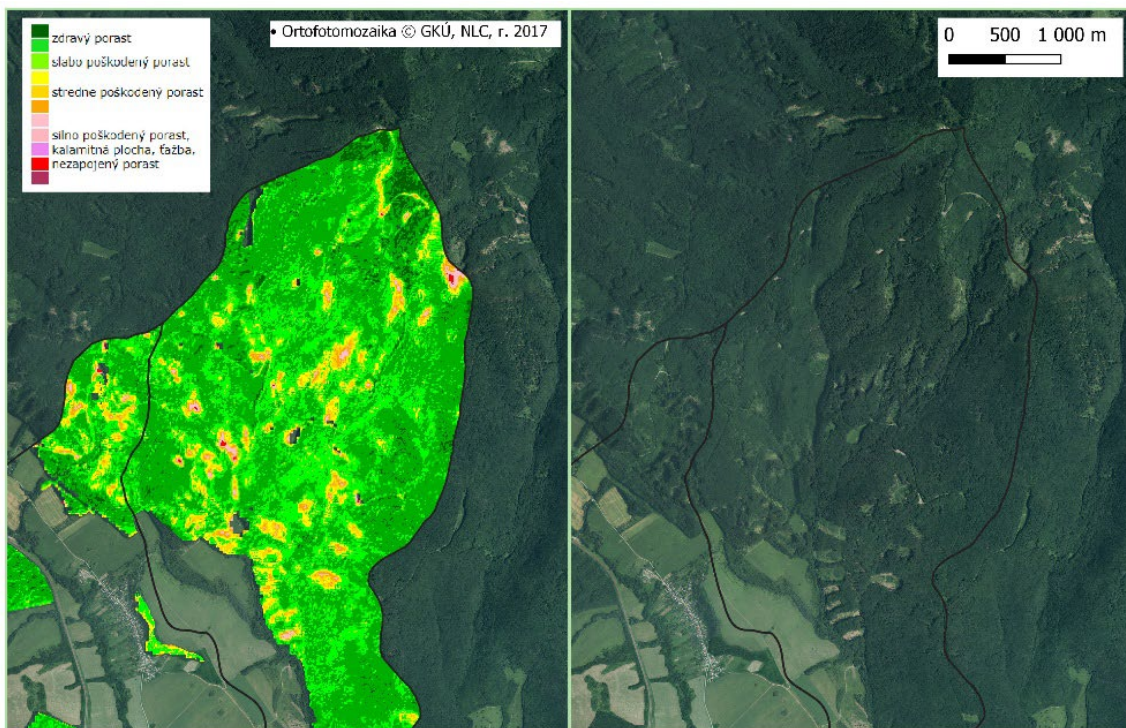
satelitnej snímky (zvyčajne červený, blízky a stredný infračervený kanál), z ktorých sa približne určí miera a rozsah poškodenia porastov. V druhej fáze sa využili presnejšie údaje o poškodení drevín z terénnych hodnotení.



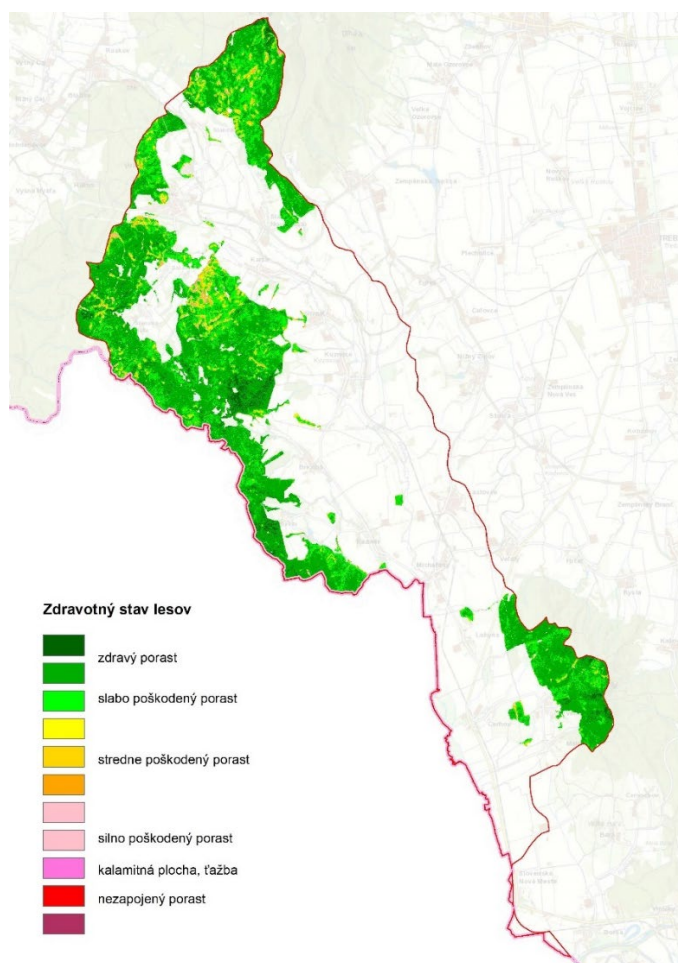
Obrázok 5 - Podiel porastov vykazujúcich defoliáciu nad 40 % v čiastkových povodiach Roňavy, priemer za roky 2018 až 2020

Z týchto údajov sa cez regresný model spresnilo určenie zdravotného stavu zo satelitných snímok. Aj pri terénnych šetreniach stavu lesov bola použitá strata asimilačných orgánov (SAO) ako hlavný indikátor a základný vizuálny symptóm zdravotného stavu drevín. Vyjadruje percentuálny pomer chýbajúcich častí asimilačných orgánov k vzorovému, plne olistenému stromu. Metodický postup klasifikácie zdravotného stavu je podrobne opísaný v prácach Bucha et al. (2002, 2010) a Barka et al. (2018). Ako signifikantne poškodené boli hodnotené len porasty s defoliáciou 40 a viac percent.

Defoliácia do 40 % sa považuje za reverzibilnú (nemá vplyv na stav porastov v ďalších rokoch) a často je spôsobená priebehom počasia (suchšia perióda), prípadne vlastnosťami snímky (vyšší obsah aerosólov v ovzduší počas snímkovania). Výsledná klasifikácia stavu lesov v čiastkových povodiach Roňavy je zobrazená na obr. 7. Zvolený metodický postup však neumožňuje odlíšiť náhodné a kalamitné ťažby od veľmi silno poškodených porastov, preto tak vyťažené ako aj veľmi silno poškodené porasty boli zlúčené do najvyšších kategórií poškodenia. Detail rastra zdravotného stavu a jeho porovnanie s aktuálnou ortofotomapou je na obr. 6.



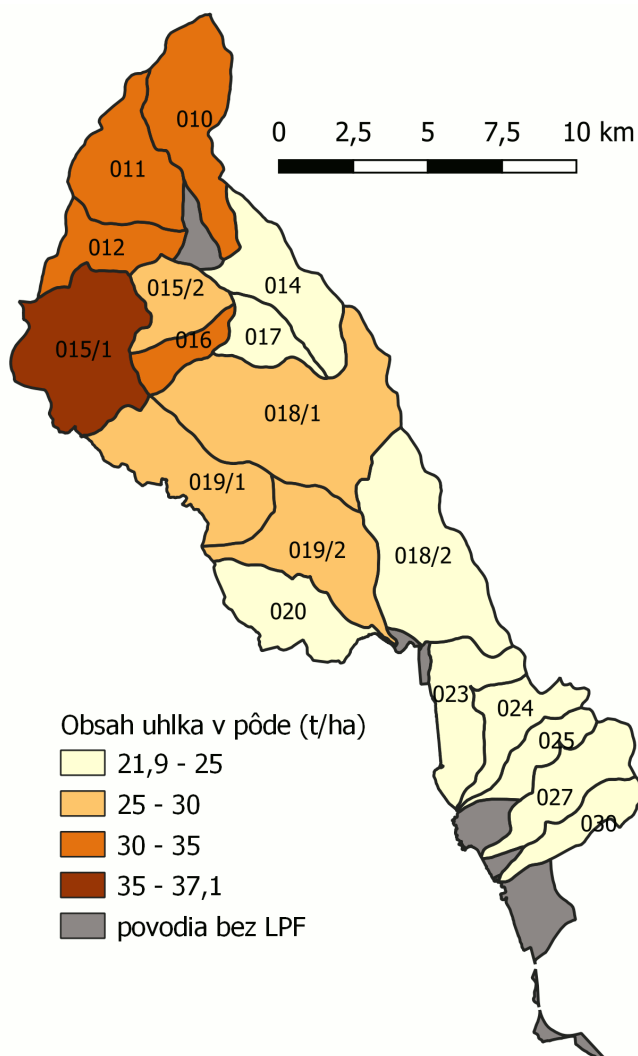
Obrázok 6 - Porovnanie aktuálnej ortofotomapy s rastrom stavu lesných porastov



Obrázok 7 - Zdravotný stav lesov

2.5 Obsah organického uhlíka v pôdach

Obsah organického uhlíka lesných pôd v čiastkových povodiach Roňavy bol vyhodnotený na základe lesných pôdných jednotiek (<https://gis.nlcsk.org/arcgis/rest/services/Inspire/PodneTypy/MapServer>) a digitálneho modelu reliéfu (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/copernicus-land-monitoring-service-eu-dem>). Hodnota priemerného obsahu organického uhlíka v pôdach na lesnom pôdnom fonde pre čiastkové povodia je na obr. 8.

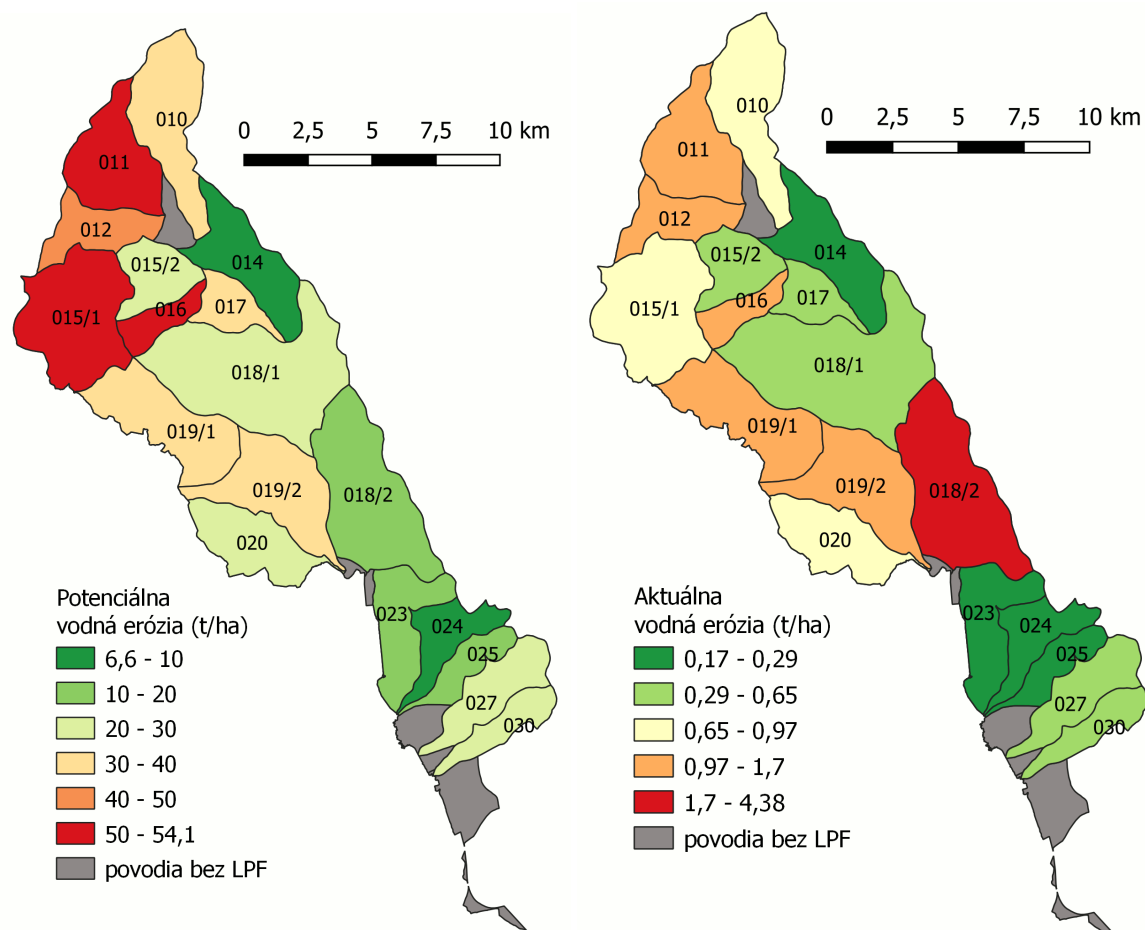


Obrázok 8 - Obsah organického uhlíka v lesných pôdach čiastkových povodiach Roňavy

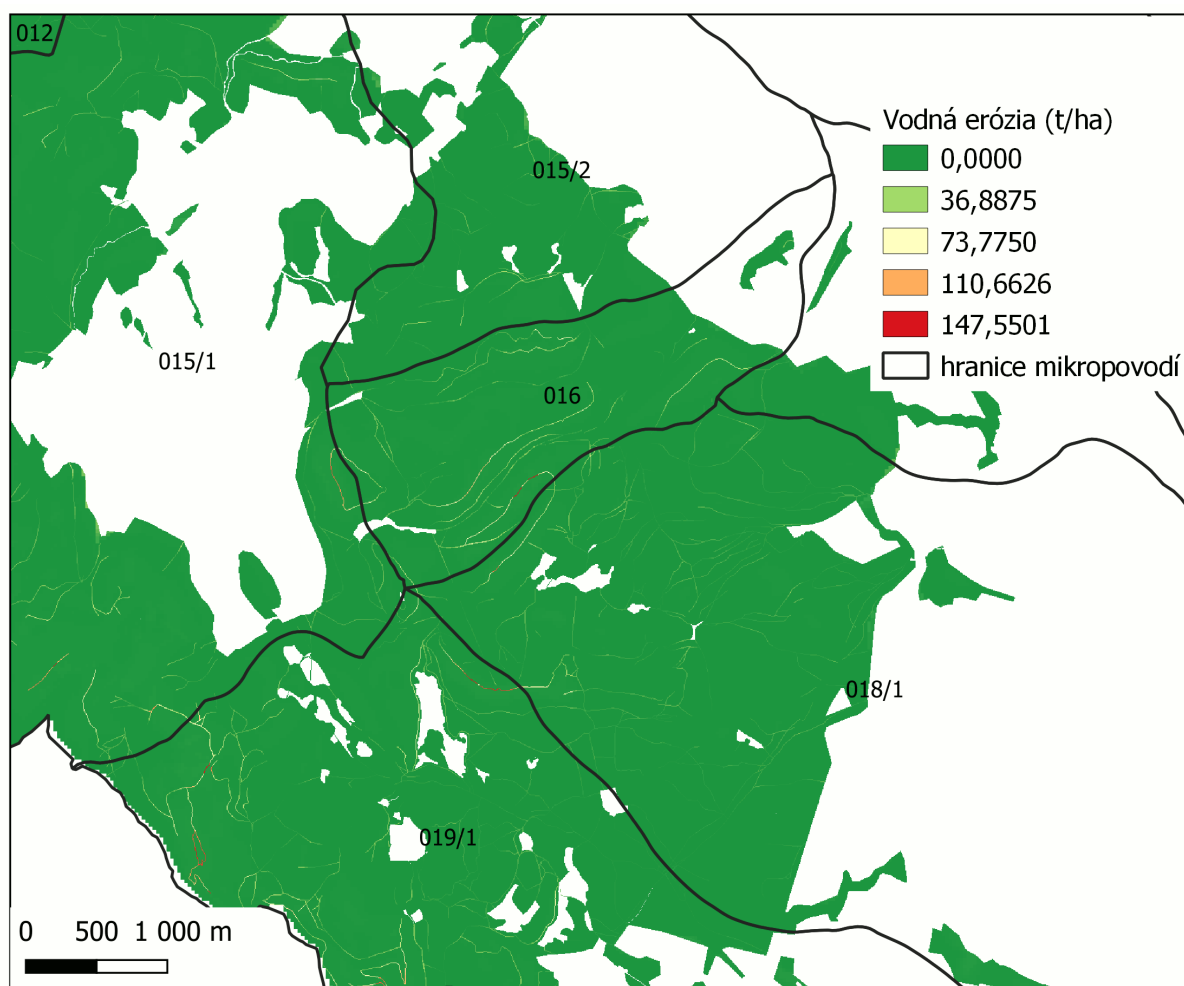
2.6 Erózia lesných pôd

Hodnotenie erózie lesnej pôdy v čiastkových povodiach Roňavy bolo založené na metodike RUSLE (Wishmeier a Smith, 1978). Pri výpočte rastrov potenciálnej a aktuálnej vodnej erózie boli brané do úvahy faktory R (erózna účinnosť zrážok), LS (sklon a dĺžka svahu), K (erodovateľnosť pôd) a C (ochranný účinok vegetačnej pokrývky). S faktorom P (antropický účinok vrátane protieróznych opatrení) vzhľadom k tomu, že sa jedná o lesné pôdy, nebol uvažovaný. Výsledkom bola hodnota erózie v $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$.

Pre stanovenie faktora R bola využitá práca Ilavská et al., 2005. LS faktor bol počítaný na základe práce Edeso et al. (1995). Faktor K bol stanovený na základe vrstvy pôdných jednotiek (<https://gis.nlcsk.org/arcgis/rest/services/Inspire/PodneTypy/MapServer>) a práce Ilavská et al. (2005). C faktor bol stanovený na základe drevinového zloženia porastov. Pri výpočte potenciálnej erózie (obr. 9) faktor C nebol vzatý do úvahy (vylúčený z rovnice). Vo výpočte aktuálnej erózie (obr. 9 a 10) boli využité všetky uvedené faktory.



Obrázok 9 – Vľavo: Potenciálna erózia lesných pôd v čiastkových povodiach Roňavy. Hodnotená bola len plocha lesného pôdneho fondu. Vpravo: Aktuálna erózia lesných pôd v čiastkových povodiach Roňavy. Hodnotená bola len plocha lesného pôdneho fondu



Obrázok 10 - Detail rastra aktuálnej erózie lesných pôd v čiastkových povodiach Roňavy, zobrazujúci vplyv lesnej dopravnej siete

Vizuálne porovnávanie stavu krajiny z dvoch rôznych období pomáha lepšie porozumieť procesom, ktoré v krajine prebiehajú. Pomocou nich je možné dokumentovať opúšťanie poľnohospodárskej pôdy, najmä málo produktívnych pasienkov poznačených úvozovou a výmoľovou eróziou a menej úrodnej pôdy s často neusporiadanými majetkovo-právnymi vzťahmi, stabilizačnú rolu vegetácie na eróziu postihnutých pozemkoch, vplyv ťažby surovín, rozširovanie sídel a iné javy.

2.7 Povodňové situácie na Roňave v rokoch 2001-2021

Územie povodia podľa našej klimatickej klasifikácie patrí v najnižších polohách do klimatickej oblasti teplej, konkrétne jej okrsku T2 - suchého, s miernou zimou (s priemernou januárovou teplotou $> -3^{\circ}\text{C}$). Smerom k svahom Slanských vrchov prechádza do okrsku T4, ktorý je mierne suchý a má miernu zimu. Nad ním je oblasť mierne teplá, zastúpená okrskom M3, ktorý má júlovú teplotu $\geq$ viac alebo rovnú 16°C . V spodnej časti povodia ročne spadne 600 – 700 mm a v jeho horných polohách 900 až 1000 mm, pričom v priemere maximum zrážok pripadá na mesiace jún, alebo júl a minimum na február, alebo marec. V priemere v 24 – 28 dňoch ročne sa vyskytuje denný úhrn rovný alebo väčší ako 10 mm.

Povodie Roňavy bolo hodnotené vzhľadom na **povodňovú hrozbu**, pričom kritériami boli častosť výskytu a následky povodní. Na hodnotenie bol zvolený indikátor citlivosti riečnych povodí na povodňové extrémny, tzv. „povodňový index“ K.

Stanovuje sa podľa nasledovného vzťahu:

$$K = 1/n \sum Q_{\max}/Q_{\text{rok}}$$

$Q_{\max}$ – max. Q na vodomernej stanici pre uvažované obdobie

Q_{rok} – ročná hodnota Q na vodomernej stanici

n – počet rokov hydrologického radu

Z definície povodňového indexu K vyplýva, že územia s vyššou hodnotou tohto indexu sú viac citlivejšie na povodňové situácie, resp. územie povodia je citlivejšie na povodne. K – vykazuje signifikantné hodnoty najmä počas letného obdobia.

Pre rok ako celok bolo podľa tohto kritéria povodie Roňavy zaradené ako **citlivé** v nasledovnej škále delenia:

Veľmi citlivé	K = 30 a viac
Citlivé	K v intervale 20 – 30
Málo citlivé	K v intervale of 10 – 20
Zanedbateľná citlivosť	K nižšia ako 10

V zmysle implementácie smernice Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES z 23. októbra 2007

o hodnotení a manažmente povodňových rizík bol v roku 2015 spracovaný Plán manažmentu povodňového rizika v čiastkovom povodí Bodrogu, v ktorom je možné nájsť podrobné informácie o povodí Roňavy (<http://www.vuvh.sk/rsv2/download/PMPR/Bodrog/Plan.pdf>).

https://www.minzp.sk/voda/ochrana-pred-povodnami/manazment-povodnovych-rizik/plan-manazmentu-povodnovych-rizik-ciastkovych-povodiach-sr-2015.html?actualDir=/files/sekcia-vod/manazment-rizik-2015/3_08-ciastkove-povodie-bodrogu/mapova-priloha

Mapy opatrení

Patria k nim aj informácie, týkajúce sa povodní, napr. údaje o rozsahu a trasách postupu povodní, údaje o územiach s retenčným potenciálom ako prirodzenými záplavovými oblasťami, návrhy opatrení z územných plánov obcí v povodí, existujúce územia vhodné na prirodzenú transformáciu alebo umelú transformáciu povodňových vln a tiež aj navrhované úpravy vodných tokov, odstraňovanie nánosov z koryt vodných tokov a porastov na brehoch vodných tokov, ochranné hrádze a protipovodňové línie

Najčastejšími **príčinami povodní** sú:

1. **dlhotrvajúce zrážky** spôsobené regionálnymi dažďami zasahujúcimi veľké územia, ktoré nasýtia povodia, následkom čoho je veľký povrchový odtok;
2. **prívalové dažde** s krátkymi časmi trvania a veľkou, značne premenlivou intenzitou, ktoré zasahujú pomerne malé územia, vysoká intenzita dažďa neposkytuje čas potrebný na vsakovanie vody do pôdy a preto takmer okamžite po jeho začiatku začína aj povrchový odtok;

3. **rýchle topenie snehu** po náhlom oteplení, keď voda nemôže vsakovať do ešte zamrznutej pôdy a odtekať po povrchu terénu, pričom nebezpečný priebeh takých povodní mnohokrát znásobujú súčasne prebiehajúce dažde.;
4. **vytváranie bariér z krýh**, zo zamrznutej vrstvy ľadu na toku pri topení snehu, alebo tekutých zrážok. Nad nimi voda môže lokálne vybrežiť.

Vznik ničivej povodne, okrem vysokých zrážok, spoločne podmieňujú mnohé ďalšie činitele. Okrem daných orografických, hydrogeologických, pedologických a vegetačných pomerov, sú to nasýtenosť povodia predchádzajúcimi zrážkami, akumulovaný sneh, činnosť človeka (napríklad hospodárenie v lesoch a na poľnohospodárskej pôde, rozvoj miest, vidieckeho osídlenia a krajiny, výstavba retenčných priestorov, úpravy vodných tokov a pod.), ale napríklad aj výskyt kladných teplôt vzduchu v zime. Každá povodeň je, z hľadiska vzniku, rozsahu a priebehu, jedinečným prírodným úkazom.

Výskyt povodňových situácií za obdobie 2001 – 2021 podľa príčiny povodne

Pre vodomernú stanicu Michalany boli za obdobie rokov 2001 až 2021 vyhodnotené povodne, konkrétne keď nastal v riečnom profile na uvedenej stanici III. stupeň povodňovej aktivity.

Údaje o skupenstve zrážok a ich úhrne, výške a vodnej hodnote snehovej pokrývky boli brané zo zrážkomerných, ležiacich priamo v povodí Roňavy a ktorými boli Slanské Nové Mesto (v texte SNM) (200 m.n.m) a Slanská Huta (v teste SH) (450 m.n.m). Ich poloha je na obr. 11. Reprezentujú hornú polovicu povodia Roňavy.

Obrázok 11 - Poloha zrážkomerných staníc v povodí rieky Roňavy

Tabuľka 4 - Charakteristiky povodní, t.j. stavu povodňovej aktivity 3. stupňa (SPA III) vo vodomernej stanici Michalany na rieke Roňava za obdobie 2001 – 2021

Rok	Dátum výskytu SPA III		Dátum kulminácie	Čas kulminácie	H (cm)	Typ pov.	SPA	Q _{kulm} m ³ /s	N-roč.	Počet dní
	od	do								
2001 - 2003							bez SPA			
2004	28.7.	28.7.	28. 07.	10:00	300	3	III.	8,8	< 1	1
2005 - 2007							bez SPA			
2008	26.6.	27.6.	27.6.	4:00	315	3	III.			4
	23.7	25.7	24. 07.	0:00	257	3	III.	7,7	< 1	
2009	5.3.	7.3.	6.3.	3:00	289	1	III.	NO	NO	6
	25.12.	27.12.	25.12.	22:00	338	1	III.	12,5	1	
2010	10.1.	10.1.	10.1.	14:00	300	2	III.	10,0	< 1	41
	24.2.	28.2.	27. 02.	18:30	341	1	III.	8,0	< 1	
	1.3.	2.3.	1.3.	20:00	306	1	III.	NO	NO	
	14.4.	17.4.	15.4.	12:00	321	2	III.	8,0	< 1	
	19.4.	20.4.	20.4.2010	0:00	259	2	III.	NO	NO	
	12.5.	13.5.	13.5.2010	2:00	316	3	III.	NO	NO	
	16.5.	20.5.	16. 05. 2010	20:00	387	3	III.	14,0	1	
	31.5	31.5.	31.5. 2010	10:00	278	3	III.	10,0	< 1	
	1.6.	5.6.	02. 06. 2010	1:00	379	2	III.	14,0	1	
	27.7.	29.7.	28. 07. 2010	7:45	313	2	III.	11,7	< 1	
	23.11.	23.11.	23.11..2010	7:00	316	1	III.	10,3	< 1	
	29.11.	30.11.	29. 11. 2010	13:45	310	1	III.	10,7	< 1	
	3.12.	4.12.	03. 12. 2010	20:00	316	1	III.	11,4	< 1	
2011	7.12.	10.12.	07. 12. 2010	21:15	347	1	III.	14,1	1	4
	25.12.	26.12.	25. 12. 2010	18:30	315	1	III.	11,2	< 1	
2011	13.1.	13.1.	13.1.2011	18:00	277	2	III.	7,3	< 1	4
	17.3.	19.3.	18.3.2011	1:15	317	2	III.	12,2	< 1	
2012							bez SPA			
2013	2.2.	3.2.	3. 2. 2013	0:30	299	1	III.	11,5	< 1	3
	4.4.	4.4.	4. 4. 2013	2:45	295	1	III.	11,2	1	
2014	22.10.	22.10.	22. 10. 2014	20:30	281	2	III.	10,1	< 1	1
2015	31.1.	31.1.	31.1.2015	7:30	322	1	III.	13,7	1	1
2016	12.1.	12.1.	12. 1. 2016	2:30	307	4	III.	7,0	1	9
	10.2.	11.2.	10.2.2016	21:45	304	1	III.	6,8	< 1	
	15.2.	16.2.	15.2.2016	19:30	306	1	III.	7,0	< 1	
	1.3.	2.3.	1. 3. 2016	23:15	284	2	III.	5,8	< 1	
	22.10.	22.10.	22. 10. 2016	15:15	273	2	III.	5,3	< 1	
2017	7.11.	7.11.	7. 11. 2016	9:15	341	2	III.	9,3	< 1	6
	23.2.	25.2.	24. 2.2017	16:45	309	1	III.	23,6	5	
	1.3.	2.3.	1. 3. 2017	20:45	276	1	III.	17,8	2	
2018	4.5.	4.5.	4. 5. 2017	5:00	324	3	III.	27,1	5	4
	3.2.	4.2.	3.2.2018	22:15	255	1	III.	13,0	1	
2018	1.4.	2.4.	1.4.2018	19:15	328	2	III.	16,0	1až2	4
							bez SPA			
2020	26.7.	27.7.	27.7.2020	0:45 (296) a 11:15 (303)	303	3	III.	20,8	2	9
	19.8.	20.8.	19.08.2020	23:30	298	3	III.	14,6	1	
	13.10.	15.10.	13.10.2020	22:45	318	2	III.	16,8	1až2	
	29.12.	30.12.	30.12.2020	16:45	268	2	III.	14,3	1	
2021	5.1.	5.1.	5.1.2021	11:45	292	2	III.	14,1	1	10
	25.1.	25.1.	25.1.2021	10:15	305	2	III.	15,4	1	
	4.2.	4.2.	4.2.2021	17:15	294	1	III.	14,3	1	
	8.2.	11.2.	9.2.2021	2:45	295	1	III.	14,4	1	
	25.2.	25.2.	25.2.2021	20:45	253	1	III.	10,8	< 1	
2021	18.5.	19.5.	18.5.2021	11:30	333	2	III.	18,7	2	10
							bez SPA			
Počet dní so SPA III za sledované obdobie										99

Legenda k tabuľke: H – výška kulminácie hladiny v cm; Typ povodne: 1 – z topenia snehu a dažďa; 2 – z dažďa; 3 – z búrky; 4 – z ľadovej bariéry; SPA - stupeň povodňovej aktivity; Q_{kulm} – Kulminačný prietok pri povodni; N-roč – N-ročnosť povodbe (NO znamená nedostupný údaj); Počet dní – Počet dní s SPA III v kalendárnom roku

Tabuľka 4 obsahuje charakteristiky jednotlivých povodní, ktoré sa vyskytli na rieke Roňave, presnejšie povedané, pri výskyte 3. povodňového stupňa v profile vodomernej stanice Michalany. Hodnotené obdobie je 2001 – 2021.

V rokoch 2001 – 2021 sa v Michalanoch vyskytol **SPA III v 13 rokoch a počas 8 rokov** sa povodňová udalosť v tomto vodnom profile na rieke Roňava nevyskytla. Celkovo sa za hodnotené obdobie vyskytlo 47 prípadov výskytu SPA III, ktoré trvali celkovo 99 dní, najviac v roku 2010 (41 dní).

Podľa typu povodne bol počet jednotlivých typov nasledovný:

1. z topenia snehu a dažďa: 20
2. z dažďa: 17
3. z búrky: 9
4. z ľadovej bariéry: 1

Z toho vyplýva, že v povodí Roňavy prevládajú typy povodní z topenia snehu a dažďa, vyskytujúce sa od konca novembra do začiatku marca (43%). Ďalej nasledujú povodne z dažďa, ktoré sa môžu vyskytnúť vo všetkých ročných obdobiach (36%). Povodní z búrky sú viazané na obdobie máj – august (19%) a povodne z ľadovej bariéry sú pomerne zriedkavé a sú viazané na oteplenia s dažďom vo vrchole zimy (2%).

Podľa výšky kulminácie hladiny boli nasledovné zastúpenia v jednotlivých intervaloch stavu vody. Najvyššie zastúpenie má interval kulminačnej výšky 301 až 325 cm (38 % prípadov), nasledovaný intervalom 276 – 300 cm (32 % prípadov). Najvyššia hladina bola zaznamenaná dňa 16.5.2010 pri povodni z búrky, s prietokom 14,0 m³/s, čo znamenalo 1-ročnú povodeň.

Tabuľka 5 - Výška kulminácie hladiny vody pri povodniach v Michalanoch za obdobie 2001 - 2021

H (cm)	251 - 275	276 - 300	301 - 325	326 -350	351 - 375	375 - 400
Počet	5	15	18	6	1	2

Podľa hodnoty kulminačného prietoku určenom vo vodomernom profile Michalany (bolo vyčíslených 42 povodní) boli nasledovné zastúpenia v jednotlivých intervaloch prietokov. Najčastejšie sa vyskytovali prietoky z kategórie 10,1 -12,5 m³/s (26 % prípadov) a intervalu 12,6 – 15,0 m³/s (32 % prípadov). Najvyšší kulminačný prietok bol zaznamenaný pri povodni z búrky dňa 4.5.2017, kedy pri vodnom stave 324 cm bol vyčíslený prietok 27,1 m³/s, ktorý znamenal 5-ročnú vodu.

Tabuľka 6 - Hodnota kulminačného prietoku pri povodniach v Michalanoch za obdobie 2001 - 2021

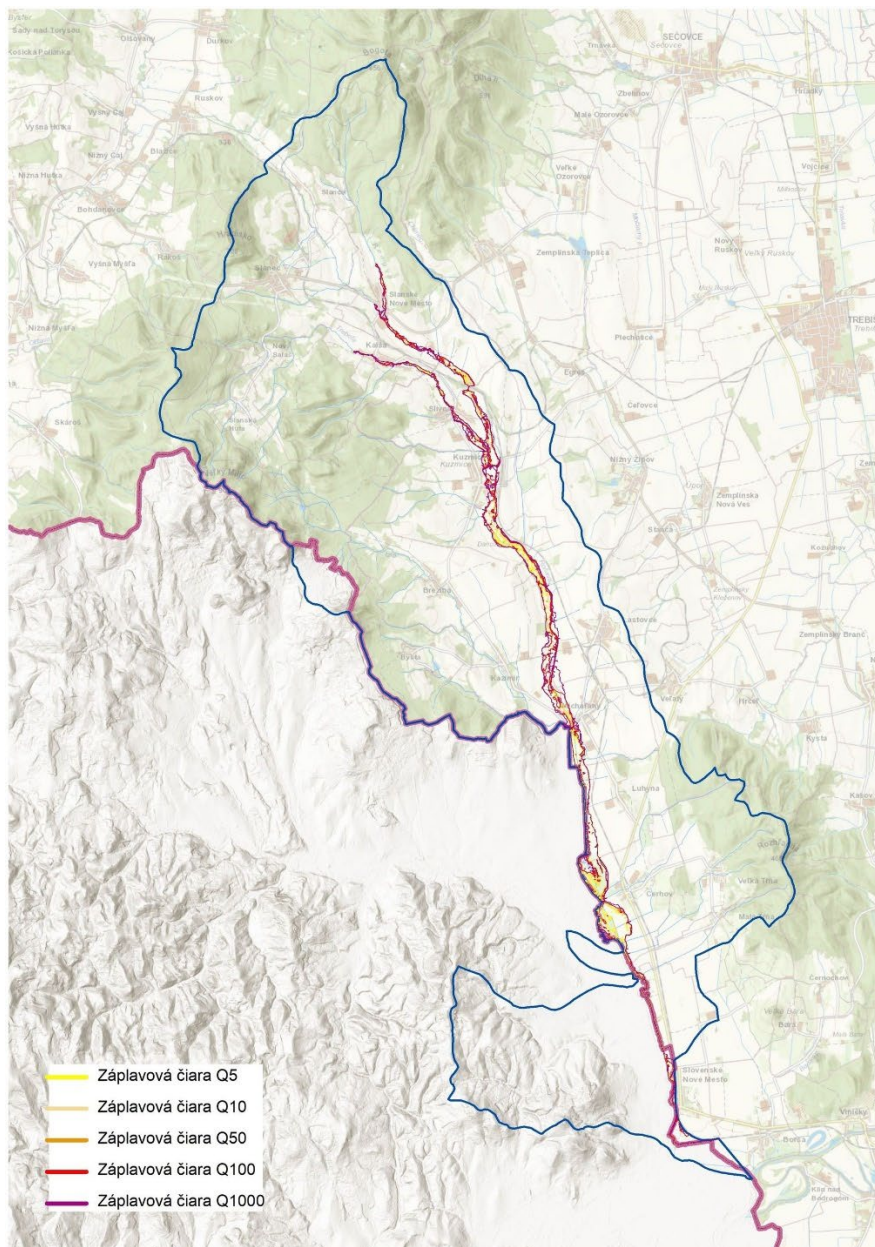
Q _{kumul} m ³ /s	5,1 - 7,5	7,6 -10,0	10,1 -12,5	12,6 -15,0	15,1 -17,5	17,6 -20,0	20,1 -22,5	22,6 -25,0	25,1 -27,5
Počet	6	7	11	10	3	2	1	1	1

Podľa N-ročnosti povodní, klasifikovaných, podľa hodnoty kulminačného prietoku (42 povodní), môžeme rozdeliť jednotlivé povodne na: menej ako 1-ročné: 21 (50 % prípadov), 1-ročné: 14 (33 % prípadov), 1-2-ročné: 2 (5 % prípadov), 2-ročné: 3 (7 % prípadov), 5-ročné: 2 (5 % prípadov).

Povodne 5-ročné sa vyskytli v dvoch prípadoch v roku 2017. Prvá z nich bola povodeň z topenia snehu a dažďa, dňa 24.2.2017 s kulminačnými hodnotami výšky hladiny 309 cm a prietokom 23,6 m³/s. Druhou povodňou bola povodeň z búrky dňa 4.5.2017, keď mali kulminačné hodnoty výšky hladiny hodnoty 324 cm a prietoku 27,1 m³/s. Povodne 1-2 a 2-ročné sa vyskytli aj pri všetkých druhoch povodní, okrem povodne z ľadovej bariéry. Z toho vyplýva, že výdatné povodne môžu byť vyvolané aj v chladnom polroku aj v teplom.

Analýza ukázala veľkú variabilitu povodní na Roňave v závislosti na predchádzajúcej nasýtenosti povodia Roňavy, hrúbke snehovej pokrývky, intenzite oteplenia v zime a veľkosti a časového rozloženie príčinných zrážok, ktoré samotné vytvoria povodňovú vlnu. Význačnejšie kulminačné povodňové prietoky (sa 2 až 5-ročné) sa vyskytli počas všetkých druhov povodní, okrem takej, ktorá je spôsobená ľadovými zátarasmi. Pri zimných povodniach (tej najväčšej 23.2.-25.2.2017) je veľmi dôležitý stupeň oteplenia a zásoba snehovej pokrývky, ktoré prevažujú nad príspevkom príčinných zrážok. To spôsobuje aj dlhšie-trvajúcu povodňovú vlnu, zatiaľ čo sa sneh roztopí. Pri zrážkach z búrky je dôležitá súhra predchádzajúcich zrážok (ktoré nasýtia povodie) a privalových príčinných zrážok. Napr. pri takejto význačnej povodni dňa 4.5.2017 boli predchádzajúce zrážky cca 60 mm a príčinné 40 – 50 mm. Význačná povodeň z trvalých zrážok, 18.5. – 19.5.2021, sa vyznačovala predchádzajúcimi zrážkami okolo 20 mm a príčinnými zrážkami 65 mm.

Pri projektovanom oteplení vo všetkých ročných obdobiach vzrastie pravdepodobne výskyt povodní z dažďa na úkor povodní z topenia snehu. S projektovanými intenzívnejšími búrkami sa predpokladá vyššia pravdepodobnosť význačnejších povodní z búrok.



Obrázok 12 - Mapa povodňového ohrozenia

3 Výpočet odtoku z povodia Roňavy

Možným a po všetkých stránkach vhodnejším riešením pre minimalizovanie všetkých rizík pred klimatickou zmenou bez ohľadu na to, čo je príčinou, je zlepšiť hospodárenie s dažďovou vodou tak, aby dažďová voda mohla v štruktúrach lesopoľnohospodárskej i urbánnej krajiny ostať a vytvárať zásoby vodných zdrojov a minimalizovať riziká vzniku povodní. Takto je možné zvýšiť ochranu pred povodňami, suchom a prejavmi tých klimatických zmien, ktoré súvisia s nedostatkom vody v krajine, prehrievaním krajiny zo sucha alebo prebytkom vody.

Z tohto pohľadu je veľmi dôležité poznanie stavu vôd v území a hlavne koľko vody odtieká z územia bez úžitku a či je možné ju využívať pre ochranu a trvalo udržateľný rozvoj v prebiehajúcej klimatickej

zmene. Na odtok dažďovej vody vplýva viacero faktorov. Frekvencia a intenzita zrážok, štruktúra pokryvu krajiny, zrnitosť pôd a nastavený manažment dažďovej vody v území.

Vychádzajúc z najlepšej vodohospodárskej praxe je ideálne, aby z územia odtekala len tá dažďová voda, ktorú územie nedokáže absorbovať. Ideálne je, aby v území ostalo čo najviac dažďovej vody, aby dažďová voda vsakovala do pôdy, vyparovala sa a zúčastňovala sa permanentného kolobehu vody v prírode i termoregulovala krajinu.

Na to, aby sme nastavili vhodný režim a manažment dažďovej vody, potrebujeme poznať nie len stav krajiny, ale potrebujeme aj kvantifikovať koľko dažďovej vody odtečie a koľko jej vieme využiť v území, aby sme mohli zabrániť územiu postupne vysychať, posilniť prírodný produkčný potenciál zvýšením fotosyntézy a sekvestrácie uhlíka, posilniť biodiverzitu a termoreguláciu krajiny, v záujme vodnej, potravinovej a klimateckej bezpečnosti územia.

Takže predmetom tejto analýzy je kvantifikovať koľko dažďovej vody odteká z povodia Roňavy bez úžitku, aby sme sa následne vedeli strategicky rozhodovať pri vylepšovaní vodnej bilancie pre trvalo udržateľný rozvoj a pre potreby zabezpečenia vitálnych funkcií krajiny. Na získanie kvalitných a reálnych výsledkov je dobré použiť metódy, ktoré nám dávajú pomerne reálny obraz o objeme odtekajúcej dažďovej vody z malého povodia.

Najspoľahlivejšie výsledky pre takýto typ výpočtov v malých povodiach je metóda **CN kriviek**. Povodie Roňavy ako už bolo v úvode spomínané pozostáva z 25 mikropovodí (očíslované od 4-30-11-010 do 4-30-11-031). Pre každé mikropovodie zvlášť bol vypočítaný odtok dažďovej vody pri extrémnej zrážke.

Aby boli výsledky reálne a zrozumiteľné pre zainteresovaných, tak sme vychádzali zo spracovania podkladov a výstupov na úrovni mikropovodia. Základná myšlienka bola dopracovať sa k poznaniu koľko dažďovej vody z každého mikropovodia odteká a brať to ako potenciálny zdroj pre také využitie územia, ktoré bude otvárať potenciálne možnosti regenerovať prírodné zdroje pre zabezpečenie dostatku zdrojov (vody, pôdy, potravín a klímy) pre lokálnu komunitu s významným prínosom pre celý kraj.

Z toho dôvodu pri plánovaní protipovodňovej prevencie, či iných opatrení manažmentu dažďovej vody potrebujeme sa dopracovať k objemu povrchového odtoku zo zrážok. Povrchový odtok je funkciou viacerých faktorov: výdatnosti zrážky, plochy povodia a vlastností povodia (vlastností pôdy a štruktúry krajiny), ktoré zvyčajne vyjadrujeme empirickými alebo poloempirickými súčiniteľmi odtoku z dažďa.

Existuje viacero spôsobov výpočtu. K najspoľahlivejším metódam výpočtu odtoku z malých povodí patrí metóda **odtokových kriviek CN** (curve number), ktorú vyvinul americký hydroológ a hydraulik čínskeho pôvodu Ven Te Chow v americkom inštitúte Soil Conservation Service (SCS). Na naše pomery bola upravená a publikovaná Janečkom .

Metóda CN kriviek je pomerne jednoduchá a v rozmedzí svojej platnosti pre malé povodia/územia je dobrým kompromisom medzi pracnosťou a presnosťou výpočtu.

Podklady

Na výpočet odtoku dažďovej vody z odtokovej plochy potrebujeme mať k dispozícii podklady ako **intenzita zrážok**, mapu mikropovodí, **druhotnú štruktúru krajiny** a **pôdno-ekologické jednotky** pre jednotlivé časti riešeného územia (vychádza z predchádzajúcej analýzy územia). Odporúča sa vychádzať z mapy zrážok spracovaných SHMÚ a pre výpočet objemu povodňového odtoku z ročného

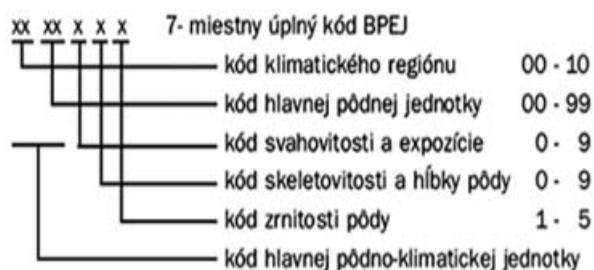
maxima 1-dňových úhrnov zrážok s pravdepodobnosťou opakovania raz za 100 rokov.

Ďalším podkladom sú **Hydrologické vlastnosti pôd** v povodí sú základnou charakteristikou, ktorá je potrebné pre odtokové plochy analyzovať. Pre potreby používania metódy CN-krivky rozdeľujeme pôdy na 4 kategórie podľa ich infiltračných vlastností.

Tabuľka 7 - Hydrologické kategórie pôdy pre metódu „CN kriviek“

Kategória pôd	Vsakovacie a drenážne vlastnosti pôd	Charakteristické pôdne druhy
A	Pôdy s vysokou infiltračnou schopnosťou i pri ich úplnom nasýtení vodou	Hlboké piesky a štrky
B	Pôdy so strednou schopnosťou vsaku i pri ich úplnom nasýtení vodou a s dobrou drenážou	Stredne hlboké až hlboké piesočnaté a hlinitopiesočnaté pôdy
C	Pôdy s malou schopnosťou vsaku pri úplnom nasýtení a s nízkou drenážou	Ílovito hlinité až ílovité plytké pôdy
D	Pôdy s veľmi malou infiltračnou schopnosťou a bez drenáže	Íly, alebo pôdy s ináč obmedzenou drenážou a infiltračnou schopnosťou

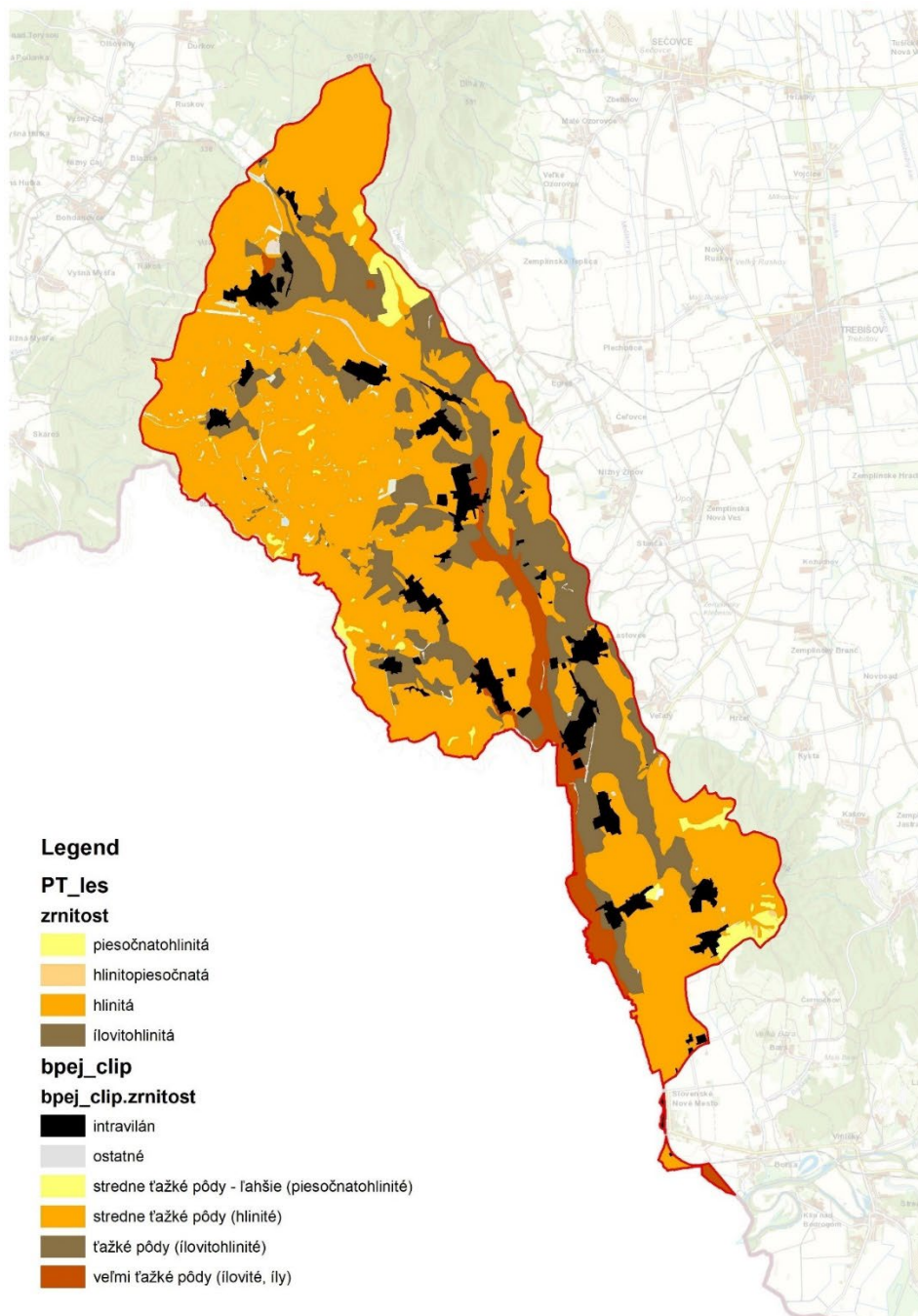
Charakteristiku pôd sme získali z Bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek, ktoré majú štruktúru BPEJ v tvare kódu, aký sa používa¹:



Tabuľka 8 - Základná hydrologická kategória pôd pre metódu CN-kriviek ako funkcia hlavných pôdnych jednotiek (HPI) (návrh hydrologickej kategorizácie)

Kód	Druh pôdy	Hydrologická kategória
01	Ľahké	A
02	Stredne ťažké	B
03	Ťažké	C
04	Veľmi ťažké	D

¹ Antal J.: Agrohydroológia, Nitra, 1996



Obrázok 13 - zrornosť pôd

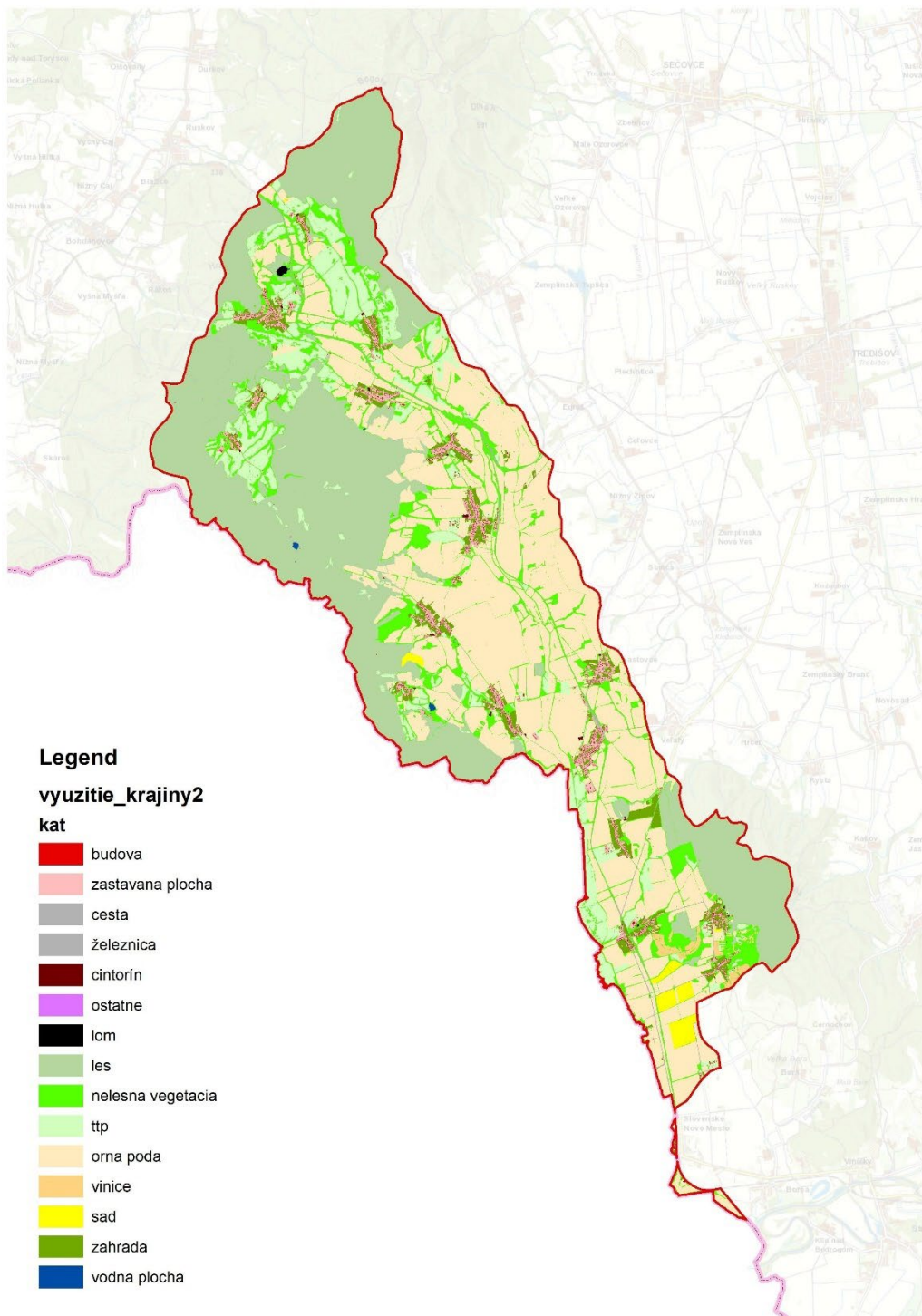
Dôležitým ukazovateľom je aj **zrážkový úhrn**, ktorý je základným vstupom pre metódu CN kriviek. Predpokladá sa rovnomerné rozloženie po celej ploche jedného mikropovodia. Veľkosť zrážky sa udáva podľa zrážkovej činnosti na vyšetrovanom území.

Tabuľka 9 - Veľkosť zrážky v mm pre jednotlivé mikropovodia. Zr_100 je maximálny denný úhrn zrážok s pravdepodobnosťou opakovania raz za 100 rokov

Číslo mikropovodia	Zr_100 (mm/24 hod)
4-30-11-010	80,00
4-30-11-011	80,00
4-30-11-012	80,00
4-30-11-013	80,00
4-30-11-014	75,00
4-30-11-015/1	80,00
4-30-11-015/2	80,00
4-30-11-016	80,00
4-30-11-017	75,00
4-30-11-018/1	75,00
4-30-11-018/2	75,00
4-30-11-019/1	75,00
4-30-11-019/2	75,00
4-30-11-020	75,00
4-30-11-021	70,00
4-30-11-022	70,00
4-30-11-023	70,00
4-30-11-024	70,00
4-30-11-025	70,00
4-30-11-026	70,00
4-30-11-027	70,00
4-30-11-028	70,00
4-30-11-029	70,00
4-30-11-030	70,00
4-30-11-031	70,00

Dôležitým podkladom je aj **druhotná krajinná štruktúra** a jej výmeru v každom mikropovodí zvlášť, ktorá sa používa na výpočet odtoku dažďovej vody.

Celé územia povodia Roňavy sme rozdelili do 15 kategórií: budova, zastavaná plocha, cesta, železnica, cintorín, ostatné plochy, lom les, nelesná vegetácia, trvalé trávnaté pozemky, orná pôda, vinice, sad, záhrada a vodná plocha.



Obrázok 14 - Rozdelenie druhotnej krajinnej štruktúry v celom území povodia Roňavy

Výpočet metódou CN- kriviek

Určenie hodnoty CN krivky

Pre potreby výpočtu povodňového odtoku sa určuje hodnota CN, v rozpätí od 0 - 100, pričom hodnota CN = 100 znamená, že všetka zrážková voda, ktorá na povodie, alebo jeho časť dopadne, odtéčie ako povrchový odtok a hodnota CN = 0 znamená, že všetka zrážková voda vsiakne. Pre každé

mikropovodie potrebujeme určiť číslo krivky CN, ktoré je závislé na type pôdy (z hydrologického hľadiska) a jej vegetačného krytu. Pre daný typ povrchu si v tabuľkách nájdeme príslušnú CN krivku .

Tabuľka 10 - Priemerné ročné hodnoty CN pre IPZ = II (Ven Te Chow, 1964)

Využívanie pôdy	Hydrologické charakteristiky					
	Obrábanie pôdy	Kvalita pôdneho krytu	Druh pôdy			
			A	B	C	D
Úhor			77	86	91	94
Širokoriadkové plodiny	V priamych riadkoch	Zlá	72	81	88	91
	V priamych riadkoch	dobrá	67	78	85	89
	Po vrstevnici	zlá	70	79	84	88
	Po vrstevnici	dobrá	65	75	82	86
	Terasovanie	zlá	66	74	80	82
	Terasovanie	dobrá	62	71	78	81
Úzkoriadkové plodiny	V priamych riadkoch	Zlá	65	76	84	88
	V priamych riadkoch	dobrá	63	75	83	87
	Po vrstevnici	zlá	63	74	82	85
	Po vrstevnici	dobrá	61	73	81	84
	Terasovanie	zlá	61	72	79	82
	Terasovanie	dobrá	59	70	78	81
Krmoviny na ornej pôde, dočasné lúky	V priamych riadkoch	Zlá	66	77	85	89
	V priamych riadkoch	dobrá	58	72	81	85
	Po vrstevnici	zlá	64	75	83	85
	Po vrstevnici	dobrá	55	69	78	83
	Terasovanie	zlá	63	73	80	83
	Terasovanie	dobrá	51	67	76	80
Pasienky	Nedefinované	zlá priemerná dobrá zlá	68	79	86	89
			49	69	79	84
			39	61	74	80
	Po vrstevnici		47	67	81	88
Pasienky	Po vrstevnici	priemerná	25	59	75	83
	Po vrstevnici	dobrá	6	35	70	79
Lúky, TTP		dobrá	30	58	71	78
Les		zlá	45	66	77	83
		priemerná	36	60	73	79
		dobrá	25	55	70	77
Intravilán		nedefinovaná	59	74	82	86
Nespevnené cesty		nedefinovaná	89	89	89	89
Spevnené cesty		nedefinovaná	92	92	92	92

Výpočet povrchového odtoku

Metóda CN kriviek umožňuje určiť základné odtokové charakteristiky povodia, a to:

$$A = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (\text{mm})$$

$$H_{O,p} = \frac{(H_Z - 0,2 \cdot A)^2}{H_Z + 0,8 \cdot A} \quad (\text{mm})$$

$$O_{O,p} = H_{O,p} \cdot S_p \quad (m^3)$$

kde:

A - potenciálna retencia riešenej plochy [mm],

Hodnota **CN** - kriviek riešenej plochy,

H_{o,p} - výška povrchového odtoku z riešenej plochy, vyvolaná uvažovaným dažďom [mm],

H_z - výška extrémneho dažďa [mm],

CN - hodnota krivky riešenej plochy,

O_{o,p} - objem povrchového odtoku z riešenej plochy, spôsobený extrémnym dažďom [m³],

S_p - plocha vyšetřovaného územia [m²].

Na určenie objemu odtoku dažďovej vody pre každé mikropovodie bolo potrebné poznať výmeru v m² rôznych druhov využitia pozemku v katastrálnom území obce (S_p). Ďalej bolo potrebné poznať výšku ročného maxima 1-dňových úhrnov zrážok v pravdepodobnosťou opakovania raz za 100 rokov v mm. (H_z). Ďalším parametrom ktorý vstupoval do výpočtu povrchového odtoku dažďovej vody je CN krivka. Tá bola pridelená ku každému druhu pozemku podľa kategórie pôdy zvlášť.

Metóda SCS CN je veľmi obľúbenou metódou vzhľadom k svojej nenáročnosti a nízkym požiadavkám na vstupné hodnoty s reálne dobrými výsledkami. Pri nastavení vhodných vstupných parametrov vykazovala metóda SCS CN veľmi dobré výsledky. Limitujúcim pre ňu bol predovšetkým faktor prerušovaných zrážok a dlhých zrážkových epizód. V týchto podmienkach vykazovala metóda značné rozdiely v porovnaní so skutočne pozorovaným prietokom. Avšak podľa objektívnych kritérií boli aj výsledky z týchto problematických udalostí oproti metóde Green-Ampt uspokojivejšie a prijateľnejšie. Potvrdil sa tiež predpoklad, že metóda SCS CN celkovo podhodnocuje hodnoty objemu odtoku, avšak toto podhodnotenie nebolo nijako výrazné.

Na základe výpočtu odtoku dažďovej vody pre každé mikropovodie boli mikropovodia rozdelené do piatich kategórií rizika, akým prispievajú k povodi, podľa percenta, koľko dažďovej vody z územia bez úžitku odtečie v pomere koľko dažďovej vody na ňu spadne.

Tabuľka 11 - Kategorizácia mikropovodí na základe percenta koľko dažďovej vody z celkovej zrážky odtečie z daného mikropovodia

Odtok z celkovej zrážky v %	kategória		počet mikropovodí
0-5	1	bez rizika	0
5-15	2	mierne rizikové	5
15-25	3	stredne rizikové	7
25-35	4	rizikové	9
nad 35	5	vysoko rizikové	4
SPOLU			25

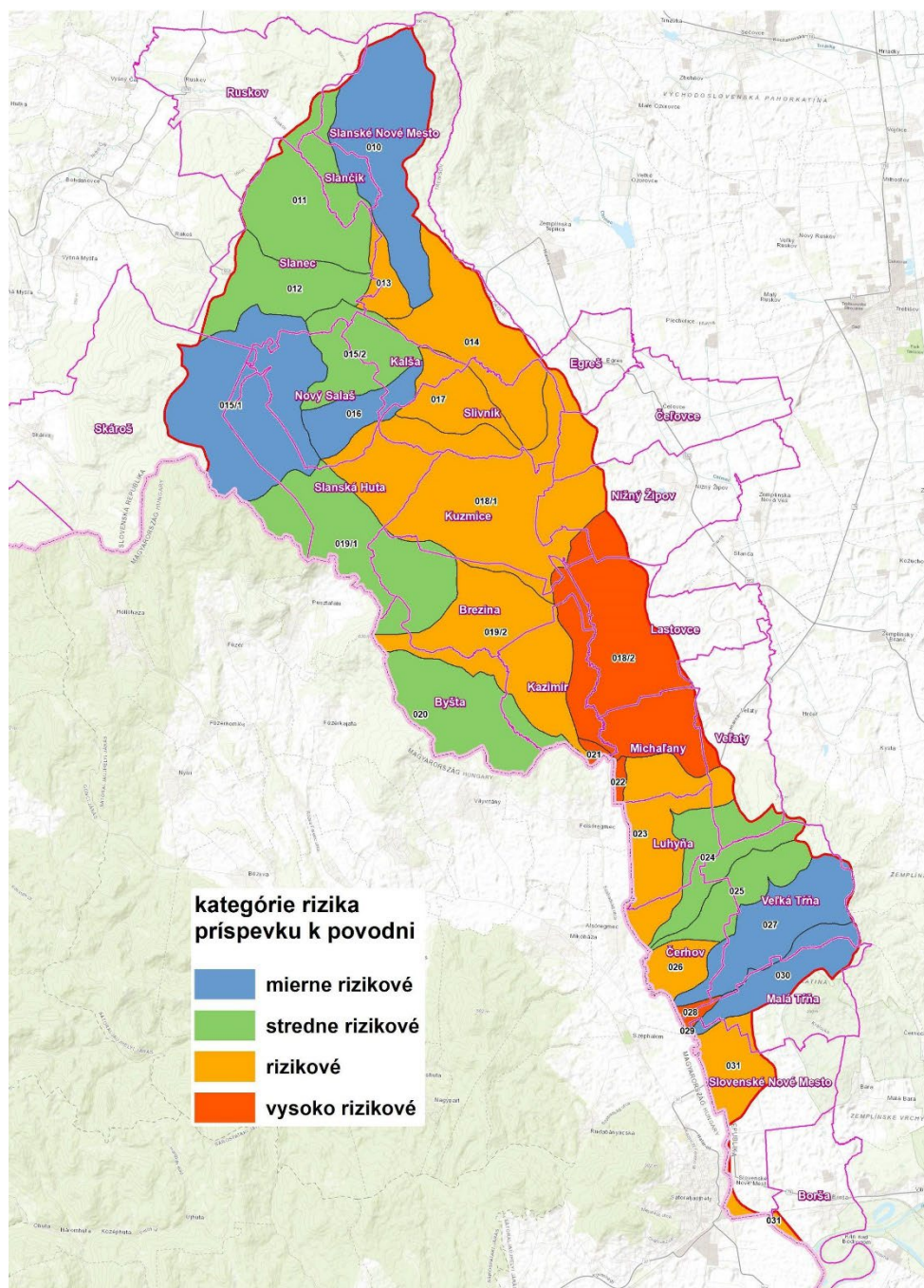
Tabuľka 12 - Rozdelenie mikropovodí do kategórií rizika príspevku k povodni

Číslo mikropovodia	% odtoku z extrémnej zrážky	kategória rizika
4-30-11-010	14,91	2
4-30-11-011	21,63	3
4-30-11-012	20,87	3
4-30-11-013	28,54	4
4-30-11-014	26,25	4
4-30-11-015/1	14,17	2
4-30-11-015/2	21,64	3
4-30-11-016	14,81	2
4-30-11-017	28,19	4
4-30-11-018/1	27,29	4
4-30-11-018/2	38,75	5
4-30-11-019/1	15,56	3
4-30-11-019/2	28,96	4
4-30-11-020	18,24	3
4-30-11-021	44,28	5
4-30-11-022	35,21	5
4-30-11-023	32,31	4
4-30-11-024	19,78	3
4-30-11-025	20,73	3
4-30-11-026	34,67	4
4-30-11-027	16,03	2
4-30-11-028	38,12	5
4-30-11-029	26,76	4
4-30-11-030	14,03	2
4-30-11-031	26,38	4



To, že niektoré mikropovodia sa dostali do kategórie nerizikových alebo málo rizikových

mikropovodí, ešte nemusí nutne znamenať, že k povodni neprispievajú, hlavne ak sa jedná o mikropovodia s veľkou plochou. Takisto bol urobený aj prepočet koľko dažďovej vody odtečie v priemere na jeden hektár z každého typu krajiny s rôznym typom pôdy v každom mikropovodí, aby sa dalo jednoducho identifikovať, ktoré územia najvyššou mierou prispievajú k povodiam, a kde by boli vodozádržné opatrenia najefektívnejšie. Podľa objemu odtoku na 1 hektár bol každý typ pozemku zaradený do kategórie 1-7. Kategória 1 znamená najmenší odtok s najnižším príspevkom k povodni, kategória 7 zasa najväčší odtok s najväčším príspevkom. Na základe tejto kategorizácie bola vytvorená aj prehľadná mapa.



Obrázok 15 - Kategorizácia typov pozemkov na základe odtoku z 1 hektára

Objem odtoku na Ha		Kategória
0	100	1
101	200	2
201	300	3
301	400	4
401	500	5
501	600	6
601	700	7

Zhrnutie – povodie Roňavy

Celkovo z územia povodia Roňavy odteká pre extrémnych zrážkach spolu takmer 3,8 mil. m³ dažďovej vody bez úžitku. Pripomínáme, že je to jednorazový odtok (viď tabuľku). Celkovo v ročných bilanciách odteká viac. Záleží na charaktere zrážok počas celého roka.

Ak sa pozrieme na krajinnú štruktúru, tak evidentne najvýznamnejší vplyv má poľnohospodárska činnosť. Len z ornej pôdy, ktorá má 37% zastúpenie odteká až 56% dažďovej vody z celkového odtoku. Ak to toho zarátame aj trvalé trávne porasty, tak je percentuálny podiel na odtoku až 64%. To znamená, že manažment poľnohospodárskej krajiny sa podieľa na povodniach a suchu 64-mi percentami. Druhým nevýznamnejším podielom na vysušovaní a povodniach je hospodárenie v lesoch a to viac ako 17-mi percentami, aj keď ich zastúpenie v celom povodí dosahuje 36%. Urbanizácia a dopravná infraštruktúra sa podieľa na povodniach a suchu viac ako 8-mi percentami, aj keď plošné zastúpenie je iba 4%.

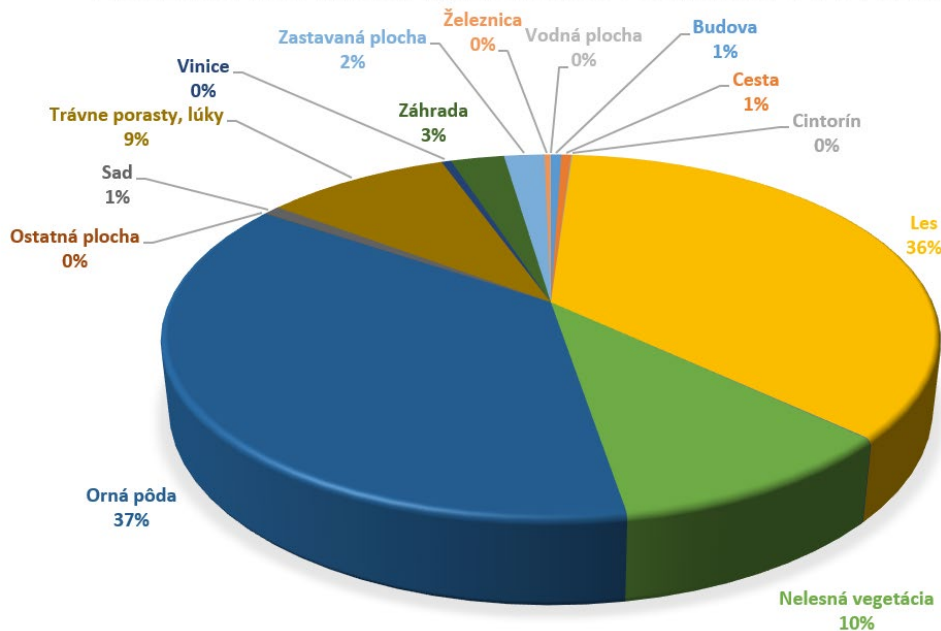
Na verejnosti a medzi odborníkmi táto realita málo rezonuje. Akosi sa veľmi sústreďujeme na lesné hospodárenie. Na poľnohospodársku krajinu sme si zvykli, no vôbec nevnímame podiel na vysušovaní a povodniach zastavanosť, teda pečatenie zemského povrchu. Príležitosťou je nie len to, ako zmenou hospodárenia s dažďovou vodou zmierniť povodne a suchu, ale aj príležitosť, ako využiť bez úžitku odtekajúcu dažďovú vodu na termoreguláciu krajiny.

Tabuľka 13 - Odtok z jednotlivých častí krajiny podľa jej využitia

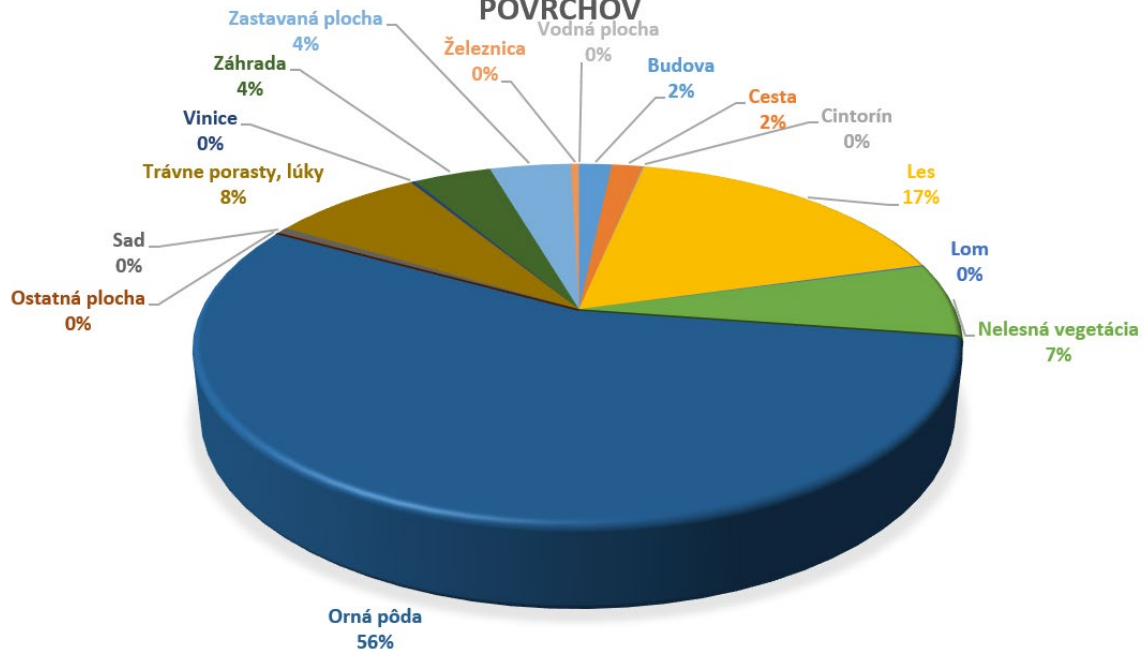
Povodie Roňavy	Výmera [m ²]	Objem odtoku [m ³]
Budova	1 108 382,52	62 364,13
Cesta	1 025 795,02	59 260,29
Cintorín	122 693,72	2 351,55
Les	76 115 621,75	652 454,09
Lom	84 504,02	4 741,10
Nelesná vegetácia	22 044 302,65	245 670,18
Orná pôda	78 645 253,82	2 092 235,94
Ostatná plocha	55 677,66	2 389,67
Sad	1 721 275,68	18 913,25
Trávne porasty, lúky	19 559 585,86	288 778,62
Vinice	1 016 329,53	8 336,23
Záhrada	5 663 626,03	148 945,21

Zastavaná plocha	4 271 158,23	154 331,25
Železnica	600 123,10	15 333,29
Vodná plocha	74 464,80	0
SPOLU	212 108 794,39	3 756 104,80

PERCENTUÁLNE ZASTÚPENIE DRUHOV POZEMKOV V POVODÍ ROŇAVY



PERCENTUÁLNE ZASTÚPENIE ODTOKU Z RÔZNYCH TYPOV POVRCHOV



Tabuľka 14 - Odtok podľa využitia územia a podľa mikropovodí

Odtok [m³]	Budova	Cesta	Cintorín	Les	Lom	Nelesná vegetácia	Orná pôda	Ostatná plocha	Sad	Trávne porasty, lúky	Vinice	Záhrada	Zastavaná plocha	Železnica	SPOLU
4-30-11-010	1 134	130	0	101 517	0	18 341	1 575	72	0	38 461	0	4 267	3 077	0	168 574
4-30-11-011	3 187	2 796	146	43 206	4 741	25 141	77 575	25	316	37 234	0	5 705	8 376	2 092	210 541
4-30-11-012	5 179	3 611	135	29 424	0	11 566	28 425	107	0	12 803	0	12 516	14 190	966	118 922
4-30-11-013	1 650	983	223	0	0	4 087	19 430	28	15	15 052	0	5 274	4 210	509	51 460
4-30-11-014	496	1 840	16	4 471	0	21 968	166 939	313	0	18 126	0	2 329	334	5 876	222 708
4-30-11-015/1	3 128	2 587	279	123 386	0	16 880	449	400	0	43 740	0	6 628	9 166	0	206 644
4-30-11-015/2	2 721	1 379	163	27 401	0	6 862	49 524	45	40	14 039	0	5 869	8 080	0	116 125
4-30-11-016	208	43	0	33 474	0	604	10 242	1	0	71	0	1 019	838	0	46 499
4-30-11-017	4 080	2 948	60	6 507	0	3 983	62 705	57	0	1 782	0	8 288	11 233	655	102 299
4-30-11-018/1	8 131	4 005	245	61 583	0	31 504	425 286	157	0	11 742	0	15 003	19 507	0	577 163
4-30-11-018/2	9 330	6 352	275	1 006	0	32 128	497 349	383	0	6 362	0	13 265	26 521	2 596	595 567
4-30-11-019/1	764	476	0	95 987	0	10 369	49 880	220	0	2 592	0	2 276	1 332	0	163 895
4-30-11-019/2	8 071	4 407	341	12 258	0	13 934	217 784	104	3 063	8 211	0	19 120	16 456	0	303 748
4-30-11-020	1 611	1 752	99	49 680	0	7 839	59 412	176	0	8 777	0	4 116	4 037	0	137 499
4-30-11-021	17	357	0	0	0	1 537	10 897	0	0	42	0	0	44	0	12 894
4-30-11-022	39	74	0	0	0	1 089	386	3	0	8 849	0	212	378	0	11 030
4-30-11-023	2 944	3 052	45	5 322	0	11 135	125 669	117	22	41 928	0	15 366	8 826	1 347	215 775
4-30-11-024	673	2 238	60	13 932	0	5 029	58 798	69	0	4 754	0	6 575	1 549	0	93 676
4-30-11-025	1 696	1 547	77	11 488	0	3 620	40 607	15	0	1 605	520	5 070	4 465	0	70 712
4-30-11-026	1 048	1 735	0	0	0	6 202	37 098	0	120	9 730	671	4 428	1 778	1 292	64 102
4-30-11-027	3 167	4 227	105	25 915	0	4 442	38 221	18	2 619	1 389	5 679	5 929	5 417	0	97 127
4-30-11-028	26	1 012	0	0	0	953	13 921	0	422	0	0	0	0	0	16 335
4-30-11-029	0	0	0	0	0	343	218	0	0	0	0	0	0	0	562
4-30-11-030	1 916	3 983	0	5 895	0	2 979	20 112	49	5 581	899	1 466	4 525	3 323	0	50 728
4-30-11-031	1 148	7 727	82	0	0	3 135	79 732	29	6 716	592	0	1 167	1 193	0	101 520
SPOLU	62 364	59 260	2 352	652 454	4 741	245 670	2 092 236	2 390	18 913	288 779	8 336	148 945	154 331	15 333	3 756 105

4 Návrh vodozádržných opatrení pre povodie rieky Roňava

Na základe analýzy územia, odtokových pomerov a ďalších ukazovateľov sú v tejto kapitole uvedené technické detaily a typy riešení, ktoré môžu byť inšpiráciou pre samosprávu aj vlastníkov, či správcov nehnuteľností realizovať ich vo vnútornej a vonkajšej krajine.

V nasledujúcej tabuľke je sumárny počet všetkých opatrení s návrhom realizácie od lesných, cez poľnohospodársku krajinu až po intravilány obcí, ktoré spadajú do odtokových území. Čo je však dôležité, návrh počtu opatrení a ich vodozádržný objem, ktorý je uvedený v sumárnej tabuľke, je potrebné v ďalšej etape zrealizovať, aby sa dosiahli požadované benefity, ktoré sú kvantifikované v tejto časti štúdie v navrhovaných riešeniach (kapitola E). Výber konkrétnych riešení a ich umiestnenie sa bude odvíjať od architektonickej štúdie odtokových území. V zásade ide o vytvorenie systému pre cyklické zbieranie všetkých zrážok a ich návrat do malých vodných cyklov, čo spôsobí termoreguláciu prostredníctvom výparu vody do atmosféry prostredníctvom trávnej, kríkovej a stromovej vegetácie.

Tabuľka 15 - Sumárny prehľad všetkých navrhovaných opatrení

Typy opatrení v mikropovodí	Objem opatrení	Počet opatrení	Rozmer opatrení
Zelené strechy a steny	62 364,48	1 039 408	m ²
Infiltračná priekopa	74 527,00	74 527	m'
Dažďové záhrady	121 376,50	346 790	m ²
Vodné a zasiakávacie plochy	97 638,00	65 092	m ²
Hrádzky	594 450,00	11 889	ks
Odrážky na cestách a zasiakavacie jamy	57 936,00	4 828	ks
Zasiakávacie jamy	591 000,00	11 820	ks
Zasakávacie pásy	1 429 015,00	571 606	m'
Malé vodné nádrže	614 000,00	307	ks
Podzemné nádrže s fontánou	2 550,00	51	ks
Suchá studňa	29 325,00	391	ks
Zatrávňovacie tvárnice	76 615,92	1 276 932	m ²
Dažďový rezervoár	8 400,00	28	ks

V duchu princípov trvalo udržateľného rozvoja, integrovaného manažmentu vodných zdrojov a ozdravenia klímy regiónu, je potrebné zdefinovať kvantifikáciu zníženia povrchového odtoku dažďovej vody a zvýšenie retencie analyzovanej krajiny. To patrí medzi nevyhnutné potreby prevencie pred suchom a prehrievaním krajiny. Zachytená dažďová voda v poľnohospodárskej krajine a lesnej krajine, ktorá sa nachádza v povodí rieky Roňava, môže byť zadržaná na plochách vhodných pre jej vsak, aby dopĺňala zásoby pôdnej a podzemnej vody, umožňovala vegetácii a poľnohospodárskym plodinám transpirovať ju do ovzdušia a tým zlepšovať mikroklimu aj okolo sídel a zároveň znižovať stratu vody z územia ako súčasť systémových preventívnych opatrení proti suchu. Zozbieraná, spomalená a ponechaná, alebo dažďová voda nasmerovaná do vhodných terénov (zasiakavacie jamy, zasiakavacie pásy) a iných vodozadržných prvkov prispeje na prospešné účely, ako zásoba vody na obdobie, keď je nedostatok zrážok.

Za posledných 20 rokov sa na Slovensku aj vo svete rozpracovalo viacero techník, technológií, ako hospodáriť s dažďovou vodou v urbanizovanej, poľnohospodárskej a lesnej krajine, aby nedochádzalo k rizikám sucha a prehrievaniu krajiny. Začiatky presadzovania zvyšovania vodozadržnej schopnosti krajiny na Slovensku siahajú do 16. storočia, keď v oblasti horného Turca vznikol napríklad Turčekovský vodovod, ktorý zbieral vodu z 11-tich údolí a po vrstevniciach odvádzal do Kremnických baní. Samuel Mikovíni v oblasti Banskej Štiavnice vytvoril unikátny systém v Štiavnických vrchoch, kde tajchami zbieral dažďovú vodu a odvádzal ju do vybudovaných vodných nádrží a táto voda sa využívala v Štiavnických baniach. Išlo však prevažne o budovanie vodozadržných opatrení v lesoch.

K tejto problematike je potrebné spomenúť systémy, ktoré významným spôsobom prispeli k zlepšovaniu vodnej bilancie v stredoveku a takou je Valaská kolonizácia, v ktorej vznikli systémy obhospodarovania poľnohospodárskej pôdy po vrstevniciach, ako unikátne kultúrne dedičstvo v strednej Európe. Zvyšky týchto riešení vidíme v niektorých častiach Slovenska doteraz.



Obrázok 16 - Zvyšky medzí v poľnohospodárskej krajine, ktoré neboli zlikvidované kolektivizáciou poľnohospodárskej krajiny (Spiš, 2020; Pieniny, 2009)

Základným princípom opatrení na zbieranie dažďovej vody je umožniť jej vsak do pôdy, aby sa zlepšili zásoby pôdnej a podzemnej vody. Podzemná voda zlepšuje podmienky výdatnosti prameňov s možnosťou ich využitia. Pôdna voda zvyšuje transpiráciu cez vegetáciu a ovplyvňuje mikroklimu.

Po roku 1989 došlo k otvoreniu dverí týmto inovatívnym vodohospodárskym riešeniam, orientovaným na ekosystémový princíp, avšak z historického hľadiska to nebolo nič nové, pretože tieto technológie sa uplatňovali už po stáročia, niekedy viac, niekedy menej.

Cieľom je zozbierať dažďovú vodu v sústredenej terénnej mikronádrži zásobovanej dažďovou vodou z odtokových území na vhodných miestach s **dostatočnou kapacitou objemu a vhodným sklonom**.

4.1 Riešenia pre urbanizované prostredia

4.1.1 Dažďové záhrady

V tabuľke 16 je uvedený sumár rozlohy plôch dažďových záhrad, ktoré je potrebné zrealizovať v štruktúrach jednotlivých sídel. Odporúčame ich zrealizovať vo verejnej zeleni a zdrojom dažďovej vody sú prevažne strechy obytných súborov, na ktorých sú vedené odkvapové rúry po plášti bytových domov.

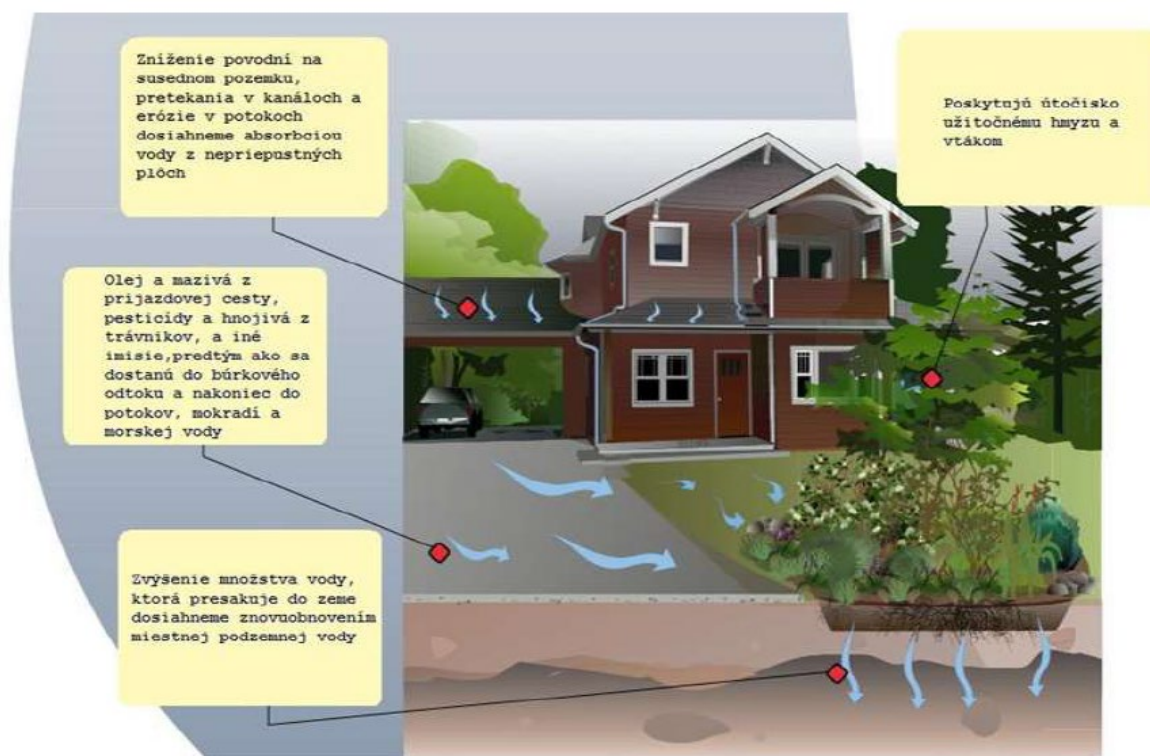
Tabuľka 16 - Rozloha dažďových záhrad v jednotlivých mikropovodiach

Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-010	4-30-11-011	4-30-11-012	4-30-11-013	4-30-11-014
Dažďové záhrady [m ²]	8 633	15 484	29 773	11 454	3 653
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-015/1	4-30-11-015/2	4-30-11-016	4-30-11-017	4-30-11-018/1
Dažďové záhrady [m ²]	17 727	15 368	2 163	20 688	38 233
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-018/2	4-30-11-019/1	4-30-11-019/2	4-30-11-020	4-30-11-021
Dažďové záhrady [m ²]	41 531	4 291	41 907	10 498	34
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-022	4-30-11-023	4-30-11-024	4-30-11-025	4-30-11-026
Dažďové záhrady [m ²]	627	29 603	10 829	11 170	7 826
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-027	4-30-11-028	4-30-11-029	4-30-11-030	4-30-11-031
Dažďové záhrady [m ²]	13 170	0	0	9 285	2 843

Dažďová záhrada je atraktívne depresné miesto, väčšinou na trávinatej ploche, na zachytávanie dažďovej vody zo spevnených nepriepustných plôch ako sú strechy, chodníky, parkoviská, príjazdové cesty. V povodí Roňavy navrhujeme vybudovať spolu 346 790 m² plochy dažďových záhrad. Veľkosť dažďovej záhrady závisí od plochy odvodňovaného objektu, veľkosť jednej dažďovej záhrady by však nemala presiahnuť 40 m². Jedná sa o opatrenie, ktoré si vyžaduje samostatný návrh projektu.

S územným rozvojom sa čoraz viac zvyšuje počet nepriepustných plôch s odvedením dažďových vôd, čím sa zhoršuje kvalita prostredia, kde človek žije. Stavebná činnosť zvyčajne pečatí zemský povrch a limituje absorbovanie dažďovej vody do pôdy aj následný výpar a zvyšuje riziká povrchového odtoku dažďovej vody s rastom povodňových rizík. Nepriepustný povrch negatívne ovplyvňuje naše životné prostredie znižovaním vlhkosti ovzdušia a nárastom výskytu jemných prachových a peľových častíc v ovzduší. Výskumy tiež ukázali, že podstatnú časť znečistenia našich potokov, riek a vodných nádrží spôsobuje splachovanie nečistôt z našich dvorov, ciest či parkovísk. Jednoduchý spôsob, ako udržať čistotu našich tokov a nádrží je realizovať dažďové záhrady. Výhody dažďových záhrad sú rozmanité. Sú schopné vykonávať tieto funkcie:

- *Pomáhajú udržiavať čistú vodu v našich potokoch filtrovaním dažďovej vody pred vstupom do miestneho potoka*
- *Pomáhajú zmierňovať problémy povodní.*
- *Zvyšujú atraktivitu záhradnej architektúry v mestách a obciach.*
- *Poskytujú útočisko a potravinový reťazec voľne žijúcim živočíchom.*
- *Doplňajú zásoby podzemných vôd.*
- *Zlepšujú mikroklimu prostredia zvýšeným výparom.*



Obrázok 17 - Výhody dažďových záhrad

Dažďová záhrada je nielen výraznou estetickou súčasťou pri revitalizácii intravilánu mesta, je to aj vhodný priestor pre relax, zároveň je dôležitým prvkom kvality životného prostredia pri ochrane kvality verejnej zelene. Miesta, kde sú zrealizované dažďové záhrady nevysychajú a aj okolie dažďových záhrad je počas celého roka zelené a nevysychá. Dažďové záhrady nie sú ani vodné plochy, ani rybníky. Dobre navrhnutá dažďová záhrada zdržiava dažďovú vodu maximálne 72 hodín. Za ten čas zozbieraná dažďová voda vsiakne do pôdy a zabezpečuje permanentný dostatok vlahy pre vegetáciu aj v období keď neprší. Je často kladená otázka, že dažďové záhrady sú semeniskom komárov. Ak sa dažďová voda vsiakne do pôdy do 72 hodín, k vyliahnutiu komárov nedochádza, lebo životný cyklus komárov je 7-12 dní. Dobre navrhnutá dažďová záhrada nesmie vytvárať podmienky pre stojatú vodu tak dlho, aby mali larvy komárov príležitosť ukončiť svoj životný cyklus. Preto dno dažďovej záhrady sa musí nechať priepustné a nesmie sa používať fólia. Dažďové záhrady majú tiež tú výhodu, že lákajú vážky, ktoré sú predátormi komárov. Pôvodné rastliny pre danú lokalitu v dažďovej záhrade vytvárajú nádherné kvetinové záhony, ktoré nevyžadujú zvláštnu starostlivosť ani hnojenie.

4.1.2 Zelené strechy a steny

Zelené strechy prostredníctvom vegetácie, ktorá ich pokrýva, zadržiavajú dažďovú vodu, spomaľujú jej odtok a umožňujú jej výpar. Zelené strechy je možné využiť aj ako súčasť znižovania povodňového odtoku a tiež na zníženie prehrievania bytových domov, zvlášť ak ide o obytné súbory s plochou strechou. Pomocou vhodného výberu materiálu môže aj tenká vegetačná pokrývka poskytovať významnú retenciu. Zelené strechy navyše zlepšujú termoizolačné vlastnosti budov. Jedná sa o technické opatrenie ktoré si vyžaduje samostatnú projektovú dokumentáciu a adekvátny proces schvaľovania. V povodí rieky Roňava je navrhnuté spolu realizovať 1 039 408m² plochy zelených stien a striech, hlavne na tých budovách, z ktorých je technologicky odvádzaná dažďová voda vo vnútri plášťa. V záujme samospráv bude motivovať súkromných vlastníkov budov, aby sa realizovali zelené strechy a steny na budovách v ich vlastníctve. Môže to byť riešené formou kofinancovania a

dotačných schém z grantov. V tabuľke sú zhrnuté výsledné plochy navrhovaných zelených striech a stien. Ich výber a technologické riešenie sa bude odvíjať od konkrétnych riešení.

Tabuľka 17 - Plochy zelených striech a stien v jednotlivých mikropovodiach

Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-010	4-30-11-011	4-30-11-012	4-30-11-013	4-30-11-014
Zelené strechy a steny [m ²]	18 904	53 111	86 316	27 500	8 267
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-015/1	4-30-11-015/2	4-30-11-016	4-30-11-017	4-30-11-018/1
Zelené strechy a steny [m ²]	52 138	45 344	3 473	68 000	135 525
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-018/2	4-30-11-019/1	4-30-11-019/2	4-30-11-020	4-30-11-021
Zelené strechy a steny [m ²]	155 505	12 727	134 510	26 851	286
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-022	4-30-11-023	4-30-11-024	4-30-11-025	4-30-11-026
Zelené strechy a steny [m ²]	651	49 072	11 213	28 262	17 474
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-027	4-30-11-028	4-30-11-029	4-30-11-030	4-30-11-031
Zelené strechy a steny [m ²]	52 775	439	0	31 936	19 129

4.1.3 Zelené strechy

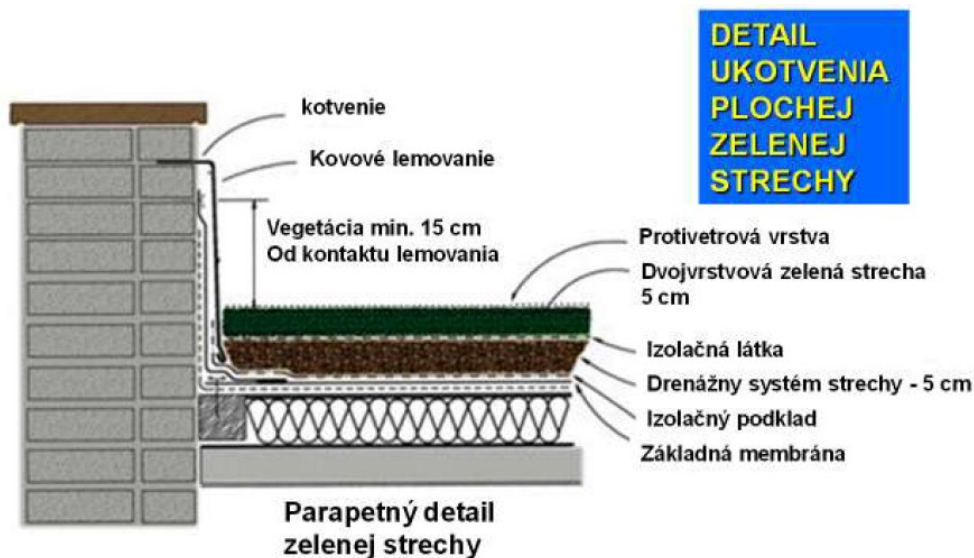
Vo svete sa bežne používajú extenzívne a intenzívne zelené strechy. Rozdiel je v technológii, ktorá určuje, či zelená strecha je verejnosti neprístupná (extenzívne zelené strechy) alebo verejnosti prístupná (intenzívna zelená strecha).

Extenzívne zelené strechy majú hrúbku do 15 cm substrátu. Ich účelom je dosiahnuť špecifický environmentálny úžitok, predovšetkým zmiernenie odtokov dažďových vôd. Z toho dôvodu sa bežne nezavlažujú a preto podliehajú vysychaniu, ak nastane dlhšie obdobie sucha. Pre praktické použitie na bežné strešné konštrukcie sa využívajú ľahké materiály. Vývoj technológií za posledných 40 rokov vylepšil životaschopnosť týchto riešení, napríklad spoľahlivosť vodoizolačných materiálov. Boli vyšľachtené rastlinné druhy pre mierne klimatické pásmo, ktorým sa darí aj v extrémnych podmienkach rastu na streche s dlhším obdobím sucha.

Na výpočet povrchového odtoku z rôznych typov povrchov sa používajú bežné metódy. Pri odtoku zo zelených striech sa však nemusí jednať o povrchový odtok, ale skôr o odtok presiaknutej vody. Rýchlosť odtoku počas dažďa a kvalitu vody možno predvídať na základe vodnej retencie materiálu a typu rastlinnej pokrývky. V prípade zelených záhrad i zelených striech na plochých strechách je odtok dažďových vôd minimálny. Vo väčšine prípadov sa všetka dažďová voda zachytáva a následne vegetáciou vyparuje. Iba pri extrémnych lejakoch presahujúcich nad 60 mm dochádza k odtoku dažďovej vody zo strechy. Maximálna vodná retencia materiálu je maximálne množstvo vody, ktoré môže byť zadržané v technologickom systéme.

Zadržiavanie dažďovej vody na streche znamená využívanie solárnej energie na výpar vody, čím sa neuvolňuje citeľné teplo a obmedzuje prehrievanie budovy a vzduchu nad objektom, pretože na výpar jedného kubíka vody sa spotrebuje cca 700 KWh solárnej energie. To znamená, že vieme na základe toho pre zachytený objem dažďovej vody vypočítať koľko solárnej energie sa spotrebuje pri

výpare vody zo strechy. Pridanou hodnotou je, že na streche prebieha fotosyntéza, vďaka ktorej dochádza k sekvestracii CO₂ z atmosféry, čo je pozitívny vplyv ku zmierňovaniu dopadov klimatickej zmeny. Zelené strechy a steny zmierňujú teplotný režim budov o niekoľko stupňov v priestoroch pod strechami, čo je ďalší pozitívny dopad k podpore inovatívnych technológií v stavebníctve, ktoré znižujú prevádzkové náklady na klimatizáciu budov.



Obrázok 18 - Zloženie vegetačnej strechy

4.1.4 Zelené steny

Systémové riešenia na zhotovenie vegetačných zvislých stien ponúkajú možnosť vytvorenia rozmanitých, estetických a z architektonického hľadiska zaujímavých plôch, trvalo porastených vegetáciou.

Systém vertikálnych záhrad tvoria predsadené stavebnicové hliníkové panely (ktoré možno nazvať aj kazetami alebo fasádnymi košmi) vo výrobe napĺňané substrátom, do ktorého sa priamo na mieste sadia rastliny. Panely sa uchytiť na závesné profily priskrutkované na stenu alebo fasádu. Zavlažovací systém sa ukladá do vodorovných dutín medzi panely, a je napojený na odkvapové zvody.

Vertikálne záhrady predstavujú spôsob efektívneho využitia stien a fasád. Ide o architektonický a ekologický prvok, ktorým okrem zvýšenia estetickej hodnoty budovy možno dosiahnuť pozitívny vplyv na zdravie človeka, tlmenie hluku vďaka zníženej zvukovej odrazivosti vegetačných plôch, zlepšenie mikroklimy v budove a v jej okolí, ochranu budovy proti prehrievaniu fasády v letnom období a prílišnému ochladzovaniu v zimnom období, zvlhčenie vzduchu, ochranu proti smogu, zachytenie a filtráciu poletujúceho prachu a škodlivín, viazanie CO₂ a tvorbu kyslíka, zachytávanie dažďovej vody v exteriéri a zníženie odtoku do kanalizácie, zvýšenie rozmanitosti rastlinných druhov v meste, ochranu fasády proti grafitom. Difúzny systém otvorenej fasády umožňuje pestovať na fasáde budovy takmer všetky druhy bežných rastlín.

Spôsob pripevnenia nosných profilov, množstvo a typ kotviacich prvkov treba určiť v súčinnosti so zhotoviteľom steny alebo fasádnej konštrukcie. Základným predpokladom pre trvalé a bezpečné zhotovenie zvislej vegetačnej steny je vhodný podklad s dostatočnou únosnosťou, teda zateplená alebo nezateplená stena alebo fasáda, ktorá unesie dodatočné zaťaženie najmenej 80 kg/m². Na nosné profily sa po ich upevnení do podkladovej konštrukcie montujú závesné profily. Závesné profily treba po montáži vyrovnať do roviny.



Obrázok 19 - Zelená budova, Firma Likos, Slavkov u Brna

4.1.5 Vodné a zasiakavacie plochy

Na trávnaté plochy a záhrady hlavne v intraviláne v povodí Roňavy je navrhnutých spolu 65 092 m² vodných a zasiakavacích plôch. Keďže sa prevažne ale jedná o súkromné vlastníctvo, realizácia takýchto opatrení je možná motiváciou vlastníkov samosprávami. Na ukážku uvádzame niekoľko rôznych typov vodných a zasiakavacích plôch. Jedná sa o technické opatrenie ktoré si vyžaduje samostatnú projektovú dokumentáciu a adekvátny proces schvaľovania.

Tabuľka 18 - Obsah vodných a zasiakavacích plôch v jednotlivých mikropovodiach

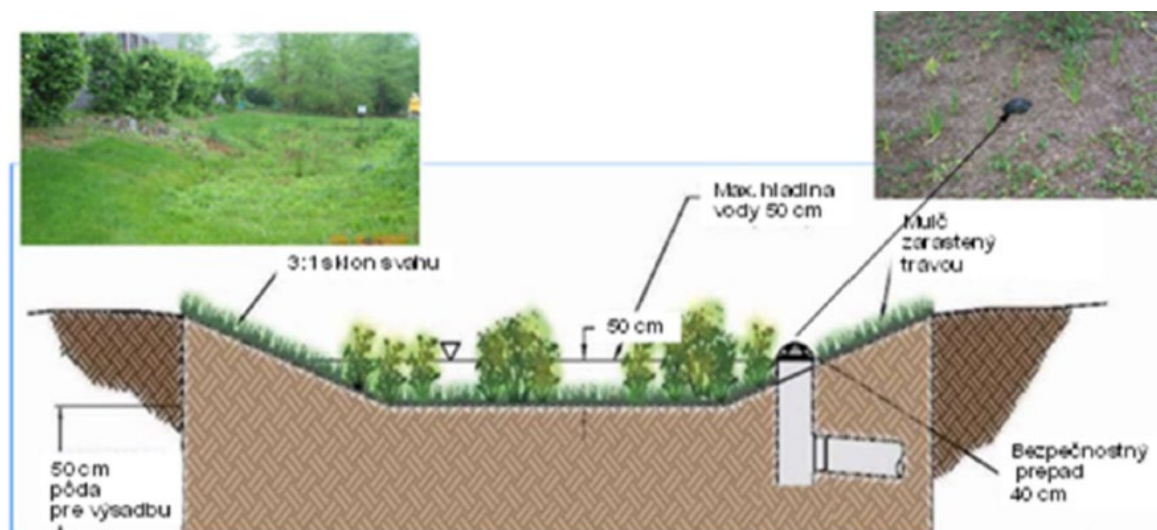
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-010	4-30-11-011	4-30-11-012	4-30-11-013	4-30-11-014
Vodné a zasiakavacie plochy [m ²]	1 422	2 160	4 217	1 842	776
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-015/1	4-30-11-015/2	4-30-11-016	4-30-11-017	4-30-11-018/1
Vodné a zasiakavacie plochy [m ²]	2 302	2 038	340	2 782	5082
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-018/2	4-30-11-019/1	4-30-11-019/2	4-30-11-020	4-30-11-021
Vodné a zasiakavacie plochy [m ²]	4 529	758	8 529	3 447	0
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-022	4-30-11-023	4-30-11-024	4-30-11-025	4-30-11-026
Vodné a zasiakavacie plochy [m ²]	71	5 152	2 211	1 716	1556
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-027	4-30-11-028	4-30-11-029	4-30-11-030	4-30-11-031
Vodné a zasiakavacie plochy [m ²]	3 757	283	0	5 229	4893

4.1.6 Vsakovací bazén

Vsakovací bazén je plytká hrádzová nádrž, v ktorej sa zhromažďuje a vsakuje dažďová voda nachádzajúca sa na vyrovnanej, nenarušenej ploche s relatívne priepustnými pôdami.

Vsakovacie bazény sú plytké, vodozadržné oblasti určené na dočasné zhromažďovanie zozbieranej dažďovej vody. Ich veľkosť a tvar môže byť rôzny – od jedného veľkého bazénu po viaceré menšie bazéniky rozmiestnené po lokalite. Vsakovacie bazény je vhodné integrovať do existujúceho terénu a okolia čo najjemnejším, sotva postrehnuteľným spôsobom.

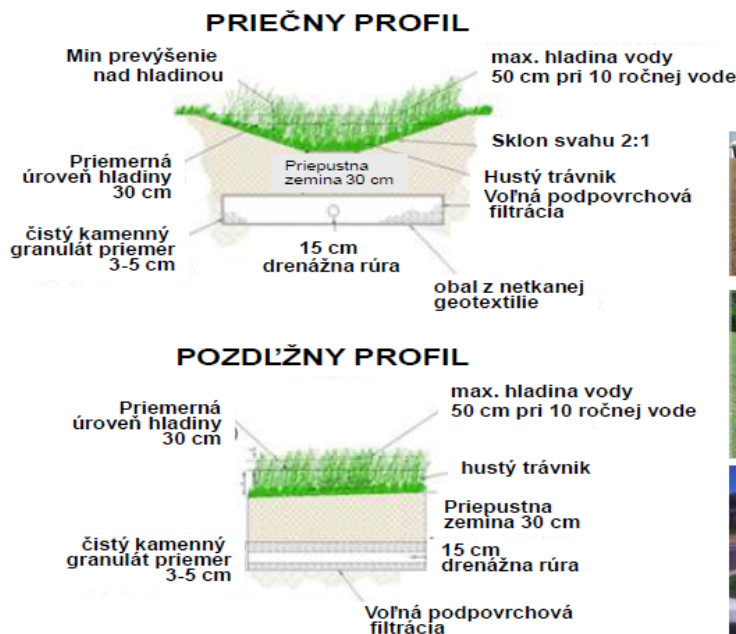
Tabuľka 19 - Vsakovací bazén



4.1.7 Vegetačné zvodnené priehlbne

Vegetačná zvodnená priehlbňa je široký, plytký, prevažne parabolický kanál, husto vysadený rôznymi stromami, kríkmi a/alebo trávou/zeleným pokryvom. Jej účelom je tmiť a v niektorých prípadoch aj infiltrovať objem stekajúcej dažďovej vody z príľahlých nepriepustných plôch, umožňujúc tak usádzanie niektorých kontaminantov.

Vegetačné zvodnené priehlbne sú široké plytké kanály určené na spomalenie odtoku dažďovej vody, pomáhajú infiltrácii a filtrovaniu kontaminantov a sedimentov počas procesu odvádzania odtokov. Vegetačné priehlbne poskytujú vynikajúcu environmentálnu alternatívu klasickým vodu-odvádzacím systémom s obrubníkmi a cestnými priekopami, pričom zabezpečujú aj čiastočnú úpravu s možnou distribúciou dažďovej vody do systémov na zbieranie a odvádzanie dažďovej vody.



CHARAKTERISTIKA ZVODNENÝCH PRIEHLBNÍ



Obrázok 20 - Zavodnené priehlbne

4.1.8 Trávnaté priehlbne

Trávnaté priehlbne sú v podstate klasické odvodňovacie (kanálové) priekopy, ideálne vo veľmi miernom sklone. Trávnaté priehlbne sú obvykle menej nákladné ako priehlbne s vyššou a hustejšou vegetáciou. Poskytujú však omnoho menej možností pre infiltráciu a odstraňovanie kontaminantov. Trávnaté priehlbne sa majú používať len na predúpravu ďalších štrukturálnych riešení. Dizajn trávnatých priehlbni je často založený na rýchlosti. Tam kde sa hodia, sú trávnaté priehlbne uprednostňované pred záchytnými bazénmi a potrubiami kvôli svojej schopnosti redukovať rýchlosť toku cez pozemok.

4.1.9 Suchá studňa

Suchá studňa alebo priesaková jama je kombináciou infiltračného systému navrhnutého pre prechodnú akumuláciu a infiltráciu dažďového odtoku. Objem suchej studne je definovaný ako objem z prítoku. Objem jednej suchej studne je navrhnutý na 75 m³. Jedná sa o technické opatrenie ktoré si vyžaduje samostatnú projektovú dokumentáciu a adekvátny proces schvaľovania. V území povodia Roňavy je navrhnutých spolu 391 suchých studní.

Suchá studňa, niekedy zvaná aj priesaková jama, je podpovrchové akumulačné zariadenie, ktoré prechodne zhromažďuje, uskladňuje a infiltruje dažďovú vodu. Vyhĺbená jama naplnená štruktúrovaným kamenivom frakcie 3-5 cm uložená v geotextílii. Suché studne vypúšťajú nazhromaždenú dažďovú vodu infiltráciou do okolia.

Tabuľka 20 - Počet suchých studní v jednotlivých mikropovodiach

Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-010	4-30-11-011	4-30-11-012	4-30-11-013	4-30-11-014
Suchá studňa [ks]	8	22	38	10	1
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-015/1	4-30-11-015/2	4-30-11-016	4-30-11-017	4-30-11-018/1
Suchá studňa [ks]	23	20	1	30	52
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-018/2	4-30-11-019/1	4-30-11-019/2	4-30-11-020	4-30-11-021
Suchá studňa [ks]	70	4	44	1	0
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-022	4-30-11-023	4-30-11-024	4-30-11-025	4-30-11-026
Suchá studňa [ks]	1	21	4	12	5
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-027	4-30-11-028	4-30-11-029	4-30-11-030	4-30-11-031
Suchá studňa [ks]	14	0	0	7	3

TECHNOLOGIA KAMENNEJ RETENČNEJ NÁDRŽE



Obrázok 21 - Kamenná retenčná nádrž

4.1.10 Podzemná nádrž s fontánou

Z budov a spevnených plôch patriacich samosprávam navrhujeme dažďovú vodu zviest do podzemných nádrží a zbieranú dažďovú vodu používať ako zdroj pre fontány. Takýchto podzemných nádrží navrhujeme vybudovať spolu 51 kusov s kapacitou po 50 m³ na jednu podzemnú nádrž. Jedná sa o technické opatrenie, ktoré si vyžaduje samostatnú projektovú dokumentáciu a adekvátny proces schvaľovania. Tieto fontány sú vynikajúcim klimatizačným zariadením sídel v letných horúčavách.

Tabuľka 21 - Počet podzemných nádrží s fontánou v jednotlivých mikropovodiach

Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-010	4-30-11-011	4-30-11-012	4-30-11-013	4-30-11-014
Podzemné nádrže s fontánou [ks]	1	1	3	2	0
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-015/1	4-30-11-015/2	4-30-11-016	4-30-11-017	4-30-11-018/1
Podzemné nádrže s fontánou [ks]	2	4	2	6	5
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-018/2	4-30-11-019/1	4-30-11-019/2	4-30-11-020	4-30-11-021
Podzemné nádrže s fontánou [ks]	5	0	5	0	0
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-022	4-30-11-023	4-30-11-024	4-30-11-025	4-30-11-026
Podzemné nádrže s fontánou [ks]	0	4	0	3	0
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-027	4-30-11-028	4-30-11-029	4-30-11-030	4-30-11-031
Podzemné nádrže s fontánou [ks]	5	0	0	3	0

4.1.11 Zatrávňovacie tvárnice

Rozvoj cestnej infraštruktúry, regulácia riečnych brehov, urbanizácia a iné ľudské činnosti majú nepriaznivý vplyv na hydrológiu krajiny. V sídlach nadmerné odkanalizovanie dažďovej vody spôsobuje suchu a zvýšenú produkciu citeľného tepla. Odkanalizovanie má aj negatívny dopad na zásoby podzemných vôd a zároveň počas intenzívnych zrážok môže spôsobiť povodne.

Jedným zo spôsobov zmiernenia týchto negatívnych dopadov je spevnenie mestských povrchov ekologickým prístupom namiesto betónovania, ktoré má nepriaznivý vplyv na zmenu klímy a prispieva k záplavám a suchu.

Betónové parkovacie plochy v riešenom území navrhujeme nahradiť zatrávňovacími tvárniciami. Zatrávňovacie tvárnice, niekedy nazývané aj ako vegetačné tvárnice, sú vynikajúcim riešením pre spevnenie zaťažovanej plochy pozemku s ohľadom na zachovanie rastúcej zelene. Tráva prerastá cez tvárnice, takže je zachovaná ako nosná funkcia dlažby, tak aj vsakovacie vlastnosti trávinatej plochy. Spolu navrhujeme nahradiť 1 276 932 m² parkovísk a iných spevnených povrchov za zatrávňovacie tvárnice. Jedná sa o technické opatrenie ktoré si vyžaduje samostatnú projektovú dokumentáciu a adekvátny proces schvaľovania.

Tabuľka 22 - Plocha zatrávňovacích tvární v jednotlivých mikropovodiach

Typy opatření v mikropovodí	4-30-11-010	4-30-11-011	4-30-11-012	4-30-11-013	4-30-11-014
Zatrávňovacie tvárnice [m ²]	25 600	69 803	118 250	35 000	2 730
Typy opatření v mikropovodí	4-30-11-015/1	4-30-11-015/2	4-30-11-016	4-30-11-017	4-30-11-018/1
Zatrávňovacie tvárnice [m ²]	75 850	66 200	6 910	93 610	160 000
Typy opatření v mikropovodí	4-30-11-018/2	4-30-11-019/1	4-30-11-019/2	4-30-11-020	4-30-11-021
Zatrávňovacie tvárnice [m ²]	220 500	11 000	132 900	40 000	300
Typy opatření v mikropovodí	4-30-11-022	4-30-11-023	4-30-11-024	4-30-11-025	4-30-11-026
Zatrávňovacie tvárnice [m ²]	3 020	73 400	13 000	34 600	14 630
Typy opatření v mikropovodí	4-30-11-027	4-30-11-028	4-30-11-029	4-30-11-030	4-30-11-031
Zatrávňovacie tvárnice [m ²]	42 000	0	0	27 689	9 940

4.2 Riešenia pre poľnohospodársku krajinu

4.2.1 Malá vodná nádrž

V riešenom území odporúčame budovať aj malé vodné nádrže spolu 307 ks na ornej pôde, ktoré sa stanú základnou infraštruktúrou rekreačných vodných plôch s potenciálnym chovom rýb. Jedná sa o technické opatrenie ktoré si vyžaduje samostatnú projektovú dokumentáciu a adekvátny proces schvaľovania.

Tabuľka 23 - Počet malých vodných nádrží v jednotlivých mikropovodiach

Typy opatření v mikropovodí	4-30-11-010	4-30-11-011	4-30-11-012	4-30-11-013	4-30-11-014
Malé vodné nádrže [ks]	0	13	2	3	27
Typy opatření v mikropovodí	4-30-11-015/1	4-30-11-015/2	4-30-11-016	4-30-11-017	4-30-11-018/1
Malé vodné nádrže [ks]	0	7	0	9	76
Typy opatření v mikropovodí	4-30-11-018/2	4-30-11-019/1	4-30-11-019/2	4-30-11-020	4-30-11-021
Malé vodné nádrže [ks]	85	12	30	11	0
Typy opatření v mikropovodí	4-30-11-022	4-30-11-023	4-30-11-024	4-30-11-025	4-30-11-026
Malé vodné nádrže [ks]	0	10	7	5	0
Typy opatření v mikropovodí	4-30-11-027	4-30-11-028	4-30-11-029	4-30-11-030	4-30-11-031
Malé vodné nádrže [ks]	0	0	0	0	10



Obrázok 22 - Vodné nádrže

4.2.2 Zasiakavacie pásy a obnova vetrolamov poľnohospodárskej krajiny

Najvhodnejšie je zrealizovať zasiakavacie pásy na pôvodných melioračných kanáloch, ktoré postupne vytvoria s doprovodnou zeleňou tak potrebné vetrolamy v poľnohospodárskej krajine. Preto zasiakavacie pásy na trvalých trávnatých porastoch navrhujeme osadiť stromoradiám. Môžu byť aj ovocné stromy. V zmysle Európskej poľnohospodárskej politiky je potrebné vynechať z poľnohospodárskej krajiny minimálne 5% poľnohospodárskych pôd na mimoprodukčné funkcie poľnohospodárskej krajiny. Preto navrhujeme typ opatrení, ktoré toto zabezpečí prostredníctvom zasiakavacích pásov aj na ornej pôde v už doteraz vybudovanej infraštruktúre odvodňovacích kanálov, ktoré v istých úsekoch budú prehradené (zemné hrádze), aby sa dažďová voda v nich zbierala a ostávala v nich na obdobie, keď dlho neprší. Zadržaná dažďová voda bude vsakovať a cez vegetáciu vyparovať a tým sa posilnia denné mikrocykly tvorby rosy.

Tabuľka 24 - Počet vrstevnicových pásov jednotlivých mikropovodiach

Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-010	4-30-11-011	4-30-11-012	4-30-11-013	4-30-11-014
Zasakávacie pásy [m']	7 998	18 248	11 812	8 011	38 327
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-015/1	4-30-11-015/2	4-30-11-016	4-30-11-017	4-30-11-018/1
Zasakávacie pásy [m']	8 897	16 326	3 923	14 636	93 506
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-018/2	4-30-11-019/1	4-30-11-019/2	4-30-11-020	4-30-11-021
Zasakávacie pásy [m']	127 002	10 528	63 181	16 456	4 376
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-022	4-30-11-023	4-30-11-024	4-30-11-025	4-30-11-026
Zasakávacie pásy [m']	1 934	42 670	13 080	9 633	9 401
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-027	4-30-11-028	4-30-11-029	4-30-11-030	4-30-11-031
Zasakávacie pásy [m']	14 686	5 569	87	8 303	23 016



Obrázok 23 - Zasiakavacie pásy

4.2.3 Zasiakavacie jamy

Významným revitalizačným prvkom sú zasiakavacie jamy, ktoré zbierajú dažďovú vodu z poľnohospodárskej krajiny. Z nich sa postupne vytvoria mokrade a pufrovacie zóny pre voľne žijúce živočíchy. Budú ekostabilizačnými prvkami v krajine, prispievajúcimi k zvyšovaniu zásob podzemných vôd. Zvýšeným výparom vody z mokradí sa bude postupne ozdravovať mikroklima. Tieto opatrenia významne prispievajú napríklad aj k tvorbe rosy v krajine, čo má v suchých obdobiach významný prínos pre udržiavanie vlahy. Toto opatrenie je tiež preventívnym opatrením pred suchom, z ktorého vznikajú riziká požiarov.

Tabuľka 25 - Počet zasiakavacích jám v jednotlivých mikropovodiach

Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-010	4-30-11-011	4-30-11-012	4-30-11-013	4-30-11-014
Zasiakavacie jamy [ks]	769	1463	388	252	1151
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-015/1	4-30-11-015/2	4-30-11-016	4-30-11-017	4-30-11-018/1
Zasiakavacie jamy [ks]	785	314	23	278	1659
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-018/2	4-30-11-019/1	4-30-11-019/2	4-30-11-020	4-30-11-021
Zasiakavacie jamy [ks]	974	255	441	261	31
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-022	4-30-11-023	4-30-11-024	4-30-11-025	4-30-11-026
Zasiakavacie jamy [ks]	110	1043	439	234	592
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-027	4-30-11-028	4-30-11-029	4-30-11-030	4-30-11-031
Zasiakavacie jamy [ks]	147	19	7	66	119



Obrázok 24 - Zasiakavacie jamy

4.3 Riešenia pre lesnú a dopravnú infraštruktúru

4.3.1 Odrážky na spevnených a nespevnených cestách a zasiakavacie jamy

V pláne je navrhnutých celkovo 4 828 odrážok v ktorých budú zasiakavacie jamy. Odrážky na cestách navrhujeme typizovať, tak aby ku každej odrážke bola zrealizovaná vodozadržná jama. Odporúčané typy odrážok sú uvedené nižšie. Dôležité však je, aby dažďová voda z odrážky bola zbieraná do zasiakavacích jám, z ktorých bude presakovať do porastu. Nie je dôležitý tvar zasiakavacej jamy, ale jej objem. Navrhujeme ku každej odrážke zrealizovať objem zasiakavacej jamy 10 m³, čo v praxi znamená nevyhnutnú potrebu zrealizovania odrážok vo vzdialenosti každých 40 m lesnej cesty, zväžnice. Približovacie linky odporúčame hneď po ťažbe zrevitalizovať. Vzdialenosť odrážok neovplyvňuje sklon cesty, pretože objem odtekajúcej vody po zhutnenej či lesnej, alebo poľnej ceste je približne rovnaký. V tomto prípade nejde o rýchlosť, ale o celkový objem odtekajúcej vody.

Odrážky odporúčame vytvárať z kombinácie rôznych materiálov, najmä dreva v závislosti od finančných možností. V rozpočte bol braný do úvahy miestny materiál – drevo. Odrážka zabezpečuje odtok dažďovej vody do zasiakavacej jamy, kde sa hromadí a následne vsakuje do podložia krajiny. Vsakovací priestor zároveň obmedzuje eróziu pôdy najmä, ak je vyložený kameňom pod vyústením odrážky.

Tabuľka 26 - Počet odrážok na cestách v jednotlivých mikropovodiach

Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-010	4-30-11-011	4-30-11-012	4-30-11-013	4-30-11-014
Odrážky na cestách a zasiakvacie jamy [ks]	848	358	244	0	40
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-015/1	4-30-11-015/2	4-30-11-016	4-30-11-017	4-30-11-018/1
Odrážky na cestách a zasiakvacie jamy [ks]	396	225	278	58	509
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-018/2	4-30-11-019/1	4-30-11-019/2	4-30-11-020	4-30-11-021
Odrážky na cestách a zasiakvacie jamy [ks]	10	803	107	420	0
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-022	4-30-11-023	4-30-11-024	4-30-11-025	4-30-11-026
Odrážky na cestách a zasiakvacie jamy [ks]	0	49	119	98	0
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-027	4-30-11-028	4-30-11-029	4-30-11-030	4-30-11-031
Odrážky na cestách a zasiakvacie jamy [ks]	217	0	0	49	0



Obrázok 25 - Odrážky na lesných cestách

4.3.2 Infiltračné priekopy pozdĺž ciest

Celkovo je potrebné vybudovať 74 527 bežných metrov infiltračných priekop pozdĺž ciest. Tieto infiltračné priekopy navrhujeme realizovať dvoma spôsobmi. V už vybudovaných rigoloch navrhujeme spomaľovače odtoku vybudovaním kaskády drobných hrádzok s výškou do 0,5 m v závislosti od hĺbky s tým, aby vrchná hrana hrádzky bola minimálne 10 cm pod hladinou vozovky. Jedná sa o technické

opatrenie ktoré si vyžaduje samostatnú projektovú dokumentáciu a adekvátny proces schvaľovania.

Tabuľka 27 - Počet infiltračných priekop v jednotlivých mikropovodiach

Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-010	4-30-11-011	4-30-11-012	4-30-11-013	4-30-11-014
Infiltračná priekopa [m']	129	4 890	4 544	1460	7 710
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-015/1	4-30-11-015/2	4-30-11-016	4-30-11-017	4-30-11-018/1
Infiltračná priekopa [m']	2 587	1380	43	3 602	4005
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-018/2	4-30-11-019/1	4-30-11-019/2	4-30-11-020	4-30-11-021
Infiltračná priekopa [m']	8 952	476	4406	1 752	357
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-022	4-30-11-023	4-30-11-024	4-30-11-025	4-30-11-026
Infiltračná priekopa [m']	74	4 399	2 238	1548	3 027
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-027	4-30-11-028	4-30-11-029	4-30-11-030	4-30-11-031
Infiltračná priekopa [m']	4 227	1012	0	3 983	7726



Obrázok 26 - Schéma infiltračnej priekopy pozdĺž cesty, príklady aplikácie a zbierania dažďovej vody v rigoloch (USA, Rakúsko)

4.3.3 Hrádzky všetkých typov v lesnej krajine

Jednotlivé typy hrádzok navrhujeme v jednotlivých roklinách a drobných potokoch zrealizovať celkovo 11 889 kusov.

Tabuľka 28 - Počet hrádzok v jednotlivých mikropovodiach

Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-010	4-30-11-011	4-30-11-012	4-30-11-013	4-30-11-014
Hrádzky [ks]	1 827	777	530	0	80
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-015/1	4-30-11-015/2	4-30-11-016	4-30-11-017	4-30-11-018/1
Hrádzky [ks]	2 373	494	602	117	1 109
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-018/2	4-30-11-019/1	4-30-11-019/2	4-30-11-020	4-30-11-021
Hrádzky [ks]	18	1 727	220	893	0
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-022	4-30-11-023	4-30-11-024	4-30-11-025	4-30-11-026
Hrádzky [ks]	0	95	250	206	0
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-027	4-30-11-028	4-30-11-029	4-30-11-030	4-30-11-031
Hrádzky [ks]	466	0	0	105	0



Obrázok 27 - Hrádzky

4.3.4 Dažďový rezervoár

Dažďový rezervoár je zemná hrádzka zapustená do svahu, respektíve vyhlbená jama v prípade rovného terénu, ktorá zbiera dažďové vody do rezervoára a podporuje jej vsak s dopĺňovaním dažďovej vody do pôdy a do podzemia. Voda, ktorá ostáva v rezervoári znižuje odtok vody z územia, dopĺňuje zásoby pôdnej vody sa následne vyparuje a napomáha termoregulácii krajiny. Objem jedného rezervoára by mal byť okolo 300 m³. Voda zbieraná v dažďovom rezervoári môže slúžiť aj na zavlažovanie vegetácie. V riešenom území navrhujeme vytvoriť spolu 28 dažďových rezervoárov vo viniciach.

Tabuľka 29 - Počet dažďových rezervoárov v jednotlivých mikropovodiach

Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-010	4-30-11-011	4-30-11-012	4-30-11-013	4-30-11-014
Dažďový rezervoár [ks]	0	0	0	0	0
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-015/1	4-30-11-015/2	4-30-11-016	4-30-11-017	4-30-11-018/1
Dažďový rezervoár [ks]	0	0	0	0	0
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-018/2	4-30-11-019/1	4-30-11-019/2	4-30-11-020	4-30-11-021
Dažďový rezervoár [ks]	0	0	0	0	0
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-022	4-30-11-023	4-30-11-024	4-30-11-025	4-30-11-026
Dažďový rezervoár [ks]	0	0	0	2	2
Typy opatrení v mikropovodí	4-30-11-027	4-30-11-028	4-30-11-029	4-30-11-030	4-30-11-031
Dažďový rezervoár [ks]	19	0	0	5	0



Obrázok 28 - Dažďový rezervoár

5 Benefity vodozadržných opatrení

Opatrenia integrovanej protipovodňovej ochrany uskutočňované v povodí rieky Roňava v posledných desaťročiach boli koncepcne prioritne zamerané na čo najrýchlejší odtok dažďovej vody z odtokových území. Všetky doteraz zrealizované opatrenia v manažmente dažďovej vody svojou podstatou prispievajú k suchu a k prehrievaniu územia.

Vzhľadom na reliéf povodia a na osídlenie, vyžaduje sa komplexné riešenie, ktoré je potrebné projekčne pripraviť a zrealizovať. Nevysporiadaním sa s týmto fenoménom, doterajší prístup bude naďalej degradovať, vysušovať a prehrievať územie. Za takýchto okolností je možné očakávať už túto dekádu, že teploty v sídlach v povodí Roňavy môžu prekročiť hodnotu 40 stupňov.

Realizované technické opatrenia manažmentu dažďovej vody nedostatočne zohľadňovali podstatu a dynamiku procesov a činností prebiehajúcich a vykonávaných v povodí, predovšetkým v urbanizovanej krajine, pri výstavbe dopravnej a priemyselnej infraštruktúry, pri projektovaní zastavaných plôch. Tie v posledných desaťročiach prispievali k nárastu odtokov dažďovej vody z územia.

Riešenie nespočíva v rozširovaní existujúcich a v budovaní nových, kapacitne väčších, sústav rýchlych odtokov dažďovej vody, ale v zadržiavaní dažďovej vody v území na vhodných lokalitách. Vzhľadom na dynamiku procesov prebiehajúcich v krajine budú ďalšie vybudované riešenia na princípe Starej vodnej paradigmy⁹ po krátkom čase dramaticky prehlbovať suchu aj prehrievanie. Podstatu riešení je potrebné hľadať v celoplošnom integrovanom manažmente územia, integrovanom manažmente súvislých území krajiny, v ekosystémovom prístupe ku ochrane dažďovej vody a ku krajine ako celku. To je možné dosiahnuť len uplatňovaním princípov a postupov integrovaného manažmentu krajiny a hospodárenie v nej.

Prognózy potvrdzujú, že určujúcim faktorom budúceho hospodárskeho, sociálneho a kultúrneho rozvoja každého regiónu bude stabilný hydrologický režim v území, ktorý bude schopný lepšie odolávať extrémom počasia, bez ničivého prehrievania, bez procesov vysušovania krajiny a bez rizík povodní a ostatných živelných pohrôm. Takýto želaný stav krajiny je možné dosiahnuť len tým, že pri využívaní krajiny sa budú uplatňovať ekosystémové postupy, ktoré posilňujú zadržiavanie dažďovej vody, posilňujú biodiverzitu a zlepšujú hydrologický režim krajiny, zúrodňujú pôdu a termoregulujú

krajinu.

Poznatky o hydrologickom režime územia v povodí Roňavy potvrdzujú, že riziká vysušovania krajiny a ostatné riziká živelných pohrôm sa budú v nasledujúcich rokoch zvyšovať, pokiaľ nedôjde k zásadnej zmene v prístupe k využívaniu krajiny v celom území, v postupoch jej urbanizácie a k principiálnej zmene v hospodárení s dažďovou vodou v krajine. Problémy sa budú exponenciálne prehĺbovať, ak sa nezastaví predovšetkým nadmerné celoročné plošné odvodňovanie sídel, ktoré vedie k ich prehrievaniu a vysušovaniu. Je potrebné komplexne revitalizovať krajinu tak, aby dochádzalo k prirodzenej obnove vôd v krajinnej štruktúre. To spätne vytvorí priaznivé predpoklady na prevenciu pred povodňami, suchom a ostatnými rizikami náhlych živelných pohrôm¹⁰.

Doterajšie využívanie krajiny v rôznej miere negatívne ovplyvňuje vodný režim celého územia. Preto bolo potrebné komplexne analyzovať jednotlivé časti územia a identifikovať tie aktivity a zásahy uplatňované pri hospodárskych činnostiach, ktoré negatívne ovplyvňujú vodný režim krajiny. Bolo zároveň nevyhnutné určiť a špecifikovať tie opatrenia v rámci procesov revitalizácie krajiny, ktoré umožnia odstrániť a/alebo výrazne znížiť dôsledky najväčších a najvýraznejších negatívnych zásahov do krajiny z minulosti.

Preto doterajšie nevhodné zasahovanie človeka do prírodných procesov treba zastaviť, kompenzovať a zabrániť mu. Je potrebné premietnuť do územia povodia takú vodohospodársku politiku, ktorá je v súlade s využívaním krajiny, ako aj ochranou životného prostredia a ochranou krajiny.

Vhodná stratégia spočíva v trojstupňovom prístupe, v zachytení dažďovej vody, v jej retencii a v jej odvádzaní na vhodné miesto. To znamená urobiť všetko pre zachytenie dažďovej vody tam, kde dopadne. Prepustením vody do vodného toku je až posledným krokom reťazca a to len v nevyhnutnom prípade, pretože zrážková bilancia v území je nižšia, ako samotná krajina dokáže cez výpar spotrebovať. Opatrenia integrovaného riadenia vodných zdrojov pre celé územie majú prednosť pred izolovaným teda sektorovým manažmentom povodňových rizík.

Preto bol spracovaný koncept ekosystémovej obnovy vôd v poškodených štruktúrach krajiny povodia Roňavy a zároveň boli kvantifikované dopady na hospodársky rast a tiež environmentálne, sociálne a klimatické úžitky. Základná predstava je posúdiť vplyv ekosystémovej ochrany vôd na zúrodnenie pôd, sekvestráciu uhlíka, obnovenie vodných zdrojov s možnou kvantifikáciou termoregulácie krajiny prostredníctvom zvýšeného výparu z krajiny cez vegetáciu tej vody, ktorá doteraz odteká bez úžitku. Takýto prístup sa prvýkrát objavil na Slovensku pri realizácii projektu SIM4NEXUS (www.sim4nexus.eu)¹¹. Na príklade Košického kraja v prípadovej Nemecko-česko-slovenskej štúdii boli definované možnosti, ako revitalizovať a posilňovať prírodné zdroje v čase prebiehajúcej klimateckej zmeny.

Základným predpokladom je, že dostatok vody v krajine je možné dosiahnuť zadržiavaním povrchovo odtekajúcej dažďovej vody zo zrážok v tých miestach, kde spadne alebo v blízkosti. Zadržiavanie dažďovej vody v pôde, resp. v ekosystémoch totiž štartuje rast vegetácie cez fotosyntézu a fotosyntéza priamo vplýva na ukladanie uhlíka do pôdy a tiež viac vody viazanej v krajine zvyšuje výpar a výsledkom je vyšší podiel transformácie solárnej energie na latentné teplo a jeho odčerpávanie vyparovanou vodou do vyšších, chladnejších vrstiev atmosféry, kde sa to teplo odovzdáva.

Posudzovali sme jednotlivé odtokové územia, ako aj dopady na teplotný režim pri revitalizácii celého územia povodia Roňavy. Kraj sa takto môže efektívnejšie rozhodovať pri realizácii

vodozadržných opatrení. Kraj bude vedieť, ako zrealizované opatrenia pozitívne prispievajú k zmene teplotného režimu krajiny a tým prispievajú k ozdraveniu klímy a aké sú rámcové náklady v jednotlivých sektoroch.

Tabuľka 30 - Kvantifikácia benefitov po realizácii všetkých navrhnutých vodozadržných opatrení pre celé povodie Roňavy

Povodie Roňavy	Budova	Cesta	Cintorín	Lesy	Lom	Nelesná vegetácia	Orná pôda	Ostatné plochy
Plocha (m ²)	1 108 383	1 025 795	122 694	76 115 622	84 504	22 044 303	78 645 254	55 678
Objem vodozadržných opatrení (m ³)	62 364	59 256	2 353	652 386	4 750	245 800	2 092 323	2 300
Objem zadržanej dažďovej vody za rok (m ³)	748 374	711 072	3 294	717 625	8 550	270 380	3 138 484	2 990
Investícia do zmeny manažmentu dažďovej vody v €	46 773 360	1 066 608	127 364	4 276 416	52 250	2 703 800	12 291 701	25 300
Získaný vodný zdroj (l/s)	23,7	22,5	0,104	22,8	0,3	8,574	99,5	0,1
Zvýšený výpar zo zadržanej dažďovej vody (m ³)	498 916	474 048	2 196	478 416	5 700	180 253	2 092 323	1 993
Odhadovaná zvýšená produkcia výnosov plodín (€)	0	0	0	304 462	0	0	314 581	0
Zníženie citeľného tepla (GWh)	349,24	331,83	1,54	334,89	3,99	126,18	1 464,63	1,4
Zníženie aktuálnej letnej teploty (°C)	-7,94	-8,15	-0,32	-0,11	-1,19	-0,14	-0,47	-0,63
Sequestrácia uhlíka (t)	873,76	830,21	3,85	837,86	9,98	315,68	3 664,31	3,49
Návratn. uhlíková povolenka a dažďovné (59€/tonu CO ₂)	58,47	1,4	561,32	86,51	5,72	145,17	56,85	7,92
Povodie Roňavy	Sad	TTP	Záhrady	Zastavané plochy	Vodná plocha	Železnica	Vinice	SUMA
Plocha (m ²)	1 721 276	19 559 586	5 663 626	4 271 158	74 465	600 123	1 016 330	212 108 794
Objem vodozadržných opatrení (m ³)	21 980	288 843	148 937	154 236	0	15 271	8 400	3 759 198
Objem zadržanej dažďovej vody za rok (m ³)	24 177	375 495	178 724	1 388 126	0	22 907	15 120	7 605 318
Investícia do zmeny manažmentu dažďovej vody v €	293 060	2 098 403	8 012 353	30 356 673	0	274 878	75 600	108 427 766
Získaný vodný zdroj (l/s)	0,767	11,9	5,7	44	0	0,7	0,5	241,2
Zvýšený výpar zo zadržanej dažďovej vody (m ³)	16 118	250 330	119 149	925 418	0	15 271	10 080	5 070 212
Odhadovaná zvýšená produkcia výnosov plodín (€)	6 885	78 238	22 655	0	0	0	4 065	730 887
Zníženie citeľného tepla (GWh)	11,28	175,23	83,4	647,79	0	10,69	7,06	3 549,15
Zníženie aktuálnej letnej teploty (°C)	-0,17	-0,23	-0,37	-3,82	0	-0,45	-0,17	-0,42
Sequestrácia uhlíka (t)	28,23	438,41	208,67	1 620,70	0	26,74	17,65	8 879,53
Návratn. uhlíková povolenka a dažďovné (59€/tonu CO ₂)	175,96	81,13	650,81	20,46	0	11,23	72,58	13,34

6 Záver

Analýzy, aj návrhy tejto štúdie vstupujú do práce vodných rád, ktoré boli založené ako iniciatíva Košického samosprávneho kraja na základe Programu obnovy krajiny. Zároveň sa výstupy štúdie rozvíjajú v rámci projektu Land4Climate, v rámci ktorého sa okrem iného očakáva realizácia vybraných riešení na poľnohospodárskej, lesnej pôde, prípadne v zastavanom území obcí.