

Hodnotenie zraniteľnosti voči dopadom zmeny klímy

1. Vyhodisková situácia a úvod do problematiky

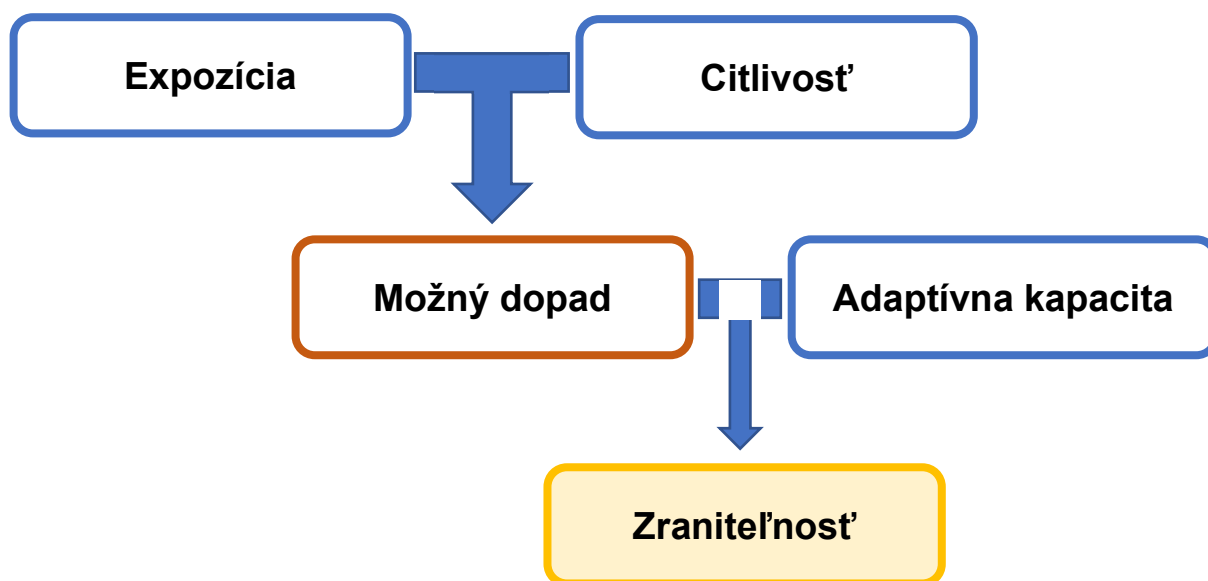
Vyhodnotenie zraniteľnosti je neoddeliteľnou súčasťou tvorby Adaptačnej stratégie a Akčného plánu.

Patrí k analytickým podkladom, na základe ktorých je možné vybrať vhodné adaptačné opatrenia. K vyhodnoteniu zraniteľnosti patrí aj vyhodnotenie rizík, vyplývajúcich z dôsledkov zmeny klímy.

1.1. Princípy

Vo všeobecnosti sa chápe vyhodnotenie zraniteľnosti ako analýza očakávaných dopadov, rizík a adaptívnej kapacity mesta alebo sektoru v kontexte zmeny klímy. Cieľom vyhodnotenia zraniteľnosti je lepšie pochopiť do akého rozsahu a akým spôsobom môže zmena klímy ovplyvniť identifikované oblasti (služby, hospodárstvo, infraštruktúra, zdravie obyvateľstva a pod.), napomáha identifikovať prioritné oblasti pre následné opatrenia a aktivity.

Zraniteľnosť = funkcia [expozícia (+); citlivosť (+); adaptívna kapacita (-)]



Obrázok 1: Konceptný vzťah medzi expozíciou, citlivosťou, adaptívnou kapacitou a zraniteľnosťou (zdroj: podľa Schöter et al., 2005)

Hodnotenie zraniteľnosti je založené na metodickom rámci hodnotenia zraniteľnosti (aj podľa Swart et al., 2012, Fussel a Klein 2006), ktorý zahŕňa tri hlavné komponenty zraniteľnosti:

- **Expozícia/Vystavenie** (exposure) je „charakter a stupeň, do akého je ekosystém vystavený významným výkyvom klímy“, čiže expozíciu voči prejavom zmeny klímy (zahŕňajúce klimatické scenáre).
- **Citlivosť** (sensitivity) teda citlivosť voči vplyvom zmeny klímy, znamená „stupeň, v akom je systém ovplyvnený nepriaznivým alebo priaznivým podnetom vyvolaným stavom klímy“. Citlivosť znamená, že rôzne regióny a skupiny budú na tú istú udalosť reagovať odlišne. Ak je región alebo systém vystavený zmenám v klimatických charakteristikách, ich citlivosť určuje, do akej miery bude región / alebo systém pozitívne alebo negatívne zasiahnutý.



- **Adaptívna kapacita** - Ide o schopnosť systému prispôbiť sa zmene klímy (vrátane výkyvov a extrémnych prejavov klímy), zmierniť potenciálne škody, využiť možnosti alebo vysporiadať sa s následkami (IPCC, 2007), osobitne sú tu zahrnuté socio-ekonomické indikátory popisujúce schopnosť spoločnosti reagovať na meniacu sa klímu.
- **Adaptívna kapacita** je potenciál, resp. schopnosť systému reagovať a prispôbiť sa dopadom zmeny klímy prostredníctvom vyrovnaní sa s negatívnymi konsekvenciami, minimalizovania rozsahu a pravdepodobnosti výskytu možných škôd či využitia nových príležitostí, ktoré nová zmena klímy so sebou prináša. Medzivládny panel pre zmenu klímy (IPCC) v roku 2001 uviedol sedem faktorov, ktoré determinujú adaptívnu kapacitu – dostatok, resp. nedostatok finančných zdrojov, technológie, vzdelávanie, inštitúcie, informácie, infraštruktúra a sociálny kapitál. Nerozlišujú však do akej miery tieto faktory ovplyvňujú aj iné úrovne ako národnú, tzn. regionálnu a lokálnu.

Súčet expozície a citlivosti pre nás predstavuje **možný vplyv a škody zmeny klímy**, ktorý je možné ešte upraviť na základe **adaptívnej kapacity** hodnoteného systému (pozri obr.1).

Zraniteľnosť kľúčových sektorov sa vyhodnocuje za pomoci indikátorov (pozri aj text ďalej). Napríklad: Je dôležité, aby bolo uvažované vždy so zraniteľnosťou niečoho (nejakého systému) na niečo (napr. prívalové zrážky) alebo s ňou spojené škody (napr. povodne).

V súčasnosti existuje viacero prístupov pri určení kľúčových sektorov a oblastí, ktoré môžu byť zraniteľné na zmenu klímy. Vo všeobecnosti sa používa:

- sektorový prístup, (napr. vyhodnotenie zraniteľnosti vodného hospodárstva),
- prístup „možného ohrozenia“ (povodne a záplavy), či vyhodnotenie zraniteľnosti v určenom priestorovom ohraničení, ekonomickom sektore, infraštruktúre či rozličných socio-ekonomických skupinách obyvateľstva,
- ekosystémový prístup, ktorý je založený na integrovanom manažmente a udržateľnom využívaní prírodných zdrojov.

1.2. Vyhodnotenie rizík

Vyhodnotenie rizík napomáha pri stanovení priorít, osobitne pri stanovení opatrení, ktoré je potrebné prioritne realizovať. Pozostáva z vyhodnotenia dôsledkov, ktoré by mal dopad zmeny klímy na daný systém, ako aj z vyhodnotenia pravdepodobnosti, že daný dopad naozaj nastane.

$$\text{Riziko} = \text{dôsledok} \times \text{pravdepodobnosť}$$

Pri vyhodnotení **dôsledkov** je potrebné vziať do úvahy nielen ekonomické škody identifikovaného dopadu zmeny klímy, ale aj environmentálne, sociálne, kultúrne a ďalšie.

Pravdepodobnosť, že daný dopad zmeny klímy nastane je možné vyhodnotiť na základe scenárov vývoja zmeny klímy, ale aj ich prejavov už v súčasnom období, o ktorých sa predpokladá, že sa budú ešte znásobovať.

Pri vyhodnotení dôsledkov a pravdepodobnosti je rovnako možné použiť škálovanie.

A -vysoká hodnota, B - stredne vysoká hodnota, C nízka hodnota

Celkové zhodnotenie zraniteľnosti a rizika dopadu zmeny klímy na daný kľúčový systém je možné vyhodnotiť aj na základe kvalitatívnej interakcie v matici. Výsledkom je kombinácia maticového poradia a váženej analýzy výkonnosti.

	a	b	c
A	Aa	Ab	Ac
B	Ba	Bb	Bc
C	Ca	Cb	Cc

**Návrh indikátorov vyhodnotenia zraniteľnosti dopadov zmeny klímy**

	Citlivosť	Expozícia	Adaptívna kapacita
Oblasť zdravia obyvateľstva, soc. služby	ukazovatele veku, fyzického alebo mentálneho zdravia, % zastavanosti (nepriepustnosti), hustota obyvateľstva, % osamotene žijúcej populácie	environmentálne ukazovatele, vystavenie obyvateľstva letným horúčavám (počet extrémne horúcich dní), podiel zastavaných plôch, vystavenie obyvateľstva ohrozeniu záplavami a víchrom	vzdialenosť a dostupnosť zelene, dobrá zdravotnícka dostupnosť a starostlivosť (napr. počet lôžok na 1000 obyv.), existencia/resp. neexistencia plánu pomoci pri dlhotrvajúcich letných horúčavách (Heatwave plan), prístup k informáciám o zmene klímy, ekonomická sila (HDP), vzdelanosť obyvateľstva, plán manažmentu povodňových rizík, prijaté protipovodňové opatrenia, úroveň vzdelanosti obyvateľstva, úroveň zdravotníckej starostlivosti
Oblasť životné prostredie- časť 1 – zeleň, biodiverzita, lesy	citlivosť zelene a prírodných prvkov – pomocou ich zdravotného stavu alebo veľkosti daného ekosystému, rozsahu ohrozenia	zraniteľnosti prirodzených ekosystémov k dlhotrvajúcemu suchu znamená schopnosť druhov premiestniť sa pri pretrvávajúcích suchách, stav zelene pri posudzovaní expozície a ohrozenie víchricami	vzácnosť alebo ohrozenosť druhov, prípadne ďalšie charakteristiky ekosystémov a ich služieb (napr. úzka špecializácia niektorých ekosystémov), prijaté protipovodňové opatrenia, množstvo prostriedkov pri starostlivosti o zeleň, úroveň zavádzania nových trendov prírode blízkeho manažmentu zelene
Oblasť životné prostredie- časť 2 odpadové hospodárstvo a ovzdušie	citlivosť odpadového hospodárstva – pomocou možného rozsahu dopadu, na aké bude musieť reagovať (časový rozsah dopadu, priestorový rozsah dopadu, dĺžku trvania dopadu, úroveň narušenia vzhľadom k normálnemu stavu..)	hustota obyvateľstva, lokalizácia skládok a environmentálnych záťaží	množstvo dostupných prostriedkov na likvidáciu odpadu, čiernych skládok a likvidácie environmentálnych záťaží, úroveň zavádzania nových trendov a kapacity samosprávy v danej oblasti, legislatívne prostredie a jeho aplikácia v praxi
Oblasť vody a vodné hospodárstvo	pomocou možného rozsahu ohrozenia, na aké bude musieť vodné hospodárstvo reagovať, schopnosť zadržiavania vody v území, využívanie územia, topografia	Podiel odtoku, vodné toky, digitálne terénne modely	množstvo zdrojov, ktoré sa môžu investovať do adaptačných opatrení, úroveň zavádzania nových postupov, kapacity samosprávy v danej oblasti, legislatívne prostredie a jeho aplikácia v praxi



Oblasť energetika	citlivosť energetickej infraštruktúry budov a majetku – pomocou možného rozsahu ohrozenia, na aké budú musieť reagovať	expozícia nielen z hľadiska lokalizácie v záplavovom území, ale aj z hľadiska hustoty zastavanosti	množstvo zdrojov, ktoré sa môžu investovať do adaptačných opatrení, prijaté protipovodňové opatrenia, úroveň informovanosti, úroveň zavádzania nových postupov, kapacity samosprávy v danej oblasti, legislatívne prostredie a jeho aplikácia v praxi
Oblasť urbanizované prostredie, kvalitu obytného prostredia tech. infraštruktúry, územný rozvoj	citlivosť urbanizovaného prostredia, budov a techn. infraštruktúry – pomocou možného rozsahu dopadu ohrozenia, na aké budú musieť reagovať (časový rozsah dopadu, priestorový rozsah dopadu, dĺžka trvania dopadu, úroveň narušenia vzhľadom k normálnemu stavu..), využívanie územia, topografia	kvalita bývania, zateplenie a izolácia budov, expozícia nielen z hľadiska lokalizácie v záplavovom území, z hľadiska hustoty, sídelnej štruktúry a zastavanosti - osobitne lokalizácia v rámci sídla (vplyv tepelného ostrova), stavu okolitej krajiny a jej schopnosti zadržiavať zrážky, množstva a kvality krajinnej zelene, z hľadiska percentuálneho vyjadrenia nepriepustnosti povrchov na verejných priestranstvách	množstvo zdrojov, ktoré sa môžu investovať do adaptačných opatrení, prijaté protipovodňové opatrenia, úroveň poistenia a poisťovníctva
Oblasť doprava a dopravná infraštruktúra	citlivosť cestnej infraštruktúry – pomocou možného rozsahu (časového, priestorového) dopadu ohrozenia, na aké budú musieť reagovať	expozícia nielen z hľadiska lokalizácie v záplavovom území, ale aj z hľadiska zastavanosti územia a nepriepustnosti povrchov, lokalizácia	množstvo zdrojov, ktoré sa môžu investovať do adaptačných opatrení, prijaté protipovodňové opatrenia, úroveň zavádzania nových postupov, kapacity samosprávy v danej oblasti
Oblasť poľn. a produkcia potravín	pomocou úrovne narušenia vzhľadom k normálnemu stavu, podľa citlivosti jedn. plodín na sucho, resp. nároky na závlahu, podľa citlivosti jedn. plodín na extrémny (mráz, jarné mrazy, horúčavy)..	lokalizácia poľn. pôdy v území ohrozenom záplavami, resp. ohrozenom suchom, víchrícami	množstvo zdrojov, ktoré sa môžu investovať do adaptačných opatrení, úroveň zavádzania nových postupov

2. Príklady dobrej praxe

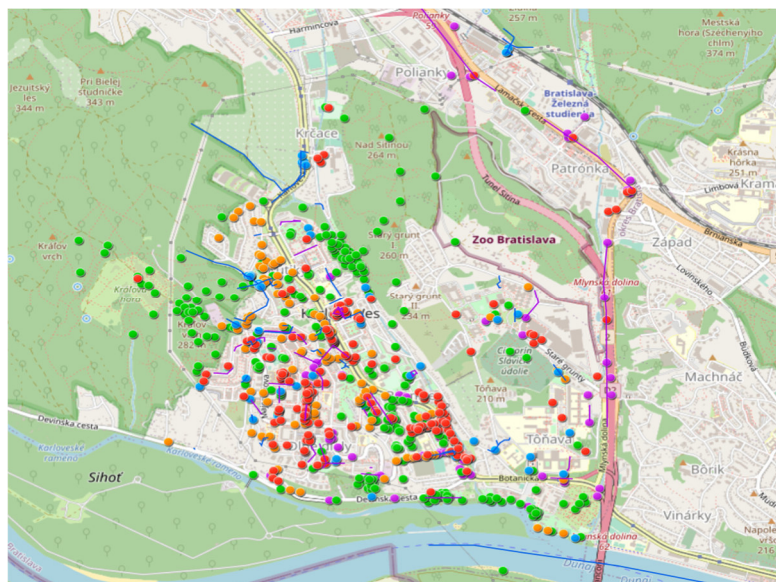
2.1. Slovensko, Bratislava-Karlova Ves, (Hudeková, 2020)

Na základe charakteristiky územia a klimatologického popisu súčasných a očakávaných dopadov zmeny klímy pre územie Mestskej časti Bratislava-Karlova Ves boli za kľúčové dopady zmeny klímy stanovené (Hudeková, 2020):

- **vlny horúčav**, ktorých efekty sú zosilňované efektom mestského tepelného ostrova (pozri teplotnú mapu);
- **povrchové záplavy**, ktoré vznikajú počas a tesne po silných lejakoch/prívalových zrážkach, kedy na zem padne viac ako 20 - 50 mm za hodinu (prípadne viac za kratší čas), resp. po prudkom topení snehu v okolitých vrchoch. Povrchy, resp. kanalizácia nie sú schopné vodu absorbovať (špeciálne v silne urbanizovanom prostredí). Takéto záplavy sú výnimočne nebezpečné, pretože čas a lokalizáciu výskytu krátkych a veľmi intenzívnych zrážok je prakticky nemožné predpovedať (Hudeková, 2020).

Pri vyhodnotení zraniteľnosti na horeuvedené dopady sa vychádzalo z podkladových materiálov od spracovateľov SHMÚ¹ (scenáre a modelovanie teplotného ostrova)², spracovanie zrážkovo odtokového modelu od dodávateľa DHI³. Tieto materiály sú dostupné na stiahnutie na uvedených odkazoch, a ukážky sú na pripojených mapách v texte ďalej.

Okrem uvedených podkladov, ako ďalší vstupný materiál bola vypracovaná aj pocitová mapa, kde obyvatelia identifikovali problematické miesta z pohľadu prehrievania a letných horúčav, ako aj intenzívnych zrážok. Na internetovej adrese mohli obyvatelia vyjadriť akým spôsobom vnímajú jednotlivé lokality v mestskej časti a to posúdením problematickosti alebo naopak príjemného pocitu z nich. Svoje pozorovania do pocitovej mapy zaznamenalo asi 300 Karlovešťanov.



Obrázok 2: Ukážka pocitovej mapy (zdroj: Pociťová mapa KARLOVEJ VSI, odkaz: <https://mapy-karlovaves.hub.arcgis.com/app/cd71df094c454b22992a6dca7430690a>)

¹ Dostupné: <http://odolnesidliska.sk/wp-content/uploads/2019/12/C2-klimaticka-charakteristika-MC-BA-KV-scenare-dopad-zmena-klimy.pdf>

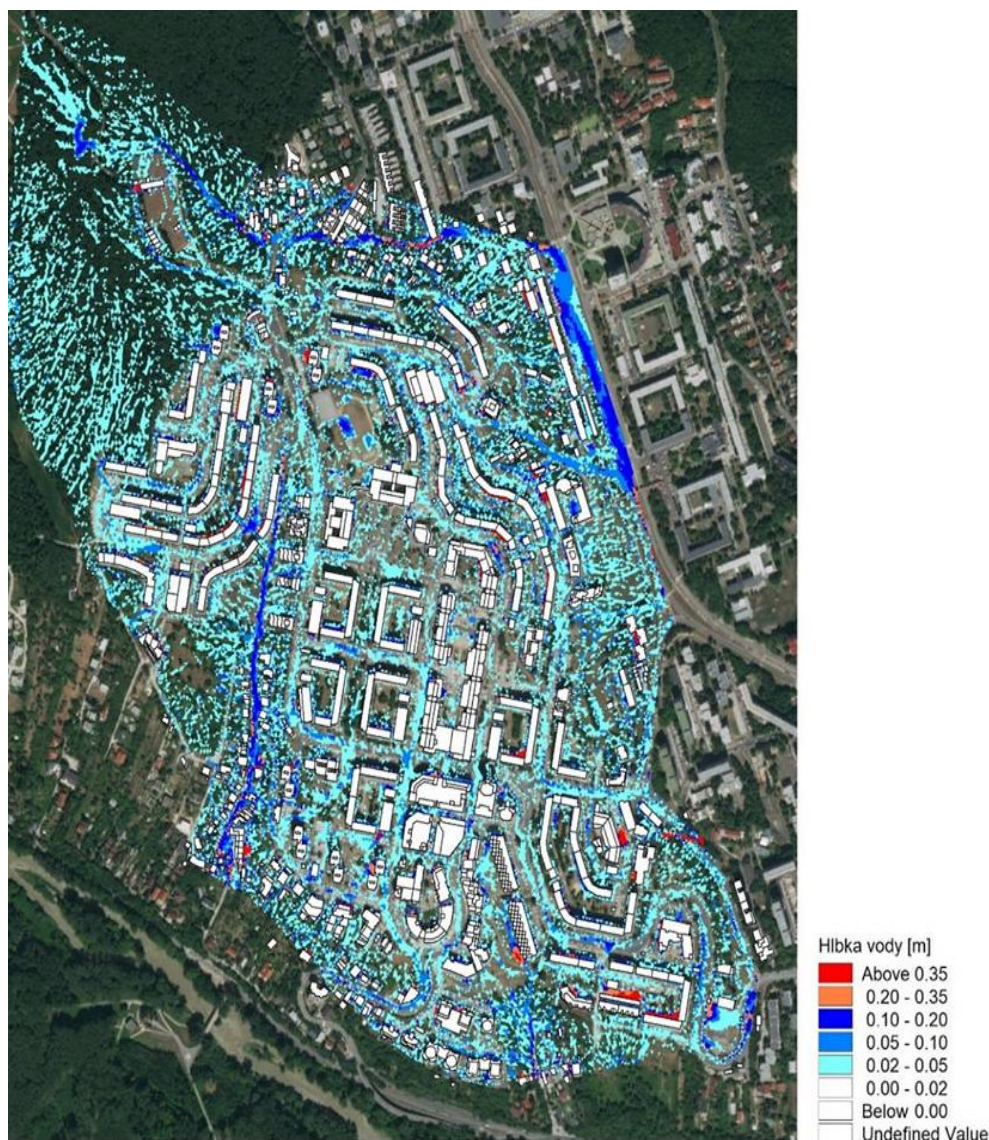
² Dostupné: <http://odolnesidliska.sk/wp-content/uploads/2019/12/C2-studia-modelovania-teplot-mestsky-tepelny-ostrov-MC-BA-KV.pdf>

³ Dostupné: http://www.odolnesidliska.sk/wp-content/uploads/2019/03/DIhe_Diely_dazdova_studia_DHI_odovzdanie_marec2019.pdf

Vyjadrovali sa k tomu, ktoré miesta sú z ich pohľadu problematické pri privalových zrážkach, poľadovici a intenzívnom snežení, ktoré verejné priestory v Karlovej Vsi sú najviac postihnuté horúčavami v letnom období, kde najvýraznejšie pociťujú zlú kvalitu ovzdušia z dôvodu napríklad vysokej prašnosti a silného znečistenia z dopravy či koncentrácie peľových častíc, kde pociťujú problém s intenzívnym vetrom a nepríjemnými vzdušnými prúdmi či vidia dôsledky privalových dažďov. Všetky tieto faktory súvisia so snahou o vyhodnocovanie zmien klímy, nakoľko tieto sa už priamo dotýkajú každodenného života obyvateľov⁴.

2.1.1. Zrážkovo odtokový model MČ Bratislava Karlova Ves

Model zahŕňa simuláciu odtokových trás ako aj namodelovaný intenzívnejší lejak (dažďový scenár s úhrnom 31 mm, trvaním 30 min a s konštantnou intenzitou počas trvania dažďa). Výsledky modelu sú podkladom k vyhodnoteniu zraniteľnosti, aj pre ďalšie riešenie a manažment odtoku dažďových vôd v MČ Karlova Ves. Odtokové trasy sú zaujímavé z pohľadu územného plánovania, ale aj k návrhu na umiestnenie adaptačného opatrenia (napríklad či umiestnenie zasakovacieho rigolu či dažďovej záhrady), alebo pri prednostnom čistení kanálových vpustí. Rovnako umožňuje identifikovať lokality, ktoré sú najviac ohrozené privalovými zrážkami.



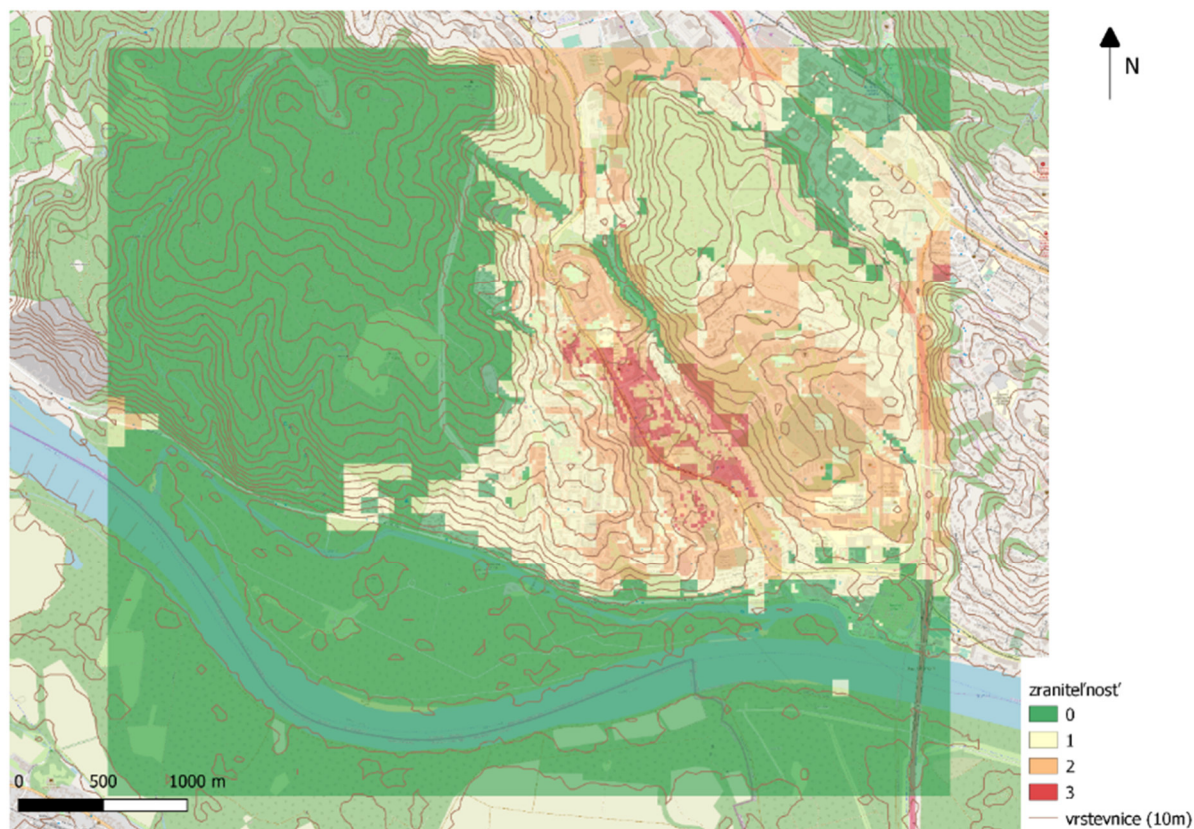
Obrázok 3: Zrážkovo odtokový model (DHI, 2019)

⁴ <https://mapy-karlovaves.hub.arcgis.com/app/cd71df094c454b22992a6dca7430690a>

2.1.2. Teplotná mapa MČ Bratislava Karlova Ves

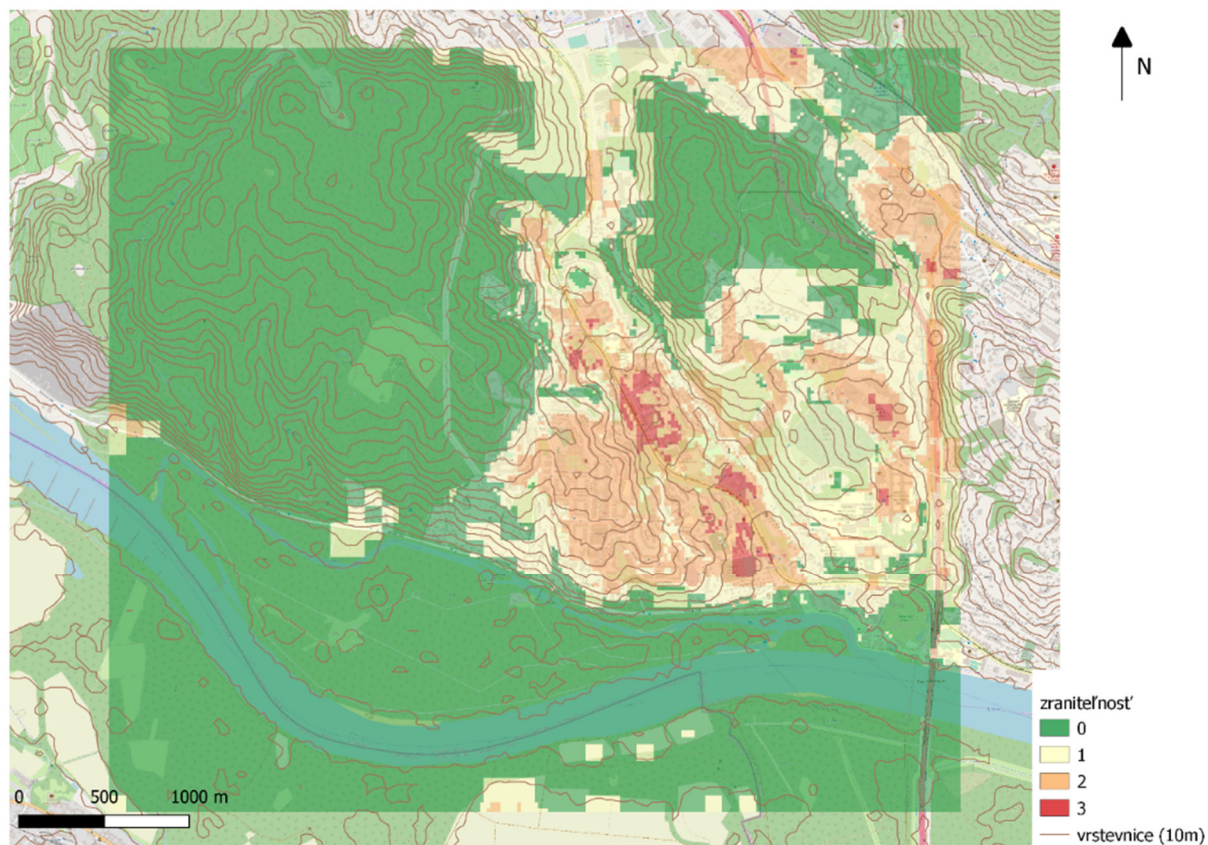
Teplotná mapa je vytvorená viacerými vrstvami, ktorých súčet vytváral celkovú expozíciu mestskej časti vzhľadom k riziku letných horúčav.

Teplotné pomery o 21. hodine poukazovali na prehriate prostredie (teplotný ostrov), a to hlavne v prerušovanom pásme od Jurigovho námestia po MiÚ Karlova Ves, následne na Dlhých dieloch, ako aj na svahoch priľahlých ku Karloveskej ulici a protiahlé svahy smerom k ulici Staré Grunty. Tie síce nie sú zastavané, no dôvodom vyššej teploty je zrejme ich juhozápadná orientácia, kedy sa v poobedných hodinách výrazne prehrievajú.



Obrázok 4: Simulácia teplotných pomerov územia Karlovej Vsi o 21. hodine (zdroj: SHMÚ, 2019)

Najvyššie ohrozenie mestskej časti vzhľadom k riziku letných horúčav sa nachádza v menších ostrovčekovitých areáloch v okolí Molecovej, Jurigovho námestia a MiÚ Karlova Ves. Druhý stupeň ohrozenia zasahuje pomerne veľké územie sídliskových častí Dlhých dielov a Karlovej Vsi. Najmenší stupeň zasahuje aj na územie v blízkosti fakúlt UK a STU a svahy pri Starých Gruntoch. Bez ohrozenia sú najmä lesnaté územia Sihote, Devínskych Karpát a v rámci nich aj Sitiny.



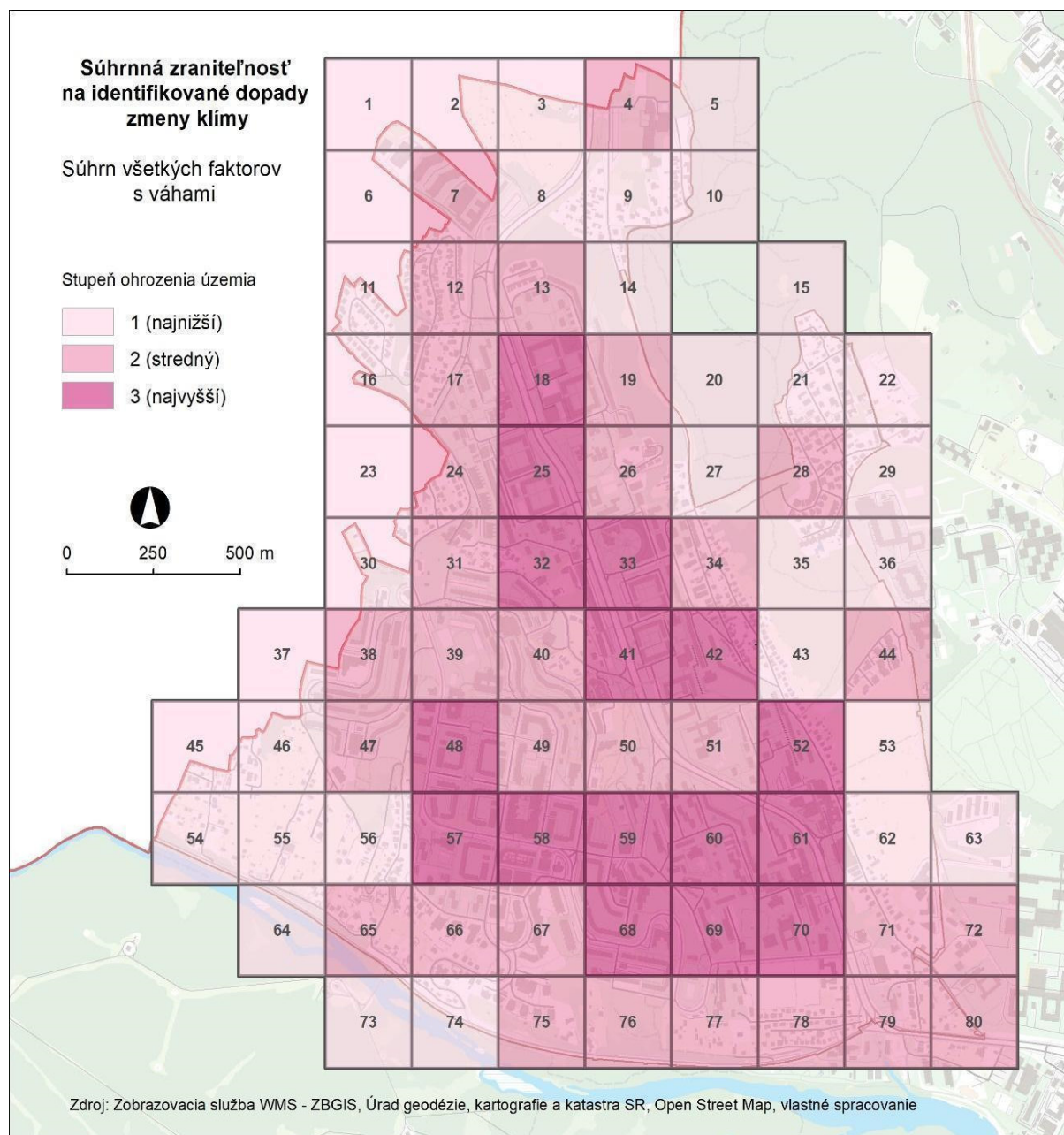
Obrázok 5: Ohrozenie územia Karlovej Vsi vzhľadom k riziku letných horúčav (zdroj: SHMÚ, 2019)

2.1.3. Súhrnná mapa zraniteľnosti MČ Bratislava Karlova Ves

Pri hodnotení súhrnnej zraniteľnosti MČ Bratislava-Karlova Ves sa identifikovali na základe podkladov teplotnej mapy, zrážkovo-odtokového modelu a sady ďalších doplňujúcich indikátorov tie lokality, ktoré sú v najväčšej miere ohrozené prioritnými dopadmi zmeny klímy (vlny horúčav a povrchové záplavy).

Mapa súhrnnej zraniteľnosti MČ Bratislava-Karlova Ves ukazuje najzraniteľnejšie oblasti (štvorce) spolu na oba dopady (vlny horúčav a povrchové záplavy).

Najzraniteľnejšie územie je: časť Sídlička Dlhé diely (najmä základná sídelná jednotka východ a stred), a to najmä z dôvodu vysokej miery zastavanosti a vysokej hustoty obyvateľstva. Ďalej časť Riviéry a sídlisko Kútiky, najmä územie v blízkosti Karloveskej ulice.



Obrázok 6: Ohrozenie identifikovanými dopadmi zmeny klímy (vlny horúčav, povrchové záplavy) (zdroj: WMS-ZBGIS, spracovanie KRI, 20195)

⁵ Zdroj: https://odolnesidliska.sk/wp-content/uploads/2020/11/Akcny-plan_Karlova_Ves_final-1.pdf



Literatúra

European Commission. The Road from Paris: assessing the implications of the Paris Agreement and accompanying the proposal for a Council decision on the signing, on behalf of the European Union, of the Paris agreement adopted under the United Nations Framework Convention on Climate Change, 2016 [cit. 5. 12. 2020]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-110-EN-F1-1.PDF>

Füssel, H.M., Klein, R.J.T., Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking, Climatic Change, 75, 301–329, 2006.

Hudeková, Z. Klimatický akčný plán Mestská časť Bratislava-Karlova Ves 2020 – 2030, 2020, [cit. 5. 12. 2020]. Dostupné z: <https://odolnesidliska.sk/wp-content/uploads/2020/11/Akcny-plan-Karlova-Ves-final-1.pdf>

IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

Konrad, I. Atlas hodnotenia zraniteľnosti a rizík nepriaznivých dôsledkov zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy, Útvar hlavnej architektky hlavného mesta SR Bratislavy v spolupráci s Prírodovedeckou fakultou UK v Bratislave, 2020 [cit. 1. 12. 2020]. Dostupné z: <https://bratislava.blob.core.windows.net/media/Default/Dokumenty/Atlas%20hodnotenia%20zranite%C4%BEnosti.pdf>

Lapin, M. a kol. Súčasná klimatická charakteristika MČ Bratislava-Karlova Ves a popis scenárov dopadov zmeny klímy na riešené územie, 2019, [cit. 5. 12. 2020]. Dostupné z: <http://odolnesidliska.sk/wp-content/uploads/2019/12/C2-klimaticka-charakteristika-MC-BA-KV-scenare-dopad-zmena-klimy.pdf>

Swart R, Fons J, Geertsema W, van Hove B, Gregor M, Havranek M, Jacobs C, Kazmierczak A, Krellenberg K, Kuhlicke C, Peltonen L (2012) Urban vulnerability indicators. ETC-CCA and ETC-SIA Technical Report 01/2012. European topic centre on climate change impacts, vulnerability and adaptation (ETC CCA) and European topic centre on spatial information and analysis (ETC SIA), p. 178