



# HODNOTENIA MIERY RIZIKA A ZRANITEĽNOSTI LÍNIOVÝCH STAVIEB A PRODUKTOVODOV Z HĽADISKA ICH PRIPRAVENOSTI A ZABEZPEČENIA VOČI RIZIKÁM SÚVISIACIM S NEPRIAZNIVÝMI DÔSLEDKAMI ZMENY KLÍMY

Hlavní riešitelia: Tomáš Šembera, Roman Ondrejka, Milan Lapin, Ivan Drevený  
Riešitelia: Ivan Šembera, Martin Mišík, Jozef Holásek, Ľubomír Modrík, Ján Schvarcz

Odborný garant Juraj Bebej

*Projekt "Metodiky pre hodnotenie investičných rizík spojených s nepriaznivými dôsledkami zmeny klímy", kód ITMS 2014+: 310021BSY3 (ďalej len „Projekt“) bol realizovaný na základe Zmluvy o poskytnutí nenávratného finančného príspevku č. OPKZP-PO2-SC211-2019-54/01 zo dňa 09. 11. 2022 (ďalej len „Zmluva o poskytnutí NFP“) v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia (OP KŽP)*



**HODNOTENIA MIERY RIZIKA A ZRANITEĽNOSTI  
LÍNIOVÝCH STAVIEB A PRODUKTOVODOV  
Z HĽADISKA ICH PRIPRAVENOSTI A ZABEZPEČENIA  
VOČI RIZIKÁM SÚVISIACIM  
S NEPRIAZNIVÝMI DÔSLEDKAMI ZMENY KLÍMY**

Hlavní riešitelia: Tomáš Šembera, Roman Ondrejka, Milan Lapin, Ivan Drevený  
Riešitelia: Ivan Šembera, Martin Mišík, Jozef Holásek, Ľubomír Modrík, Ján Schvarcz

Odborný garant Juraj Bebej

**Názov:** Hodnotenie miery rizika a zraniteľnosti líniových stavieb a produktovodov  
z hľadiska ich pripravenosti a zabezpečenia voči rizikám súvisiacim s nepriaznivými dôsledkami  
zmeny klímy

**Hlavní riešitelia:** Mgr. Tomáš Šembera, Ing. Roman Ondrejka, PhD.,  
Prof. RNDr. Milan Lapin CSc., Ing. Ivan Drevený, PhD.

**Riešitelia:** Ing. Ivan Šembera, CSc., Ing. Martin Mišík, PhD., Ing. Jozef Holásek,  
Mgr. Ľubomír Modrík, Ing. Ján Schvarcz

**Odborný garant:** doc. RNDr. Juraj Bebej, CSc.

**Foto na obálke:**

**Foto:**

**Grafická úprava:** Miloslav Hlaváček

**Jazyková úprava:** Publikácia neprešla jazykovými korektúrami

**Vydavateľ:** © Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 24, 975 09 Banská Bystrica

**Vydanie:** I.

**Rok vydania:** 2023

**Počet strán:** 94

**ISBN:**

**Upozornenie:** Texty a fotografie v tejto publikácii sú chránené autorským právom.

Textovo-grafické spracovanie a tlač publikácie bolo realizované v rámci projektu Metodiky pre hodnotenie investičných rizík spojených s nepriaznivými dôsledkami zmeny klímy (ITMS 2014+: 310021BSY3), ktorý je financovaný z Operačného programu Kvalita životného prostredia.



HODNOTENIA MIERY RIZIKA A ZRANITEĽNOSTI  
LÍNIOVÝCH STAVIEB A PRODUKTOVODOV Z HĽADISKA  
ICH PRIPRAVENOSTI A ZABEZPEČENIA VOČI RIZIKÁM  
SÚVISIACIM S NEPRIAZNIVÝMI DÔSLEDKAMI ZMENY  
KLÍMY

2023

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>DOTKNUTÁ INFRAŠTRUKTÚRA V SR OVPLYVNENÁ NEGATÍVNYMI DOPADMI ZMENY KLÍMY .....</b>	<b>8</b>
2.1	CESTNÁ, ŽELEZNIČNÁ A LETECKÁ INFRAŠTRUKTÚRA V SR .....	8
2.1.1	Cestná sieť.....	8
2.1.2	Železničná sieť.....	11
2.1.3	Letiská .....	12
2.2	ELEKTRICKÁ PRENOSOVÁ SÚSTAVA A PRODUKTOVODY V SR .....	15
2.2.1	Elektrická prenosová sústava.....	15
2.2.2	Plynovody.....	17
2.2.3	Ropovody .....	19
<b>3</b>	<b>RIZIKÁ ZMENY KLÍMY INFRAŠTRUKTÚRNYCH LÍNIOVÝCH STAVIEB V SR.....</b>	<b>21</b>
3.1	PREHĽAD LEGISLATÍVY A ĎALŠÍCH RELEVANTNÝCH DOKUMENTOV .....	21
3.2	PREHĽAD DOSTUPNÝCH INFORMÁCIÍ A INFORMAČNÝCH ZDROJOV O NEPRIAZNIVÝCH RIZIKOVÝCH FAKTOROCH SÚVISIACICH SO ZMENOU KLÍMY.....	22
3.3	STRUČNÝ PREHĽAD FYZIKY KLIMATICKÉHO SYSTÉMU ZEME A REGIONÁLNE ŠPECIFIKÁ .....	24
3.4	PREHĽAD MINULÝCH KLIMATICKÝCH POMEROV NA SLOVENSKU .....	24
3.5	SCENÁRE ZMIEN KLÍMY NA SLOVENSKU DO ROKU 2100 .....	28
3.6	MIERA RIZÍK NEGATÍVNYCH DÔSLEDKOV ZMENY KLÍMY S VPLYVOM NA LÍNIOVÉ STAVBY .....	33
3.7	PARAMETRIZÁCIA LÍNIOVÝCH STAVIEB A PRODUKTOVODOV PRE POTREBY HODNOTENIA Z POHĽADU DOPADOV ZMENY KLÍMY A DIGITÁLNEJ EVIDENCIE .....	37
<b>4</b>	<b>IDENTIFIKÁCIA, LOKALIZÁCIA A SUMARIZÁCIA JEDNOTLIVÝCH LÍNIOVÝCH STAVIEB S POTENCIÁLOM OCHRANY ÚZEMIA PRED POVODŇAMI A ZARADENIE TÝCHTO LÍNIÍ K LÍNIIAM OCHRANNÝCH HRÁDZÍ A POLDROV .....</b>	<b>40</b>
4.1	NÁVRH POSTUPU IDENTIFIKÁCIE, LOKALIZÁCIE A SUMARIZÁCIE LÍNIOVÝCH STAVIEB S POTENCIÁLOM OCHRANY ÚZEMIA PRED POVODŇAMI A ZARADENIE TÝCHTO LÍNIÍ K LÍNIIAM OCHRANY HRÁDZÍ A POLDROV .....	42
4.1.1	Identifikácia.....	42
4.1.2	Lokalizácia a sumarizácia .....	49
<b>5</b>	<b>METODICKÉ HODNOTENIE MIERY RIZIKA A ZRANITEĽNOSTI LÍNIOVÝCH STAVIEB A PRODUKTOVODOV Z HĽADISKA ICH PRIPRAVENOSTI A ZABEZPEČENIA VOČI RIZIKÁM SÚVISIACIM SO ZMENOU KLÍMY .....</b>	<b>51</b>
5.1	ZÁKLADNÉ TEORETICKÉ A METODOLOGICKÉ VÝCHODISKÁ .....	51
5.1.1	Základný terminologický aparát problematiky .....	51
5.1.2	Základné teoretické, metodologické a metodické východiská .....	52
5.2	SCHÉMA METODICKÉHO POSTUPU .....	56
5.3	METODIKA HODNOTENIA ZRANITEĽNOSTI A RIZÍK LÍNIOVÝCH INFRAŠTRUKTÚRNYCH STAVIEB A PRODUKTOVODOV V SR .....	58
	<b><i>Prípravná fáza hodnotenia – I. FÁZA .....</i></b>	<b><i>58</i></b>
	Krok 1: Pochopenie súvislosti.....	58
	Krok 2: Stanovenie cieľov hodnotenia a očakávaných výsledkov .....	59
	Krok 3: Zostavenie hodnotiaceho tímu .....	59
	Krok 4: Stanovenie rozsahu hodnotenia .....	60
	Krok 5: Príprava realizačného plánu hodnotenia .....	61
	<b><i>Realizačná fáza hodnotenia – II. FÁZA .....</i></b>	<b><i>62</i></b>
	<b>I. ANALÝZA CITLIVOSTI .....</b>	<b>62</b>

Krok 6: Identifikácia relevantných prírodných rizík líniovej stavby.....	62
Krok 7: Identifikácia potenciálne citlivých prvkov.....	63
Krok 8: Skrining potenciálnych negatívnych dopadov.....	64
Krok 9: Analýza ukazovateľov citlivosti .....	67
Krok 10: Vyhodnotenie citlivosti .....	68
<b>II. ANALÝZA EXPOZÍCIE .....</b>	<b>69</b>
Krok 11: Charakteristika súčasnej úrovne rizikových faktorov.....	69
Krok 12: Charakteristika očakávanej úrovne rizikových faktorov .....	70
Krok 13: Analýza ukazovateľov expozície .....	70
Krok 14: Vyhodnotenie expozície .....	71
<b>III. HODNOTENIE ZRANITEĽNOSTI .....</b>	<b>72</b>
Krok 15: Identifikácia potenciálnych dopadov .....	72
Krok 16: Identifikácia adaptačnej kapacity.....	74
Krok 17: Normalizácia a váženie ukazovateľov zraniteľnosti .....	74
Krok 18: agregácia ukazovateľov zraniteľnosti.....	75
Krok 19: Vyhodnotenie zraniteľnosti.....	76
<b>IV. HODNOTENIE RIZÍK .....</b>	<b>77</b>
Krok 20: Identifikácia a pochopenie rizík .....	77
Krok 21: Analýza pravdepodobnosti vzniku nežiaducej udalosti .....	77
Krok 22: Analýza závažnosti dôsledkov .....	78
Krok 23: Vyhodnotenie rizík .....	79
<b>Záverečná syntéza hodnotenia – III. FÁZA.....</b>	<b>81</b>
Krok 24: správa o hodnotení zraniteľnosti a rizík.....	81
Krok 25: Prezentácia a diseminácia výsledkov hodnotenia .....	81
Krok 26: Monitorovanie a kontrola .....	82
<b>6 ZÁVER.....</b>	<b>83</b>
<b>PRÍLOHY: .....</b>	<b>84</b>
<b>7 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>85</b>

## ZOZNAM SKRATIEK

SKRATKA	VYSVETLENIE
A	Rakúsko
CDIAC	Carbon Dioxide Information and Analysis Center (Centrum informácií a analýzy oxidu uhličitého)
CVRA	Climate Vulnerability and Risk Assessment (Hodnotenie zraniteľnosti a posudzovanie rizík)
ČR	Česká republika
DG CLIMA	Directorate-General Climate Action (Generálne riaditeľstvo pre oblasť klímy)
E	Medzinárodná sieť ciest
EA	Ekonomická analýza
EK	Európska komisia
EP	Európsky parlament
EÚ	Európska únia
GISS	Goddard Institute for Space Studies (Goddardov inštitút pre kozmický výskum)
GWI	Global warming index (Index globálneho otepľovania)
HadCRUT	Hadley Centre/Climatic Research Unit Temperature (globálny teplotný dataset)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Medzivládny panel o zmene klímy)
ISO	International Organization for Standardization (Medzinárodná organizácia pre štandardizáciu)
KKP	Kľúčové klimatické premenné
km	Kilometer
ks	Kus
kV	kilovolt
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry (Využívanie pôdy, zmeny využívania pôdy a lesníctvo)
m	Meter
m.j.	merná jednotka
MR	Maďarská republika
MVA	Megavolt-ampér
MŽP SR	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Národný úrad pre letectvo a vesmír)
NDS	Národná diaľničná spoločnosť
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (Národný úrad pre oceán a atmosféru)
NUS SR	Nízkouhlíková stratégia Slovenskej republiky
OSN	Organizácia spojených národov
ppm	Parts per million (počet milióntin, počet častíc z milióna)
PR	Poľská republika
SEPS	Slovenská elektrizačná prenosová sústava
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
SPP	Slovenský plynárenský priemysel, a.s.
SR	Slovenská republika
SSC	Slovenská správa ciest
STN	Slovenská technická norma
TEM	Transeurópska cestná magistrála
TEN-T	Multimodálna transeurópska dopravná sieť
UA	Ukrajina
VSV	Viacsystémové vedenia
WMO	World Meteorological Organization (Svetová meteorologická organizácia)
Z. z.	Zbierka zákonov
Zb.	Zbierka
ŽSR	Železnice Slovenskej republiky

## ZOZNAM TABULIEK

Tab. 2-1	Dĺžka diaľnic a ciest (Zdroj: SSC, 2023) .....	8
Tab. 2-2	Počet mostov podľa druhu CK (Zdroj: SSC, 2023).....	10
Tab. 2-3	Spravovaná železničná sieť (Zdroj: ŽSR, 2023) .....	11
Tab. 2-4	Zoznam letísk v SR (Zdroj: Dopravný úrad, 2023).....	14
Tab. 2-5	Vonkajšie elektrické vedenia – počet stožiarov (Zdroj: SEPS, 2022) .....	16
Tab. 2-6	Elektrické stanice (Zdroj: SEPS, 2022).....	16
Tab. 2-7	Sieťové transformátory (Zdroj: SEPS, 2022) .....	16
Tab. 2-8	Vonkajšie elektrické vedenia – dĺžky vedení v km (Zdroj: SEPS, 2022) .....	16
Tab. 3-1	Odchýlky mesačných priemerov teploty vzduchu ( $dT$ v °C), kvocienty mesačných priemerov tlaku vodnej pary ( $q_e$ ) a kvocienty mesačných úhrnov zrážok ( $q_R$ ) v časovom horizonte roku 2075 (priemer z obdobia 2051-2100) v porovnaní s priemerom obdobia 1951-1980 podľa scenárov CGCM3.1-B1, CGCM3.1-A2, KNMI-A1B a MPI-A1B pre meteorologickú stanicu Sliač, letisko (B1, A2 a A1B sú tzv. SRES emisné scenáre podľa IPCC, kvocient 1,30 znamená 30 % nárastu).....	29
Tab. 3-2	Mesačné a sezónne priemery teploty vzduchu na meteorologickej stanici SHMÚ Bratislava, letisko ( $d_1$ je rozdiel priemerov (1991-2020) a (1961-1990) v °C, $d_2$ priemerov (1991-2020) a (1931-1960) v °C a $d_3$ (1961-1990) a (1931-1960) v °C, 1991-2020 podľa údajov SHMÚ, ostatné podľa publikovaných výsledkov spracovania).....	30
Tab. 3-3	Mesačné a sezónne priemery úhrnov zrážok na meteorologickej stanici SHMÚ Bratislava letisko ( $q_1$ je kvocient priemerov (1991-2020) a (1961-1990) v %, $q_2$ priemerov (1991-2020) a (1931-1960) v % a $q_3$ (1961-1990) a (1931-1960) v %, 1991-2020 podľa údajov SHMÚ, ostatné podľa publikovaných výsledkov spracovania).....	30
Tab. 5-1	Príklady potenciálnych dopadov rizík vyplývajúcich zo zmeny klímy na líniové stavby a produktovody .....	66
Tab. 5-2	Príklad analýzy prahových hodnôt citlivosti .....	67
Tab. 5-3	Hodnotiaca stupnica konštrukčnej a prevádzkovej citlivosti .....	68
Tab. 5-4	Hodnotiaca stupnica expozície projektu .....	71
Tab. 5-5	Príklad - výsledná matica zraniteľnosti pre skrining zraniteľnosti.....	76
Tab. 5-6	Hodnotiaca stupnica pre vyjadrenie pravdepodobnosti výskytu javu (Zdroj: DG CLIMA, 2013); .....	78
Tab. 5-7	Hodnotiaca stupnica pre vyjadrenie závažnosti dôsledkov (Zdroj: DG CLIMA, 2013); .....	78
Tab. 5-8	Hodnotiaca stupnica pre vyjadrenie závažnosti dôsledkov v rôznych oblastiach (Zdroj: DG CLIMA, 2013) .....	79
Tab. 5-9	Príklad - výsledná matica rizík.....	80



## ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 2-1	Prehľad diaľničnej siete a siete rýchlostných ciest v SR (Zdroj: NDS, 2023).....	9
Obr. 2-2	Železničná sieť SR (Zdroj: ŽSR, 2023).....	12
Obr. 2-3	Mapa prenosovej sústavy v SR (Zdroj: SEPS, 2023).....	17
Obr. 2-4	Mapa distribučnej siete plynovodov v SR (Zdroj: SPP, 2023).....	18
Obr. 2-5	Dĺžka distribučnej siete plynovodov a členenie plynovodov (Zdroj: SPP, 2023).....	19
Obr. 2-6	Ropovodná sieť SR (Zdroj: Transpetrol, 2023).....	20
Obr. 3-1	31-ročné sezónne kĺzavé priemery teploty vzduchu vo Viedni Hohe-Warte v období 1775-2022 ako odchýlky od dlhodobého priemeru (DP) z obdobia 1901-2000 (Zdroj: ZAMG Wien). ....	25
Obr. 3-2	Odchýlky ročných priemerov teploty vzduchu na Slovensku od dlhodobého priemeru z obdobia 1901-2000 a % dlhodobého priemeru ročných úhrnov zrážok na Slovensku v porovnaní s dlhodobým priemerom z obdobia 1901-1990 (podľa údajov SHMÚ) .....	26
Obr. 3-3	Klimatické oblasti na Slovensku (1961-1990) – výrez z mapy v Atlase krajiny Slovensko (2002) .....	26
Obr. 3-4	Priemerné hodnoty klimatického ukazovateľa zavláženia na Slovensku v období 1961-1990 (Atlas krajiny Slovensko, 2002).....	27
Obr. 3-5	Ročné maximá 5-denných úhrnov zrážok s pravdepodobnosťou prekročenia raz za 100 rokov (Lapin et al. 2005) 27	27
Obr. 3-6	Scenáre ročných priemerov teploty vzduchu v °C pre Bratislavu, letisko podľa modelov CGCM3.1 (Kanada, C_A1B, C_A2, C_B1) a ECHAM5 (Nemecko, E_A2, E_B1) a emisných scenárov IPCC SRES A2 (červené), IPCC SRES B1 (modré) a IPCC SRES A1B (čierne) .....	29
Obr. 3-7	Počet tropických dní (žlté, s maximom teploty $T \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) a supertropických dní (červené, s maximom teploty $T \geq 35^{\circ}\text{C}$ ) v Hurbanove za roky 1951-2023 (podľa údajov SHMÚ) .....	31
Obr. 3-8	Merané hodnoty a stredne pesimistický scenár vývoja počtu tropických dní (s denným maximom teploty vzduchu $T \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) podľa modelu ECHAM5, emisný scenár IPCC SRES A2 .....	32
Obr. 3-9	Odchýlky priemernej teploty vzduchu v °C za 3-mesačné obdobie VIII-X.1940-2023 od DP 1951-2000 v časti Európy bez Škandinávie a Ruska podľa vyhodnotenia údajov ERA5 v ECMWF (Climate-Reanalyzer, 2023). ....	37
Obr. 4-1	Mapový portál Slovenského vodohospodárskeho podniku .....	42
Obr. 4-2	Mapový portál Európskej komisie .....	43
Obr. 4-3	Digitálny model reliéfu .....	44
Obr. 4-4	Téma Dopravné siete (Transport networks) .....	44
Obr. 4-5	Téma Hydrografia (Hydrography).....	45
Obr. 4-6	Trasy povrchového odtoku vody .....	45
Obr. 4-7	Teleso železnice ako líniová stavba s potenciálom ochrany územie pred povodňami .....	46
Obr. 4-8	Teleso železnice ako líniová stavba s potenciálom ochrany územie pred povodňami .....	46
Obr. 4-9	Teleso železnice ako líniová stavba s potenciálom ochrany územie pred povodňami .....	47
Obr. 4-10	Teleso cesty ako líniová stavba s potenciálom ochrany územie pred povodňami.....	47
Obr. 4-11	Teleso cesty ako líniová stavba s potenciálom ochrany územie pred povodňami.....	48
Obr. 4-12	Teleso cesty ako líniová stavba s potenciálom ochrany územie pred povodňami.....	48
Obr. 5-1	Miesto a úloha metodickéj príručky v kontexte adaptácie na zmenu klímy a životného cyklu projektu (Zdroj: vlastné spracovanie) .....	52
Obr. 5-2	Prehľad procesov k dosiahnutiu odolnosti infraštruktúrnych projektov voči rizikám súvisiacim so zmenou klímy (Zdroj: Európska komisia, 2021).....	53
Obr. 5-3	Základný teoretický rámec zraniteľnosti (Zdroj: IPCC, 2007) .....	54
Obr. 5-4	Posudzovanie rizík v rámci procesu riadenia rizika podľa ISO 31000 (Zdroj: Európska komisia, 2010).. ..	54
Obr. 5-5	Posudzovanie rizík v rámci procesu riadenia rizika podľa ISO 31000 (Zdroj: FHA, 2017) .....	55
Obr. 5-6	Potenciálny dopad (zraniteľnosť, riziko) podľa konštrukčnej a prevádzkovej citlivosti .....	73

# 1 ÚVOD

Líniové stavby a produktovody sú neoddeliteľnou súčasťou hospodárstva spoločnosti a zohrávajú dôležitú úlohu v každodennom živote ľudí a podnikov. Globálna zmena klímy zvýšila početnosť extrémnych javov počasia a je jedným z globálnych environmentálnych problémov, ktorým súčasná spoločnosť musí čeliť.

Opatrenia zamerané na zvýšenie odolnosti líniových stavieb a produktovodov na zmenu klímy sa stávajú aktuálnymi a je nevyhnutné ich premietnuť do prípravy stavieb ako aj ich bežnej prevádzky. Väčšina účinkov súvisí s extrémnymi poveternostnými a hydrologickými udalosťami, ktoré v dôsledku klimatických zmien sa budú v budúcnosti vyskytovať častejšie. Hodnotenie citlivosti a zraniteľnosti líniových stavieb a produktovodov je dôležitým krokom pri hodnotení pripravenosti a zabezpečení stavieb voči rizikám klimatickej zmeny.

Problematika adaptácie nielen existujúcich, ale aj pripravovaných investičných projektov nežiaducim dopadom zmeny klímy je vzhľadom na aktuálne klimatické hrozby v súčasnosti primárnou témou celosvetovo vedených odborných diskusií zo strany subjektov zapojených v procese investičného rozhodovania vo všetkých sektoroch hospodárstva.

V tejto súvislosti je potrebné zobrať sa aktuálnymi otázkami vhodnej integrácie hodnotenia rizík súvisiacich so zmenou klímy do životného cyklu projektu tak, aby stavba počas obdobia svojej technickej životnosti bola nielen prevádzkovo spôsobilá, ale zároveň v plnej miere a bez narušenia integrity dokázala odolať účinkom rizikových činiteľov prírodných rizík, ktorých extrémne prejavy sa v dôsledku zmeny klímy očakávajú v najbližších desaťročiach.

Z hľadiska preukázaných nežiaducich dopadov zmeny klímy v podobe nárastu extrémnych prejavov počasia je v súčasnosti pri projektovaní stavieb kladený dôraz na zabezpečenie ich stavebnej a prevádzkovej odolnosti na v budúcnosti očakávanú úroveň rizikových faktorov prírodných rizík v horizonte technickej životnosti stavby aj nad rámec normatívne stanovených požiadaviek. Vzhľadom na to, že pri projektoch infraštruktúrnych stavieb pripravovaných v minulosti neboli riziká súvisiace so zmenou klímy zohľadnené, správcovia sú vzhľadom na aktuálnosť problematiky nútení vykonávať skríning rizík v podobe hodnotenia ich zraniteľnosti s dopadom na prijímanie adaptívnych opatrení.

Dodatočné posúdenie rizík z hľadiska zmeny klímy však prináša určité riziká súvisiace s nedostatočne dimenzovanou predchádzajúcou úrovňou odolnosti stavby s potenciálne negatívnym dopadom na rozsah finančného krytia a technickú a časovú náročnosť prípadnej realizácie protiopatrení. Zvýšené nároky vo vzťahu k zmene klímy vyplývajúce z potreby rozšírenej odolnosti stavby môžu v prípade nových projektov indukovať potrebu prepracovania projektovej dokumentácie ako celku alebo jej parciálnych častí vo vzťahu ku konkrétnym stavebným objektom.

Analytická časť metodologickej príručky a samotná metodická príručka, ktorá je súčasťou štúdie „Hodnotenia miery rizika a zraniteľnosti líniových stavieb a produktovodov z hľadiska ich pripravenosti a zabezpečenia voči rizikám súvisiacim s nepriaznivými dôsledkami zmeny klímy“ bola spracovaná na základe zmluvy SAŽP SE/2023/173.

Objednávateľ: Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica

Spracovateľ: EKOJET, s.r.o., Tehelná 19, 831 03 Bratislava

Hlavní riešitelia: Mgr. Tomáš Šembera, Ing. Roman ONDREJKA, PhD., Prof. RNDr. Milan Lapin CSc. , Ing. Ivan Drevený, PhD.

Riešitelia: Ing. Ivan Šembera, CSc., Ing. Martin Mišík, PhD., Ing. Jozef Holásek, Mgr. Ľubomír Modrík, Ing. Ján Schvarcz

# 2 DOTKNUTÁ OVPLYVNENÁ ZMENY KLÍMY

# INFRAŠTRUKTÚRA NEGATÍVNymi DOPADMI

# V SR

## 2.1 CESTNÁ, ŽELEZNIČNÁ A LETECKÁ INFRAŠTRUKTÚRA V SR

Doprava zabezpečuje komplexnú obsluhu územia štátu a riadne fungovanie hospodárstva v krajine. Výrazne ovplyvňuje sociálny a ekonomický rozvoj a rast životnej úrovne, zvyšuje konkurencieschopnosť krajiny a jej jednotlivých regiónov, prispieva k odstraňovaniu nezamestnanosti a napomáha znižovať rozdiely medzi regiónmi. Doprava je dennou potrebou spoločnosti, pretože zabezpečuje mobilitu obyvateľstva a prepravou tovarov z miesta ich výroby na miesto spotreby uspokojuje základné potreby ľudskej spoločnosti. Najdôležitejšou úlohou v oblasti dopravnej infraštruktúry je vytvoriť

### 2.1.1 Cestná sieť

Mód cestnej dopravy má veľký význam pre hospodársky rast, mobilitu pracovných síl ako aj konkurencieschopnosť v rámci medzinárodnej delby dopravnej práce. Cestná infraštruktúra je jedným z kľúčových faktorov, ktoré významne ovplyvňujú ekonomický rozvoj a priestorové usporiadanie štátu. Diaľnice a rýchlостné cesty sa budujú ako pozemné komunikácie smerovo rozdelené s obmedzeným pripojením a prístupom, vyhradené len pre motorové vozidlá s určenou povolenou rýchlosťou podľa osobitného predpisu, s mimoúrovňovými kríženiami a križovatkami s ostatnými komunikáciami. Cesty I. triedy majú význam najmä pre medzinárodnú a celoštátnu dopravu a označujú sa dvojmiestnym číslom. Zabezpečujú bez prerušenia vzájomné prepojenie sídiel krajov a prepojenia hraničných priechodov. Sú v správe SSC. Po cestách I. triedy vedú medzinárodné dopravné trasy TEN-T a cesty s medzinárodnou dopravou E okrem úsekov, v ktorých túto funkciu prevzali už vybudované úseky diaľnic a rýchlостných ciest. Rovnako sú súčasťou transeurópskej siete magistrál TEM. Cesty II. triedy

spoľahlivú dopravnú sieť, ktorá bude spájať jednotlivé regióny a vytvorí predpoklady pre kvalitné poskytovanie prepravných služieb. V rámci tejto úlohy je dôležité aj zabezpečenie začlenenia do európskych dopravných štruktúr a zníženie negatívnych účinkov dopravy na životné prostredie. Zoznam sieťových prvkov dopravných systémov cestnej, železničnej a leteckej dopravy je uvedený v nasledujúcich podkapitolách.

majú význam najmä pre dopravu medzi krajmi a okresmi a označujú sa trojmiestnym číslom. Cesty III. triedy majú spravidla miestny význam a označujú sa štvormiestnym podľa číselného označenia najbližšej cesty II. triedy, výnimočne I. triedy. Spájajú obce s cestou I. alebo II. triedy, ak obce ležia mimo nich a dopĺňajú cestnú sieť ekonomicky a dopravne zdôvodnenými cestnými prepojeniami. Spravovanú dĺžku jednotlivých ciest a diaľnic interpretuje nasledujúca tabuľka.

Tab. 2-1 Dĺžka diaľnic a ciest (Zdroj: SSC, 2023)

Dĺžka ciest a diaľnic	m.j.	1/2023
Diaľnice a rýchlостné cesty	km	861,2
Cesty I. triedy	km	3 336,6
Cesty II. triedy	km	3 625,0

Dĺžka ciest a diaľnic	m.j.	1/2023
Cesty III. triedy	km	10 333,7
Celková dĺžka ciest, diaľnic a RC	km	18 156,5

## Sieť diaľnic a rýchlostných ciest

Podľa zákona č. 135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon v znení neskorších predpisov) § 3d Vlastníctvo a správa pozemných komunikácií správu pozemných komunikácií vykonáva, ak ide o diaľnice, cesty pre motorové vozidlá (rýchlostné komunikácie) a cesty podľa schváleného plánu rozvoja diaľnic a ciest vo vlastníctve štátu, Národná diaľničná spoločnosť, a. s. Tá realizuje komplexný diaľničný program, ktorý schvaľuje vláda SR. K strategickým cieľom dopravnej politiky patrí stabilizácia polohy trás diaľnic a rýchlostných ciest v území so zohľadnením širších medzinárodných aj vnútroštátnych súvislostí, najmä dopravných ťahov, ktoré sú súčasťou európskych multimodálnych koridorov (TEN-T). Tie sú premietnuté aj do investičného plánu správcu.

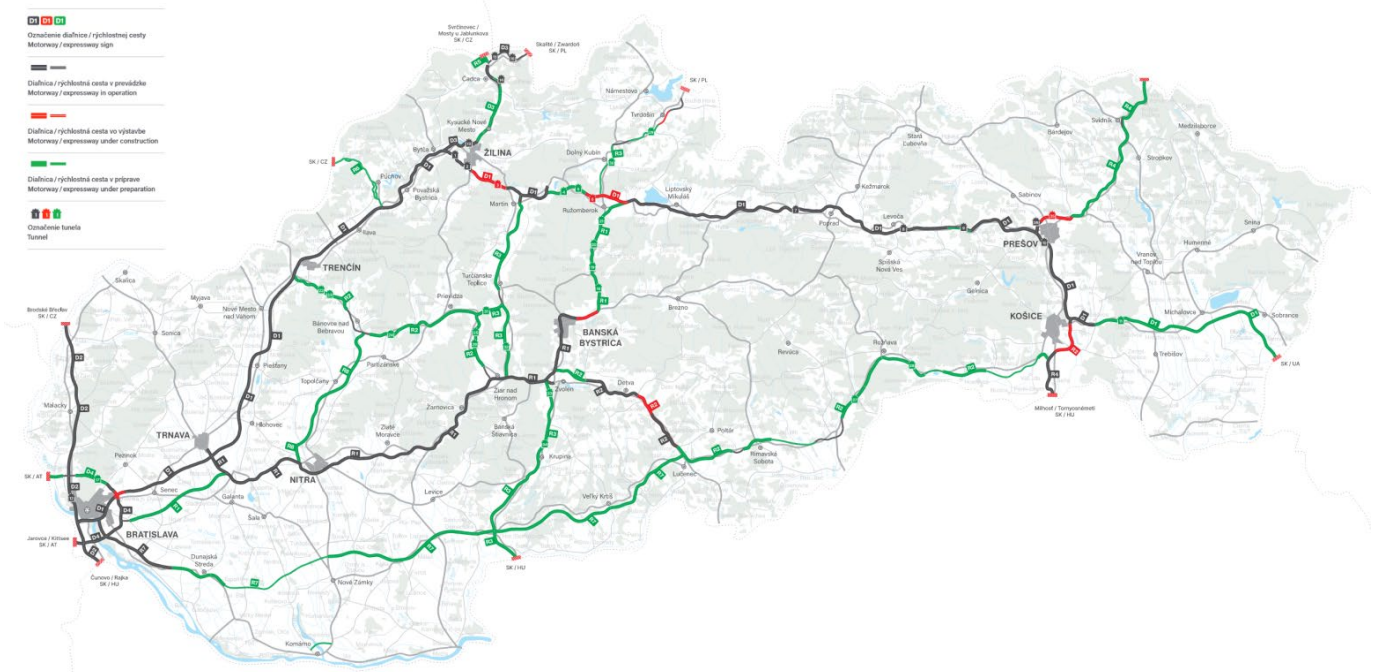
Diaľnice

- D1 Bratislava (Petržalka - križovatka s D2) - Trnava - Trenčín - Žilina - Prešov - Košice - štátna hranica SR/UA
- D2 štátna hranica ČR/SR - Kúty - Malacky - Bratislava - štátna hranica SR/MR

- D3 Žilina - Kysucké Nové Mesto - Čadca - Skalité - štátna hranica SR/PR
- D4 štátna hranica Rakúsko/SR - Bratislava - križovatka D2 Jarovce - križovatka Rovinka - križovatka s D1 Ivanka pri Dunaji-sever - križovatka s cestou II/502 - križovatka s cestou I/2 - križovatka s D2 Stupava juh - štátna hranica SR/A

Rýchlostné cesty

- R1 Trnava - Nitra - Žarnovica - Žiar nad Hronom - Zvolen - Banská Bystrica - Ružomberok
- R2 križovatka s D1 Trenčín - Prievidza - Žiar nad Hronom - Zvolen - Lučenec - Rimavská Sobota - Rožňava - Košice
- R3 štátna hranica MR/SR Šahy - Zvolen - Žiar nad Hronom - Turčianske Teplice - Martin - Kraľovany - Dolný Kubín - Trstená - štátna hranica SR/PR
- R4 štátna hranica MR/SR - Milhošť - Košice - Prešov - Svidník - štátna hranica SR/PR
- R5 štátna hranica ČR/SR Svrčinovec - križovatka s D3
- R6 štátna hranica ČR/SR Lysá pod Makytou - Púchov - Beluša
- R7 Bratislava - Dunajská Streda - Nové Zámky - Veľký Krtíš - Lučenec
- R8 Nitra - Topoľčany - Hradište - križovatka s R2



Obr. 2-1 Prehľad diaľničnej siete a siete rýchlostných ciest v SR (Zdroj: NDS, 2023)

## Cesty I., II. a III. triedy

Podľa zákona č. 135/1961 Zb. správu pozemných komunikácií vykonávajú, ak ide o cesty vo vlastníctve štátu okrem ich prejazdnych úsekov cez colné priestory, právnické osoby na tento účel zriadené ministerstvom (Slovenská správa ciest), v prípade ak ide o cesty vo vlastníctve samosprávneho kraja, samosprávny kraj, prípadne právnické osoby ním na tento účel založené alebo zriadené, ak ide o prejazdne úseky ciest vo vlastníctve obce, o miestne komunikácie a účelové komunikácie vo vlastníctve obce - obce, prípadne právnické osoby nimi na tento účel založené alebo zriadené, ak ide o prejazdne úseky cez colné priestory - príslušné colné orgány po dohode s cestným správnym orgánom a správcom diaľnice alebo cesty vedúcej k hraničnému priechodu.

Slovenská správa ciest (SSC) je samostatná rozpočtová organizácia zriadená 1.1.1996 Ministerstvom dopravy, pôšt a telekomunikácií Slovenskej republiky, ktorá má svoje regionálne zastúpenie prostredníctvom dislokovaných organizačných zložiek pod jednotným názvom Investičná výstavba a správa ciest (IVSC). Prostredníctvom podriadených organizačných zložiek IVSC – Bratislava, Banská Bystrica, Košice a Žilina je zabezpečovaná najmä investičná príprava a výstavba ciest I. triedy a ich údržba.

Hlavnou úlohou Slovenskej správy ciest je správa ciest I. triedy a cestných pozemkov vo vlastníctve štátu a výkon s tým súvisiacich činností ako je zabezpečovanie investičnej prípravy a výstavby ciest I. triedy a ich údržby. Okrem ďalších činností vykonáva centrálnu technickú evidenciu cestných komunikácií. Plní úlohy majetkovej správy ciest I. triedy, zabezpečuje údržbu a opravy ciest I. triedy a mostov.

SSC spravuje cesty I. triedy v majetku štátu s celkovou dĺžkou 3 336,6 km. Pri výkone správy a údržby sa riadi všeobecne záväznými právnymi predpismi, technickými normami a špecifickými technickými podmienkami.

V zmysle zákona č. 416/2001 Z. z. o prechode niektorých pôsobností z orgánov štátnej správy na obce a vyššie územné celky v znení neskorších predpisov a zákona č. 135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon) v znení neskorších predpisov Slovenská správa ciest k 1. januáru 2004 delimitovala cesty II. a III. triedy na vyššie územné celky/samosprávne kraje.

Cestná sieť na úrovni regiónov je tvorená najmä komunikáciami II. a III. triedy doplnená o sieť miestnych komunikácií. Cestné komunikácie II. a III. triedy zabezpečujú dopravné napojenie regiónov Slovenska na hlavnú a následne medzinárodnú cestnú sieť. Tým zabezpečujú mobilitu tovaru, obyvateľstva a zaisťujú hospodársky rast regiónov. Cestné komunikácie II. a III. triedy sú významnými spojnicami vzájomného prepojenia jednotlivých sídiel regiónov a v niektorých prípadoch zabezpečujú v podmienkach SR jediné dopravné spojenia obcí so strediskami priemyslu, ekonomiky, a vzdelania. Ako súčasť cestnej siete je význam týchto cestných komunikácií je pre potreby rozvoja regiónov nespochybniteľný. Výkon správy a údržby na infraštruktúre ciest II. a III. triedy v majetku jednotlivých vyšších územných celkov v rozsahu takmer 14 tis. km zabezpečujú špecializované regionálne správy ciest zriadené pre tento účel.

## Mostné objekty

Významnými prvkami cestnej siete z pohľadu hodnotenia dopadov zmeny klímy na prevádzkyschopnosť infraštruktúry sú inžinierske stavby, predovšetkým mostné objekty. V nasledujúcej tabuľke je uvedený prehľad mostov podľa jednotlivých správcov ciest a diaľnic.

Tab. 2-2 Počet mostov podľa druhu CK (Zdroj: SSC, 2023)

Vlastník/správca	CK	1/2023
Národná diaľničná spoločnosť, a.s.	D	498
	RC	247
	ostatné	102
Slovenská správa ciest	I. tr.	1766
Banskobystrický samosprávny kraj	II.+III.	1 030
Bratislavský samosprávny kraj	II.+III.	128
Košický samosprávny kraj	II.+III.	656
Nitriansky samosprávny kraj	II.+III.	528
Prešovský samosprávny kraj	II.+III.	1234
Trenčiansky samosprávny kraj	II.+III.	640

Vlastník/správca	CK	1/2023
Trnavský samosprávny kraj	II.+III.	381

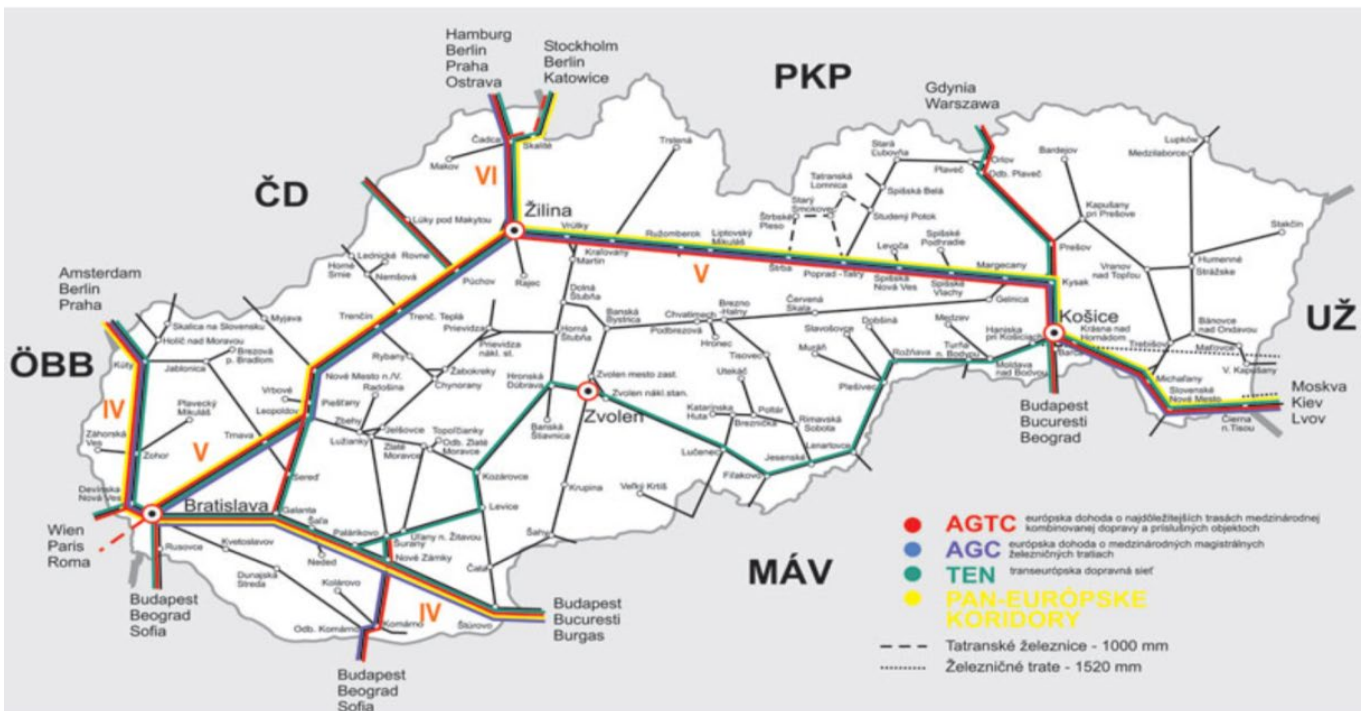
Vlastník/správca	CK	1/2023
Žilinský samosprávny kraj	II.+III.	798

## 2.1.2 Železničná sieť

Železničná doprava predstavuje druh hromadnej dopravy, ktorého hlavnou úlohou je obsluha veľkých záťažových prúdov v nákladnej i osobnej doprave. Železničná dopravná sieť v SR bola v minulosti budovaná ako nosný prvok dopravnej infraštruktúry, ktorý zabezpečoval najmä hromadné prepravy substrátov v nákladnej doprave a osobnú dopravu na dlhé aj kratšie vzdialenosti. Hustotou železničnej siete 73,4 km/1000 km<sup>2</sup> prevyšuje SR priemer v rámci EÚ. Železnice Slovenskej republiky ako manažér železničnej infraštruktúry zabezpečuje prevádzkyschopnosť železničnej siete v rozsahu tratí, stavieb a budov, mostov a tunelov, zariadení elektrotechniky a energetiky a zabezpečovacích zariadení. Železničnú infraštruktúru predstavujú železničné trate, výhybky, inžinierske stavby (najmä mosty a tunely), pridružená infraštruktúra stanice (najmä nástupištia, prístupové zóny), bezpečnostné zariadenia a ochranné zariadenia. Sumarizácia základných charakteristík spravovaných železničných dráh a zariadení je uvedená v nasledujúcom tabuľkovom prehľade. Grafické znázornenie ŽSR spravovaných železničných tratí je na Obr. 2-2.

Tab. 2-3 Spravovaná železničná sieť (Zdroj: ŽSR, 2023)

Železničné trate a stavby	m.j.	12/202
Stavebná dĺžka prevádzkovaných	km	3580
Stavebná dĺžka prevádzkovaných	km	3626
Stavebná dĺžka koľají celkovo	km	6816
Počet priecestí	ks	2070
Počet výhybiek	ks	8226
Počet mostov	ks	2326
Celková dĺžka mostov	m	52 244
Počet tunelov	ks	78
Celková dĺžka tunelov	m	47 954



Obr. 2-2 Železničná sieť SR (Zdroj: ŽSR, 2023)

### 2.1.3 Letiská

Leteckú dopravu charakterizujú niektoré vlastnosti, ktoré určujú jej špecifické postavenie v rámci komplexného dopravného systému štátu. Keďže je najrýchlejším druhom dopravy, pomáha zlepšovať národné hospodárstvo a zrýchľuje kolobeh obežných prostriedkov. Aby však letecká doprava mohla plniť svoje úlohy v systéme dopravy štátu, musí spĺňať predovšetkým požiadavky na bezpečnosť, kvalitu, rýchlosť a hospodárnosť. Medzi charakteristické znaky, ktorými sa letecká doprava odlišuje od iných dopravných prostriedkov, môžeme zahrnúť napr. medzinárodný charakter, preprava vysokou rýchlosťou na dlhé vzdialenosti, obmedzený a špecializovaný rozsah prepravy, rýchly rozvoj, potreba odborne spôsobilých zamestnancov, vysoké náklady na leteckú techniku a pod.

Na vytvorenie právneho rámca transformácie Slovenskej správy letísk na akciové spoločnosti bol prijatý zákon č. 136/2004 Z. z. o letiskových spoločnostiach a o zmene a doplnení zákona č. 143/1998 Z. z. o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení zákona č. 37/2002 Z. z. (ďalej len „zákon č. 136/2004 Z. z.“). Zákon č. 136/2004 Z. z. upravil podmienky, spôsob založenia a právne pomery akciových spoločností založených z majetku štátu v správe Slovenskej správy letísk na prevádzkovanie verejných letísk, ako

aj podmienky prechodu letiskovej infraštruktúry malých letísk na samosprávne kraje alebo obce so štatútom mesta.

V systéme civilného letectva Slovenskej republiky je možné letiská rozdeliť do niekoľkých kategórií:

- medzinárodné letiská/heliporty (stanovené letiská/heliporty vstupu alebo výstupu pre medzinárodnú leteckú prevádzku, na ktorých sú zabezpečované všetky formality týkajúce sa colných, imigračných, karanténnych a podobných postupov a na ktorých sú k dispozícii letové prevádzkové služby na požadovanej úrovni; tieto letiská/heliporty sú určené aj pre vnútroštátnu leteckú prevádzku),
- vnútroštátne letiská/heliporty (letiská/heliporty určené iba pre vnútroštátnu leteckú prevádzku),
- verejné letiská/heliporty (letiská/heliporty, ktoré sú v medziach svojej technickej a prevádzkovej spôsobilosti prístupné všetkým lietadlám oprávneným vykonávať lety vo vzdušnom priestore Slovenskej republiky),
- neverejné letiská/heliporty (letiská/heliporty, ktoré nie sú verejné a ktoré sú v medziach svojich technických a prevádzkových podmienok prístupné vopred schválenému okruhu užívateľov; povolenie na ich používanie je možné získať od prevádzkovateľov/vlastníkov príslušných letísk),

- civilné letiská/heliporty (letiská/heliporty určené na prevádzku civilných lietadiel a určených štátnych lietadiel podľa platných civilných leteckých predpisov),
- vojenské letiská/heliporty (letiská/heliporty určené výhradne na prevádzku vojenských lietadiel; pristátie civilného lietadla je možné len na základe povolenia vydaného Ministerstvom obrany Slovenskej republiky),
- letiská/heliporty so zmiešanou prevádzkou civilných a vojenských lietadiel (letiská/heliporty určené na prevádzku civilných a vojenských lietadiel).

Hlavnou časťou infraštruktúry letísk sú pohybové plochy (vzletové a pristávacie dráhy, rolovacie dráhy,

výjazdy a odbavovacie dráhy), budovy terminálov ako aj infraštruktúra a zariadenia na riadenie letovej prevádzky a bezpečnostné vybavenie. Medzi prevádzkovú časť infraštruktúry letísk patria napr. dažďová kanalizácia, meliorácie, trafostanica, prevádzková budova, garáže, sklady leteckých pohonných hmôt, vodojemy, čerpacie stanice pitnej vody, náhradné zdroje elektrickej energie, čistiarne odpadových vôd, splašková kanalizácia, vodovody, silnoprúdové a slaboprúdové rozvody, osvetľovacie stožiare odbavovacej plochy, plynové prípojky a pod.

Prehľad letísk v SR je znázornený v nasledujúcej tabuľke.



Tab. 2-4 Zoznam letísk v SR (Zdroj: Dopravný úrad, 2023)

Názov letiska Smerovacia značka	Typ letiska	Povolený druh leteckej prevádzky na letisku			
		Medzinárodné- vnútroštátne	Verejné- neverejné	IFR – VFR	S - Pravidelná NS – nepravidelná Mil - vojenská
1	2	3	4	5	6
BOLERÁZ/ŠTEFAN BANIČ LZTR	civilné	NTL	neverejné	VFR Deň/Day	NS
BRATISLAVA/ M. R. Štefánik LZIB	civilné	INTL - NTL	verejné	IFR - VFR Deň – Noc	S - NS
DOBRÁ NIVA LZDN	civilné	NTL	neverejné	VFR Deň/Day	NS
DUBNICA LZDB	civilné	NTL	verejné	VFR Deň/Day	NS
DUBOVÁ LZDV	civilné	NTL	neverejné	VFR Deň/Day	NS
HOLÍČ LZHL	civilné	NTL	neverejné	VFR Deň/Day	NS
JASNA LZJS	civilné	INTL - NTL	verejné	VFR Deň/Day	NS
KAMENICA NAD CIROCHOU LZKC	civilné	NTL	neverejné	VFR Deň/Day	NS
KOŠICE LZKZ	civilné	INTL - NTL	verejné	IFR - VFR Deň – Noc	S - NS
KVETOSLAVOV LZKV	civilné civil	NTL	neverejné	VFR Deň/Day	NS
LUČENEC LZLU	civilné civil	NTL	neverejné	VFR Deň/Day	NS
MALACKY LZMC	vojenské	–	–	–	MIL
MARTIN LZMA	civilné	NTL	verejné	VFR Deň/Day	NS
NITRA LZNI	civilné	INTL - NTL	verejné	VFR Deň/Day	NS
NOVÉ ZÁMKY LZNZ	civilné	NTL	verejné	VFR Deň/Day	NS
OČOVÁ LZOC	civilné	NTL	neverejné	VFR Deň/Day	NS
PARTIZÁNSKE LZPT	civilné	NTL	verejné	VFR Deň/Day	NS
PIEŠŤANY LZPP	civilné	INTL - NTL	verejné	IFR - VFR Deň – Noc	S - NS
POPRAD- Tatry LZTT	civilné	INTL - NTL	verejné	IFR - VFR Deň – Noc	S - NS
PREŠOV LZPW	vojenské	–	–	–	MIL
PRIEVIDZA LZPE	civilné	INTL - NTL	verejné	VFR Deň – Noc	NS

## 2.2 ELEKTRICKÁ PRENOSOVÁ SÚSTAVA A PRODUKTOVODY V SR

Na účely zákona 251/2012 Z. z. o energetike a o zmene a doplnení niektorých zákonov, v znení neskorších predpisov sa energetikou rozumie elektroenergetika, plynárenstvo, preprava pohonných látok alebo ropy potrubím, plnenie tlakových nádob so skvapalneným plynným uhľovodíkom (ďalej len „tlaková nádoba“) a rozvod skvapalneného plynného uhľovodíka. Vymedzeným územím územie Slovenskej republiky, v ktorom je prevádzkovateľ prenosovej sústavy alebo prevádzkovateľ distribučnej sústavy povinný

zabezpečiť prenos elektriny alebo distribúciu elektriny alebo v ktorom je prevádzkovateľ prepravnej siete alebo prevádzkovateľ distribučnej siete povinný zabezpečiť prepravu plynu alebo distribúciu plynu. Bezpečnosťou sa na účely zákona rozumie dodávky elektriny a plynu schopnosť sústavy a siete zásobovať koncových odberateľov elektriny a koncových odberateľov plynu, zabezpečenie technickej bezpečnosti energetických zariadení a rovnováhy ponuky a dopytu elektriny a plynu na vymedzenom území alebo jeho časti.

### 2.2.1 Elektrická prenosová sústava

Na účely zákona 251/2012 Z. z. o energetike a o zmene a doplnení niektorých zákonov, v znení neskorších predpisov, sa zariadením na výrobu elektriny rozumie zariadenie, ktoré slúži na premenu rôznych zdrojov energie na elektrinu; zahrňuje stavebnú časť a technologické zariadenie. Prenos elektriny je charakterizovaný ako preprava elektriny prenosovou sústavou na vymedzenom území alebo preprava elektriny prenosovou sústavou z a do prepojených sústav členských štátov alebo tretích štátov na účel jej prepravy odberateľom elektriny. Prenosová sústava predstavuje vzájomne prepojené elektrické vedenia zvlášť vysokého napätia a veľmi vysokého napätia a elektroenergetické zariadenia potrebné na prenos elektriny na vymedzenom území, vzájomne prepojené elektrické vedenia zvlášť vysokého napätia a veľmi vysokého napätia a elektroenergetické zariadenia potrebné na prepojenie prenosovej sústavy s prenosovou sústavou mimo vymedzeného územia; súčasťou prenosovej sústavy sú aj meracie, ochranné, riadiace, zabezpečovacie, informačné a telekomunikačné zariadenia potrebné na prevádzkovanie prenosovej sústavy. Distribučná sústava je charakterizovaná ako vzájomne prepojené elektrické vedenia veľmi vysokého napätia do 110 kV vrátane a vysokého napätia alebo nízkeho napätia a elektroenergetické zariadenia potrebné na distribúciu elektriny na časti

vymedzeného územia; súčasťou distribučnej sústavy sú aj meracie, ochranné, riadiace, zabezpečovacie, informačné a telekomunikačné zariadenia potrebné na prevádzkovanie distribučnej sústavy; súčasťou distribučnej sústavy je aj elektrické vedenie a elektroenergetické zariadenie, ktorým sa zabezpečuje preprava elektriny z časti územia Európskej únie alebo z časti územia tretích štátov na vymedzené územie alebo na časť vymedzeného územia, ak také elektrické vedenie alebo elektroenergetické zariadenie nespája prenosovú sústavu s prenosovou sústavou členského štátu alebo s prenosovou sústavou tretích štátov. Priamym vedením sa rozumie elektrické vedenie, ktoré spája výrobcu elektriny s koncovým odberateľom elektriny a výrobcu elektriny s odberateľom elektriny, ktorý nie je pripojený do prenosovej sústavy alebo do distribučnej sústavy. Spojovacie vedenie je vedenie, ktoré spája prenosovú sústavu s prenosovou sústavou členských štátov alebo prenosovou sústavou tretích štátov. Sústavou sa v energetike rozumie vzájomne prepojené elektroenergetické zariadenia výrobcu elektriny, prevádzkovateľa prenosovej sústavy, prevádzkovateľa distribučnej sústavy, prevádzkovateľa priameho vedenia a vlastníka elektrickej prípojky, ktoré slúžia na výrobu, prenos a distribúciu elektriny; súčasťou sústavy sú aj meracie, ochranné, riadiace, zabezpečovacie, informačné a

telekomunikačné zariadenia potrebné na prevádzkovanie sústavy. Elektroenergetické zariadenie je zariadenie, ktoré slúži na výrobu, pripojenie, prenos, distribúciu alebo dodávku elektriny.

Podporná služba v energetike je charakterizovaná ako služba, ktorú nakupuje prevádzkovateľ prenosovej sústavy na zabezpečenie poskytovania systémových služieb potrebných na dodržanie kvality dodávky elektriny a na zabezpečenie prevádzkovej spoľahlivosti sústavy a plnenie medzinárodných štandardov platných pre prepojené sústavy.

Systémová služba je služba prevádzkovateľa prenosovej sústavy potrebná na zabezpečenie prevádzkovej spoľahlivosti sústavy na vymedzenom území; zahŕňa aj služby, ktoré poskytuje prevádzkovateľ prenosovej sústavy potrebné na zabezpečenie bezpečnej prevádzky výrobných zariadení výrobcu elektriny.

Nižšie je uvedená mapa prenosovej sústavy v SR. V tabuľkovej forme sú spracované prehľady dĺžky vedení, počtu stožiarov a elektrických staníc.

Tab. 2-5 Vonkajšie elektrické vedenia – počet stožiarov (Zdroj: SEPS, 2022)

Napätie (kV)	Jednoduché (ks)	Dvojité (ks)	VS V (ks)	Celkom (ks)
400	3 958	1 480	64	5 502
220	1245	454	0	1 699
110	1	81	0	82

Napätie (kV)	Jednoduché (ks)	Dvojité (ks)	VS V (ks)	Celkom (ks)
Spolu	5 204	2015	64	7 283

Tab. 2-6 Elektrické stanice (Zdroj: SEPS, 2022)

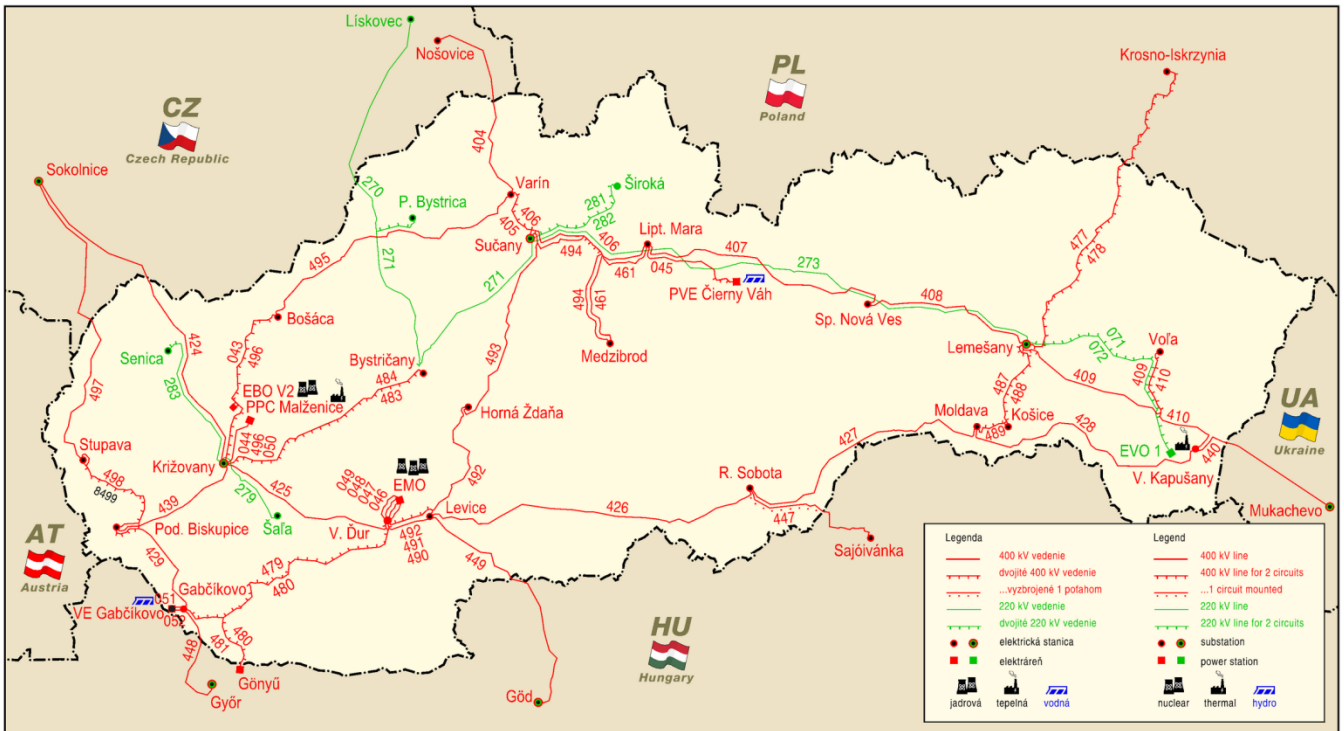
Napätie (kV)	Počet rozvodní (ks)	Počet polí (ks)
400	20	147
220	5	31
110	1	24
Spolu	26	202

Tab. 2-7 Sieťové transformátory (Zdroj: SEPS, 2022)

Prevod napätia (kV/kV)	Počet transformátorov (ks)	Celkový výkon (MVA)
400/220	3	1 400
400/110	31	9 230
220/110	6	1 200
Spolu	40	11 830

Tab. 2-8 Vonkajšie elektrické vedenia – dĺžky vedení v km (Zdroj: SEPS, 2022)

Napätie (kV)	* jednoduché	* dvojité	* VSV	* celkom	Rozvinutá dĺžka (km)
400	1 373,533	472,858	18,678	1 865,069	2 356,605
220	408,080	140,188	0,000	548,268	688,456
110	0,254	21,096	18,678	40,028	79,802
Spolu	1781,867	634,142	37,356	2 454,971	3124,863



Obr. 2-3 Mapa prenosovej sústavy v SR (Zdroj: SEPS, 2023)

## 2.2.2 Plynovody

Plynom sa na účely zákona o energetike rozumie zemný plyn vrátane skvapalneného zemného plynu, bioplyn, biometán, plyn vyrobený z biomasy, ako aj ostatné druhy plynu, ak tieto plyny spĺňajú podmienky na prepravu plynu alebo podmienky distribúcie plynu. Výroba plynu je ťažba zemného plynu alebo výroba bioplynu, výroba plynu z biomasy alebo výroba plynu z iného plynného uhľovodíka.

Preprava plynu je charakterizovaná ako doprava plynu prepravnou sieťou na účel jeho dopravy odberateľom plynu. Distribúcia plynu je doprava plynu distribučnou sieťou na účel jeho dopravy odberateľom plynu.

Sieťou sa v plynárenstve označuje prepravná sieť, distribučná sieť, zariadenie na skvapalňovanie zemného plynu, zásobník, zariadenie na poskytovanie podporných služieb a zariadenie potrebné na zabezpečenie prístupu do siete, Distribučnou sieťou v plynárenstve sa rozumie plynárenské rozvodné zariadenie na časti vymedzeného územia vrátane vysokotlakových plynovodov, ktoré slúžia primárne na dopravu plynu na časti vymedzeného územia, okrem plynovodov, ktoré sú súčasťou iných sietí.

Prepravnou sieťou je sieť kompresorových staníc a sieť najmä vysokotlakových plynovodov, ktoré sú navzájom prepojené a slúžia na dopravu plynu na vymedzenom území, okrem ťažobnej siete a zásobníka a vysokotlakových plynovodov, ktoré slúžia primárne na dopravu plynu na časti vymedzeného územia.

Zásobník plynu je zariadenie používané na uskladňovanie zemného plynu a skvapalneného zemného plynu vrátane doplnkových služieb týkajúcich sa vtláčania do zásobníka, ťažby zo zásobníka, úpravy a dopravy plynu do alebo zo siete okrem tých zásobníkov alebo ich častí, ktoré sa používajú na zabezpečenie ťažobných činností alebo ktoré sú výlučne vyhradené pre prevádzkovateľov prepravnej siete alebo pre prevádzkovateľov distribučnej siete na účely zabezpečenia ich činnosti. Zariadenie na skvapalňovanie zemného plynu je zariadenie používané na skvapalnenie zemného plynu alebo na dovoz, vykládku alebo spätné splyňovanie skvapalneného zemného plynu a ktoré zahŕňa podporné služby a dočasné uskladňovanie skvapalneného zemného plynu na nevyhnutnú dobu potrebnú na spätné splyňovanie a následné dodanie plynu do prepravnej siete. Podporná služba v energetike je služba potrebná na prístup do siete, prevádzkovanie siete vrátane prevádzkovania zariadení potrebných na vyvažovanie siete, zariadení

potrebných na zmiešavanie plynu alebo zariadení potrebných na vstrekovanie inertných plynov okrem zariadení potrebných na zabezpečenie vlastnej činnosti prevádzkovateľa siete.

Priamy plynovod je charakterizovaný ako plynovod, ktorý nie je súčasťou prepravnej siete, distribučnej siete, zásobníka alebo ťažobnej siete na vymedzenom území.

Plynovým zariadením je plynárenské zariadenie alebo odberné plynové zariadenie. Plynárenským zariadením sa rozumie zariadenie určené na prepravu plynu, distribúciu plynu, uskladňovanie plynu vrátane zariadenia potrebného na poskytovanie podporných služieb, zariadenia potrebného na zabezpečenie prístupu a prevádzkovania siete vrátane hlavného uzáveru plynu a priamy plynovod.

Priamymi a nepriamymi ohrozeniami v ochrannom pásme plynovodnej sústavy ako aj určovaním nebezpečenstiev a ohrození podľa pôsobností a vedenia trasy plynovodu sa bližšie Technický predpis TP 700 02.

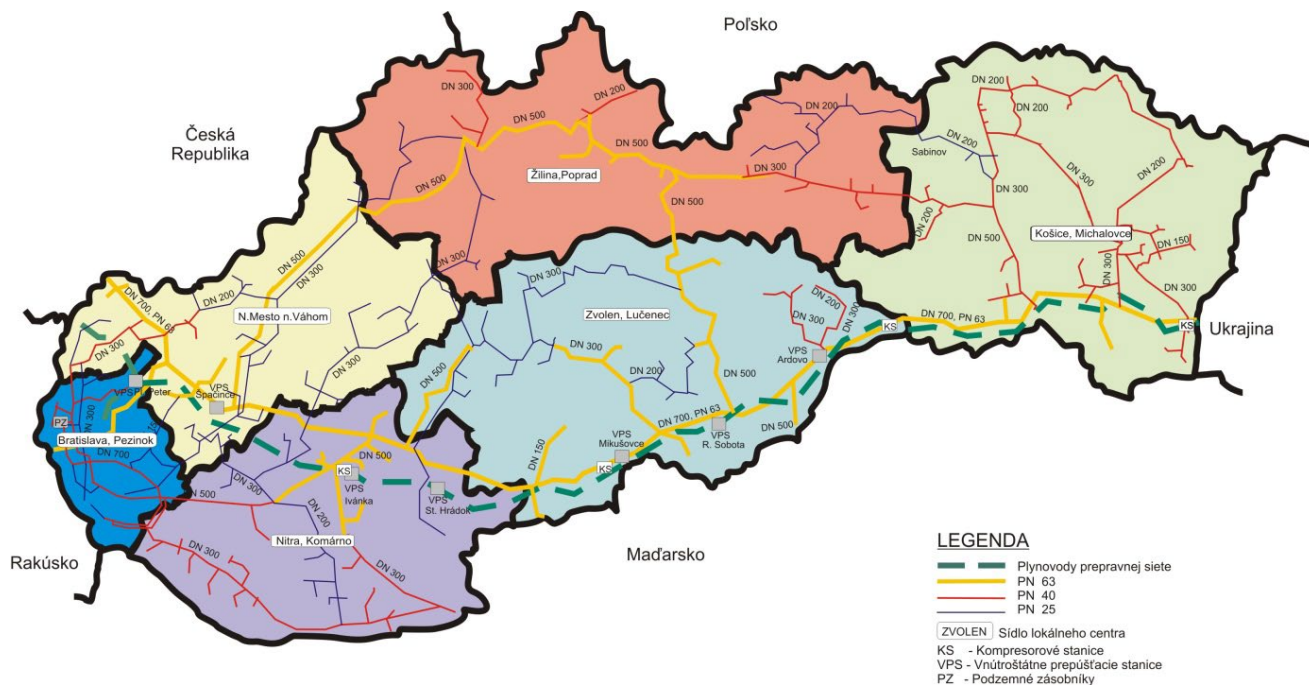
Štandardom bezpečnosti dodávok plynu je zabezpečenie dodávky plynu pre chránených odberateľov v rozsahu podľa osobitného predpisu,

ktorým je nariadenie. Článok 8 ods. 1 ustanovuje prípady, v ktorých majú plynárenské podniky zabezpečiť dodávku plynu chráneným odberateľom:

- mimoriadne teploty počas sedemdňovej špičky, ktorá sa štatisticky vyskytuje raz za 20 rokov;
- aspoň 30-dňové obdobie výnimočne vysokej spotreby plynu, ktoré sa štatisticky vyskytuje raz za 20 rokov,
- aspoň 30-dňové obdobie v prípade prerušenia samostatnej najväčšej plynárenskej infraštruktúry v bežných zimných podmienkach.

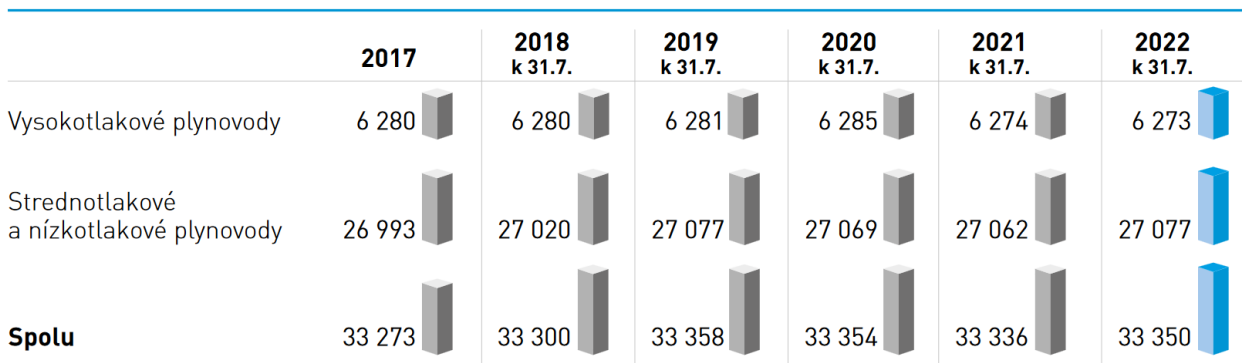
Poškodenia boli zaznamenané predovšetkým pri realizácii zemných prác, ktoré sú ich najčastejším zdrojom a prinášajú skutočné bezpečnostné riziko.

Minimalizovanie rizík poškodenia systému zásobovania plynom inými zariadeniami uloženým v zemi, pohybmi zeme, okolitým porastom, inými konštrukciami alebo dopravou je potrebné v hodnotení odstrániteľných a neodstrániteľných ohrození uviesť v technickej dokumentácii v súlade s požiadavkami technického predpisu TPP 702 02.

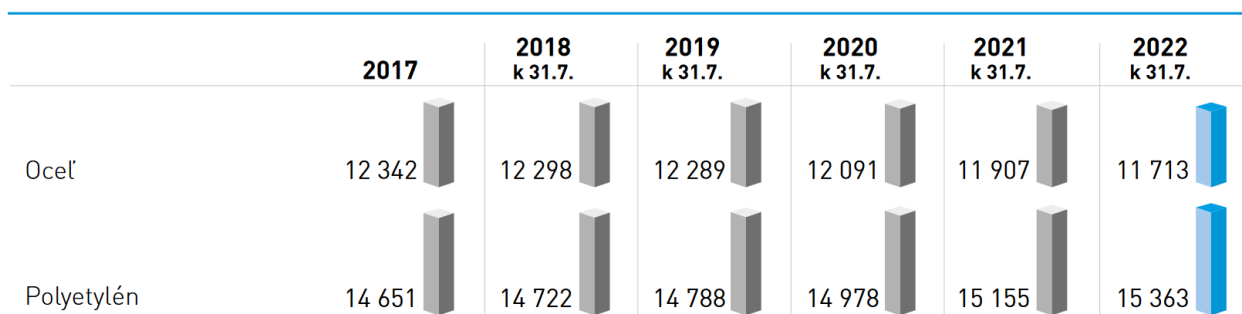


Obr. 2-4 Mapa distribučnej siete plynovodov v SR (Zdroj: SPP, 2023)

Dĺžka distribučnej siete v rokoch 2017 – 31.7.2021 (v km)



Členenie plynovodov miestnej siete v rokoch 2017 – 31.7.2021 (v km)



Obr. 2-5 Dĺžka distribučnej siete plynovodov a členenie plynovodov (Zdroj: SPP, 2023)

## 2.2.3 Ropovody

Medzinárodný ropovod DRUŽBA patrí medzi najdlhšie ropovody sveta (5 000 km), začína v stredoruskom Almatjevsku (Samarská oblasť – mesto Samara), kam sa zbiera ropa z Kazachstanu, Kaukazu a západnej Sibíri. Následne ropovod smeruje k západným hraniciam Ruska, kde sa v meste Uneča rozdeľuje. Delí sa na vetvu smerujúcu po území Bieloruska cez Polovo a Pobaltie do prístavov v Litve a Lotyšsku a vetvu DRUŽBY ďalej pokračujúcu do bieloruského Mozyru. Tu sa DRUŽBA rozdeľuje na severnú vetvu smerujúcu na Poľsko a južnú vetvu, ktorá pokračuje cez Brody až do ukrajinskej obce Veľké Gejevce, kde sa delí na vetvu smerujúcu na Slovensko a Českú republiku a vetvu smerujúcu do Maďarska.

Trasa ropovodu sa v Slovenskej republike začína na ukrajinsko-slovenskej hranici v katastri obce Ruská, pokračuje cez prečerpávacie stanice PS1 Budkovce, PS2 Moldava nad Bodvou, PS3 Rimavská Sobota a PS4 Tupá, kde vyúsťuje aj ropovod Adria. Ropovod Adria začína v chorvátskom prístave Omišalj, pokračuje cez Chorvátsko a Maďarsko a

vstupuje na Slovensko v katastri obce Tešmak. Hlavná vetva trasy ropovodu v Slovenskej republike pokračuje z PS4 Tupá do PS5 Bučany, kde sa rozdeľuje na dve vetvy. Jedna smeruje do Slovnaftu v Bratislave, kde je ukončená Odovzdávacou stanicou ropy v areáli Slovnaft, a. s., druhá smeruje severozápadne k česko-slovenskej hranici, kde sa v katastri obce Kátov pri rieke Morava trasa na slovenskej strane končí.

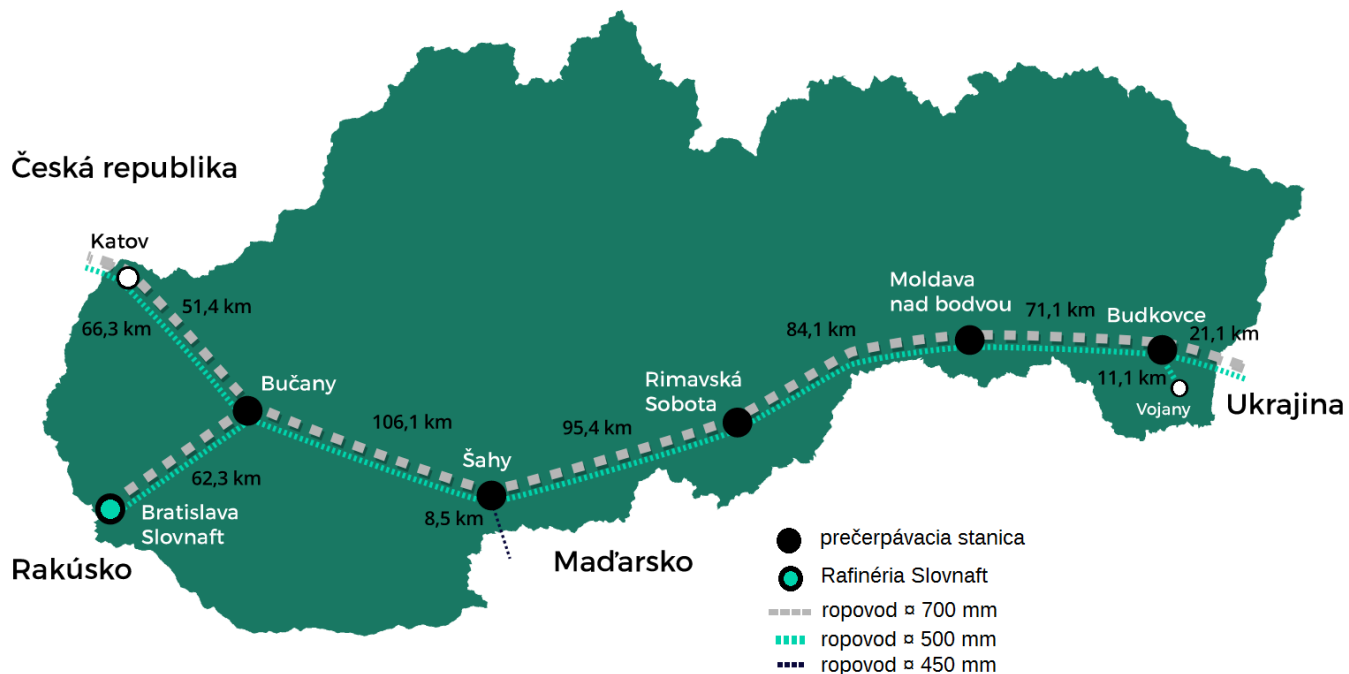
Dĺžka územia na Slovensku, cez ktoré prechádzajú ropovody, je zhruba 510 km. Ropovodné potrubie je na väčšine územia zdvojené, okrem úseku ropovodu Adria, úseku medzi PS5 Bučany a Slovnaftom Bratislava a úseku od koncového zariadenia v katastri obce Radošovce.

Nakoľko ropovody vo vlastníctve TRANSPETROL, a. s., patria medzi strategické prvky slovenského hospodárstva, je zabezpečená nepretržitá ochrana a ostražba ropovodného systému bezpečnostnými systémami a prvkami.

Jediným prevádzkovateľom ropovodného systému v Slovenskej republike je spoločnosť TRANSPETROL,

a.s. a preto patrí medzi strategické podniky slovenského hospodárstva. Pre svojich zákazníkov zabezpečuje tranzitnú a vnútroštátnu prepravu ropy. Strategická geografická poloha a relatívne veľká

prepravná kapacita ropovodov na slovenskom území vytvára reálne predpoklady na jeho napojenie na európske tranzitné cesty (Zdroj: Transpetrol, 2023).



Obr. 2-6 Ropovodná sieť SR (Zdroj: Transpetrol, 2023)

# 3 RIZIKÁ ZMENY KLÍMY INFRAŠTRUKTÚRNYCH LÍNIOVÝCH STAVIEB V SR

## 3.1 PREHĽAD LEGISLATÍVY A ĎALŠÍCH RELEVANTNÝCH DOKUMENTOV

Zákon č. 201/2022 Z. z., zákon o výstavbe, v § 2, odsek (10) ustanovuje pojem líniová stavba: Líniová stavba je stavba, ktorá tvorí súvislú stavebnotechnicky a prevádzkovo neprerušovanú líniu. Samostatné prípojky stavieb nie sú líniovými stavbami.

Zákon č. 200/2022 Z. z. Zákon o územnom plánovaní, v § 5, odseku p) sa rozumie dopravnou infraštruktúrou dopravné vybavenosti územia, ktorými sú najmä pozemné komunikácie, cyklistické komunikácie, železničná infraštruktúra, koľajové dráhy, trolejbusové dráhy a lanové dráhy, infraštruktúra civilného letectva, prístavy a vodné cesty a prepojovacie body medzi sieťami rôznych druhov dopravy a ich súčasť.

Zákon č. 200/2022 Z. z. Zákon o územnom plánovaní, v § 5, odseku q) definuje technické vybavenie územia, ktorým sú najmä elektroenergetické rozvody a zariadenia, zariadenia na výrobu elektriny, elektrické rozvody, plynárenské rozvody a zariadenia, sústava tepelných rozvodov a zariadení, zariadenia na výrobu tepla, verejné vodovody, vodárenské zdroje a objekty, verejné kanalizácie a čistiarne odpadových vôd, ostatné vodné stavby, elektronické komunikačné siete a zariadenia, produktovody, skládky odpadu a zariadenia na nakladanie s odpadmi, vodné stavby na ochranu pred povodňami, závlahové zariadenia a odvodňovacie zariadenia, zariadenia vo verejných prístavoch ohraničených územnými obvodymi prístavov, zariadenie civilnej ochrany, zdroje a rozvody vody na účely hasenia požiarov.

Definície pre vyjadrenie pojmu líniovej stavby v uvedenej podobe zákonov pokladáme za vyčerpávajúci. Podľa opisu predmetu zákazky – „Odborné spracovanie metodologickej príručky - „Hodnotenie miery rizika zraniteľnosti líniových

stavieb a produktovodov z hľadiska ich pripravenosti a zabezpečenia voči rizikám súvisiacim s nepriaznivými dôsledkami zmeny klímy“ je metodická príručka zameraná najmä na hodnotenia miery rizika a zraniteľnosti existujúcich významných líniových stavieb (diaľnice, rýchlostné cesty, cesty I. triedy, železnice, letiská, významné prenosové elektrické línie ) a produktovodov (ropovody, významné trasy vodovodov).

Zákon č.7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami, v §1 odseku a) sa stanovujú opatrenia na ochranu pred povodňami a povinnosti pri hodnotení a manažmente povodňových rizík s cieľom znížiť nepriaznivé dôsledky povodní na ľudské zdravie, životné prostredie, kultúrne dedičstvo a hospodársku činnosť.

Iné relevantné dokumenty na národnej úrovni predstavujú najmä nasledovné dokumenty:

### „Národná správa o zmene klímy“

Správy sú pripravované každé 4 roky v rámci plnenia našich záväzkov podľa článku 4 a 12 Rámcového dohovoru OSN o zmene klímy (dohovor), Kjótskeho protokolu (protokol) a aktuálneho rozhodnutia konferencie zmluvných strán dohovoru. Národné správy o zmene klímy (MŽP SR a SHMÚ) detailne analyzujú vývoj témy v širšom medzinárodnom, EÚ aj národnom kontexte a súčasne hodnotia plnenia záväzkov SR. V Správach je analýza súčasného stavu a potreby inštitucionálneho a kapacitného zabezpečenia problematiky, na základe objektívneho zhodnotenia nedostatkov, rizík a oblastí, ktoré potrebujú zlepšenie. Posledná je správa 7. z roku 2017.

### „Národné správy o inventarizácii emisií skleníkových plynov SR“



Národné správy sú pripravované každoročne v rámci plnenia našich záväzkov podľa článku 4 a 12 Rámcového dohovoru OSN o zmene klímy a Kjótskeho protokolu a sú predkladané sekretariátu dohovoru. Podľa poslednej zverejnenej Národnej správy o inventarizácii skleníkových plynov za rok 2014 boli celkové antropogénne emisie skleníkových plynov za rok 2012 rovné 42 710.20 Gg of CO<sub>2</sub> equivalents.

„Informácie o súčasných a budúcich opatreniach v sektore LULUCF“ podľa čl. 10 rozhodnutia EP a Rady č. 529/2013 EU Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR v spolupráci s MŽP SR vypracovalo v júni 2014 správu do Európskej komisie s hore uvedeným názvom. Obsahom bol opis vývoja emisií a záchytov skleníkových plynov v sektore LULUCF v SR v minulosti, projekcie emisií a záchytov, analýza potenciálu obmedziť alebo znížiť emisie a udržať alebo zvýšiť záchyty a zoznam najvhodnejších opatrení na zohľadnenie vnútroštátnych podmienok.

„Nízkouhlíková stratégia rozvoja SR do roku 2030 s výhľadom do roku 2050 (NUS SR)“

Slovenská republika dlhodobo znižuje emisie skleníkových plynov, čo je spôsobené transformáciou jej hospodárstva a aktívnejším uplatňovaním klimaticko-environmentálnej politiky.

„Zelenšie Slovensko: Stratégia environmentálnej politiky SR do roku 2030“ (schválená uznesením vlády SR č.87/2019).

„Akčný plán na riešenie dôsledkov sucha a nedostatok vody – Hodnota je voda“ (schválený uznesením vlády SR č. 478/2018).

„Integrovaný a klimatický plán na roky 2021-2030“ spracovaný podľa nariadenia a Rady (EÚ) č. 2018/1999 o riadení energetickej únie a opatrení v oblasti klímy, Ministerstvo hospodárstva SR, 2019.

„Stratégia adaptácie Slovenskej republiky na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy - aktualizácia“, 2018

Hlavným cieľom dokumentu je zlepšiť pripravenosť SR čeliť nepriaznivým dôsledkom zmeny klímy, priniesť čo najširšiu informáciu o súčasných adaptačných procesoch v SR a na základe ich analýzy ustanoviť inštitucionálny rámec a koordinačný mechanizmus na zabezpečenie účinnej implementácie adaptačných opatrení na všetkých úrovniach a vo všetkých oblastiach, ako aj zvýšiť celkovú informovanosť o tejto problematike.

„Akčný plán pre implementáciu Stratégie adaptácie SR na zmenu klímy“, MŽP SR 2021.

Hlavným cieľom národného akčného plánu je prostredníctvom implementácie prierezových a špecifických adaptačných opatrení a úloh zvýšiť pripravenosť Slovenska na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy.

## 3.2 PREHĽAD DOSTUPNÝCH INFORMÁCIÍ A INFORMAČNÝCH ZDROJOV O NEPRIAZNIVÝCH RIZIKOVÝCH FAKTOROCH SÚVISIACICH SO ZMENOU KLÍMY

Úvodná poznámka: V tejto súvislosti je potrebné diskutovať aj o všeobecných požiadavkách na implementáciu adaptačných a mitigačných opatrení na klimatickú zmenu v projektovej príprave väčších stavieb a rozsiahlejšej technológie ako aj v prevádzke podnikov a zariadení.

Ak sa zaoberáme iba „Hodnotením miery rizika a zraniteľnosti líniových stavieb a produktovodov z hľadiska ich pripravenosti a zabezpečenia voči rizikám súvisiacim s nepriaznivými dôsledkami zmeny klímy“ a v rámci tejto úlohy aj prehľadom dostupných informácií a informačných zdrojov o nepriaznivých rizikových faktoroch súvisiacich so

zmenou klímy, o sumarizácii rizikových faktorov životného prostredia a rizikových scenárov vývoja nepriaznivej situácie ako výsledku klimatickej zmeny pre lokality na území Slovenskej republiky, tak potrebujeme urobiť rekapituláciu relevantných minulých, súčasných a budúcich charakteristík súvisiacich so stavom a premenlivosťou klímy, ktoré sú významné pre líniové stavby a produktovody.

Z nasledujúceho textu je zrejmé, že na zodpovedné riešenie týchto úloh je potrebné poznať základy fyzikálnej teórie klimatického systému a aj fyzikálnej teórie globálnej klimatickej zmeny a jej regionálnych dôsledkov. Veľmi dôležité je správne ocenenie možných scenárov ďalšieho vývoja globálnej klimatickej zmeny, vrátane regionálnych špecifik podľa jednotlivých veličín, čo je možné iba za predpokladu korektného ocenenia vývoja zosilňovania skleníkového efektu atmosféry. Nie menej dôležitou súčasťou riešenia týchto úloh je adekvátne nastavenie rozsahu adaptačných opatrení na základe analýzy cost-benefit, teda nákladov a ziskov za dlhšie obdobie (najmenej 50 rokov). Všetky adaptačné opatrenia musia spĺňať aj podmienku udržateľnosti, v tomto prípade ide o minimalizáciu príspevku ku globálnej klimatickej zmene, teda minimalizáciu emisie skleníkových plynov do atmosféry a nevhodných zásahov do zmien v krajine. Jednotlivé aktivity a objekty sa v projektoch, pri realizácii a v prevádzke dimenzujú a riadia aj podľa klimatických, hydrologických, meteorologických a iných parametrov prírodných faktorov. Dôležité sú pri tom nielen dlhodobé priemery ale aj očakávané extrémny rôznych veličín. V štátnych a odborových technických normách sa berú do úvahy priemery z najbližšieho minulého (najmenej) 30-ročného obdobia a extrémny ako tzv. „návrhové hodnoty“ reprezentujúce priemernú pravdepodobnosť prekročenia (výskytu) za rôzne obdobia (mesiac, sezónu alebo rok) v časovom horizonte 10, 20, 25, 50 alebo 100 rokov, prípadne aj za dlhšie obdobie, ak sa to dá štatisticky z dlhých radov meraní odhadnúť. Typickými veličinami vyskytujúcimi sa v technických normách sú: vysoké úhrny zrážok za 15, 30 a 60 minút a za deň, mesiac a rok, výška a vodná hodnota novej snehovej pokrývky za 24 hodín a celkovej snehovej pokrývky, priemerná a okamžitá rýchlosť vetra, rôzne limity

teploty a vlhkosti vzduchu, premrzanie pôdy a teplota pôdy, výška hladiny riek a podzemnej vody a rad ďalších. Metodikou spracovania klimatických charakteristík sa zaoberá Predpis WMO No 100 (2018).

Medzi významné informačné zdroje môžeme zaradiť:

Národné správy SR o klimatickej zmene (1995, 1997, 2001, 2006, 2009, 2014, 2017). Zväzok 1 – 7. MŽP SR a SHMÚ, Bratislava

<https://www.minzp.sk/klima/globalna/dokumenty/>  
<http://ghg-inventory.shmu.sk/documents.php>

SHMU:

[https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=klimat\\_operativneudaje1](https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=klimat_operativneudaje1)

HadCRU:

<https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>

GISS (NASA): <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

NOAA:

<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202309>

Copernicus:

<https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-september-2023?fbclid=IwAR18NkOxWKFS-K1nyQt7JMGcagLeqzlhYEjLMXSmPoupE0PzGvoTPUqXto>

GWI:

<https://www.globalwarmingindex.org/>

Guide WMO No 100:

<https://public.wmo.int/en/resources/library/guide-climatological-practices-wmo-100>

Climate-Reanalyzer:

<https://climatereanalyzer.org/>

CDIAC, Carbon Dioxide Information Analysis Center:

<https://data.ess-dive.lbl.gov/portals/CDIAC>

Správy IPCC: <https://www.ipcc.ch/reports/>

### 3.3 STRUČNÝ PREHĽAD FYZIKY KLIMATICKÉHO SYSTÉMU ZEME A REGIONÁLNE ŠPECIFIKÁ

Klímu akéhokoľvek regiónu na Zemi môžeme opísať štatistickými charakteristikami dlhodobého režimu jednotlivých meteorologických veličín a ich krížových vzťahov. Za dostatočne dlhé obdobie považujeme v súlade s Predpisom WMO č. 100 najmenej 30 rokov. Porovnávanie za sebou nasledujúcich charakteristík z 30-ročných období umožňujú posudzovať zmeny a premenlivosť klímy. Klímu Zeme a aj hociktorého regiónu na Zemi ovplyvňujú 4 klimatotvorné faktory v priestore a čase: 1. Astronomické, ktoré sú pomerne stabilné a veľkou väčšinou predvídateľné; 2. Terestriálne, ktoré sú menej stabilné, no s výnimkou vulkanickej činnosti tiež dobre predvídateľné; 3. Cirkulačné (v atmosfére a oceánoch), ktoré sú tiež z dlhodobého hľadiska pomerne stabilné; 4. Antropogénne (súvisiace s aktivitami človeka), ktoré majú od roku 1750 zrýchľujúci vplyv na klímu celej Zeme a aj regiónov na Zemi (po r. 1970 už z pohľadu zmien klímy dominujú

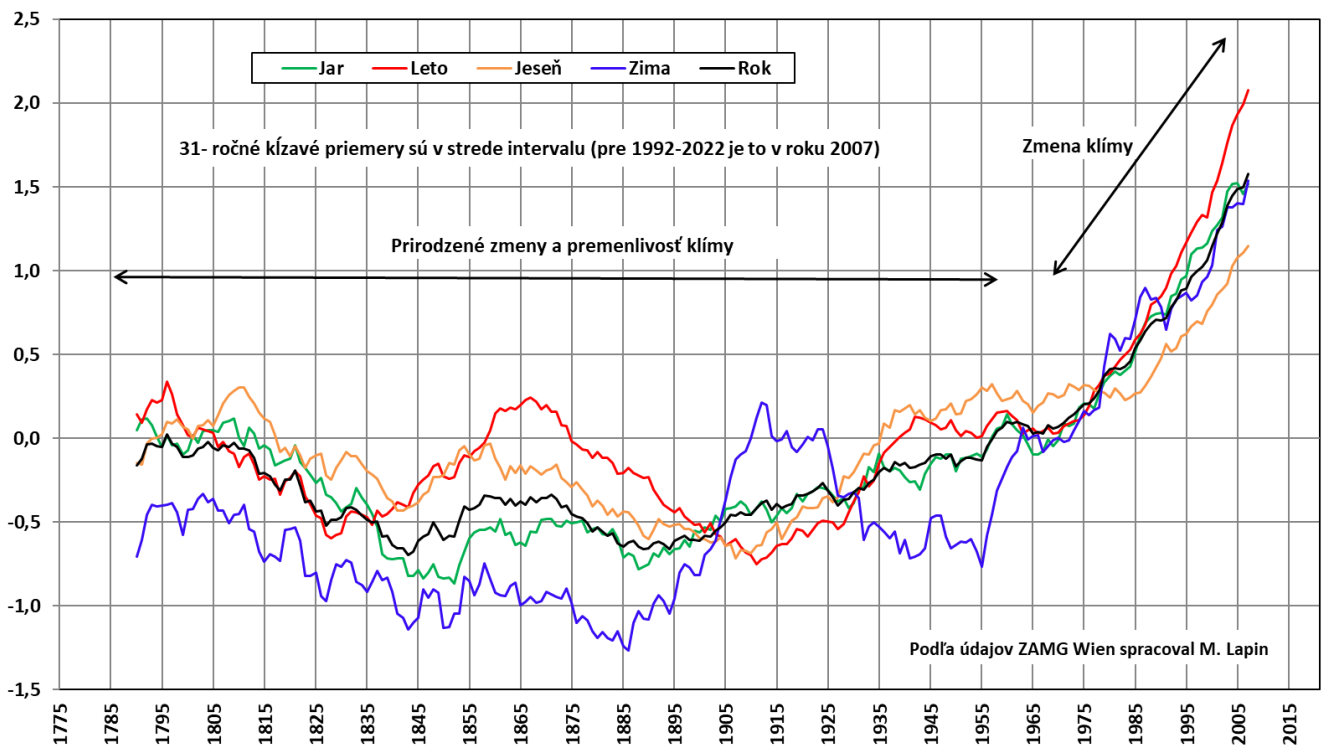
nad sumou ostatných prírodných faktorov). Napríklad, v súčasnosti predstavuje emisia CO<sub>2</sub> vplyvom činnosti človeka na Zemi asi 40 miliárd ton ročne (v dôsledku toho je teraz v atmosfére Zeme v priemere 420 ppm CO<sub>2</sub>), kým prirodzená koncentrácia CO<sub>2</sub> v atmosfére bola pred r. 1800 dlhodobo stabilná (okolo 280 ppm) a ani za posledné 2 milióny rokov nebola v priemere na Zemi vyššia ako 300 ppm. Okrem toho pribudli v atmosfére Zeme aj iné skleníkové plyny, čoho dôsledkom je zvýšenie priemernej teploty na Zemi takmer o 1,3 °C nad prirodzenú úroveň. Zvýšenie priemernej teploty je najvyššie v Arktíde (až o 3 °C), je nerovnomerné na Zemi, čo ovplyvňuje aj cirkuláciu atmosféry a oceánov na Zemi. Stredná Európa sa otepluje približne 2-krát rýchlejšie ako je celosvetový priemer a povrch kontinentov asi o tretinu rýchlejšie ako povrch oceánov v priemere.

### 3.4 PREHĽAD MINULÝCH KLIMATICKÝCH POMEROV NA SLOVENSKU

Ako sme už uviedli vyššie, po roku 1970 prevažujú antropogénne faktory v zmenách a premenlivosti klímy nad prírodnými. Dobre to môžeme vidieť na príklade priemernej teploty vzduchu vo Viedni Hohe-Warte (1775-2022), obr. 1. Zhruba do roku 1970 sa

dominantne prejavovali na odchýlkach 31-ročných priemerov teploty vzduchu prirodzené zmeny v cirkulácii atmosféry, potom už dominuje vplyv globálneho otepľovania v dôsledku zosilňovania skleníkového efektu atmosféry Zeme.

dT[°C] Odchýlky 31-ročných kľzavých priemerov teploty vzduchu od normálu 1901-2000 na stanici Wien Hohe-Warte v období 1775-2022

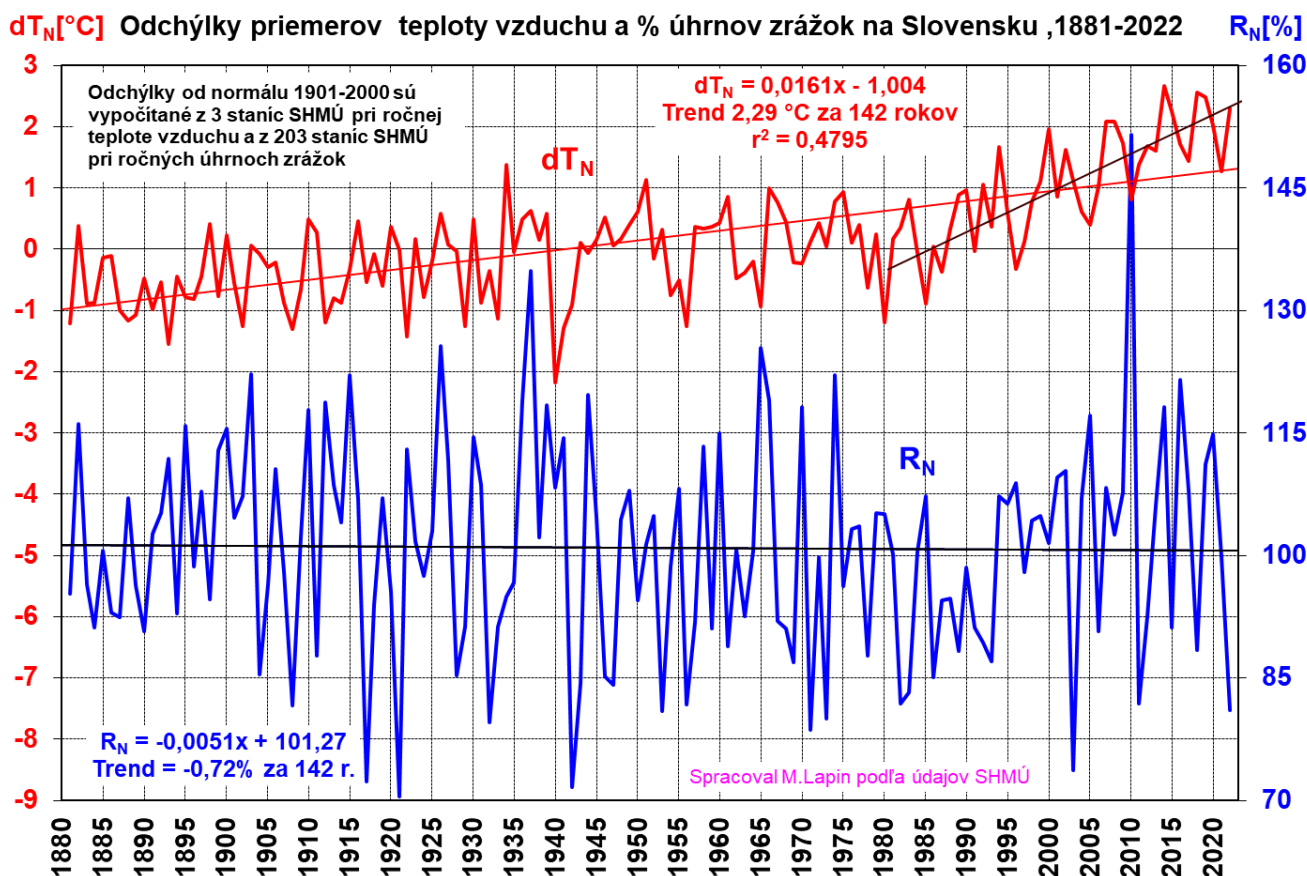


Obr. 3-1 31-ročné sezónne kľzavé priemery teploty vzduchu vo Viedni Hohe-Warte v období 1775-2022 ako odchýlky od dlhodobého priemeru (DP) z obdobia 1901-2000 (Zdroj: ZAMG Wien).

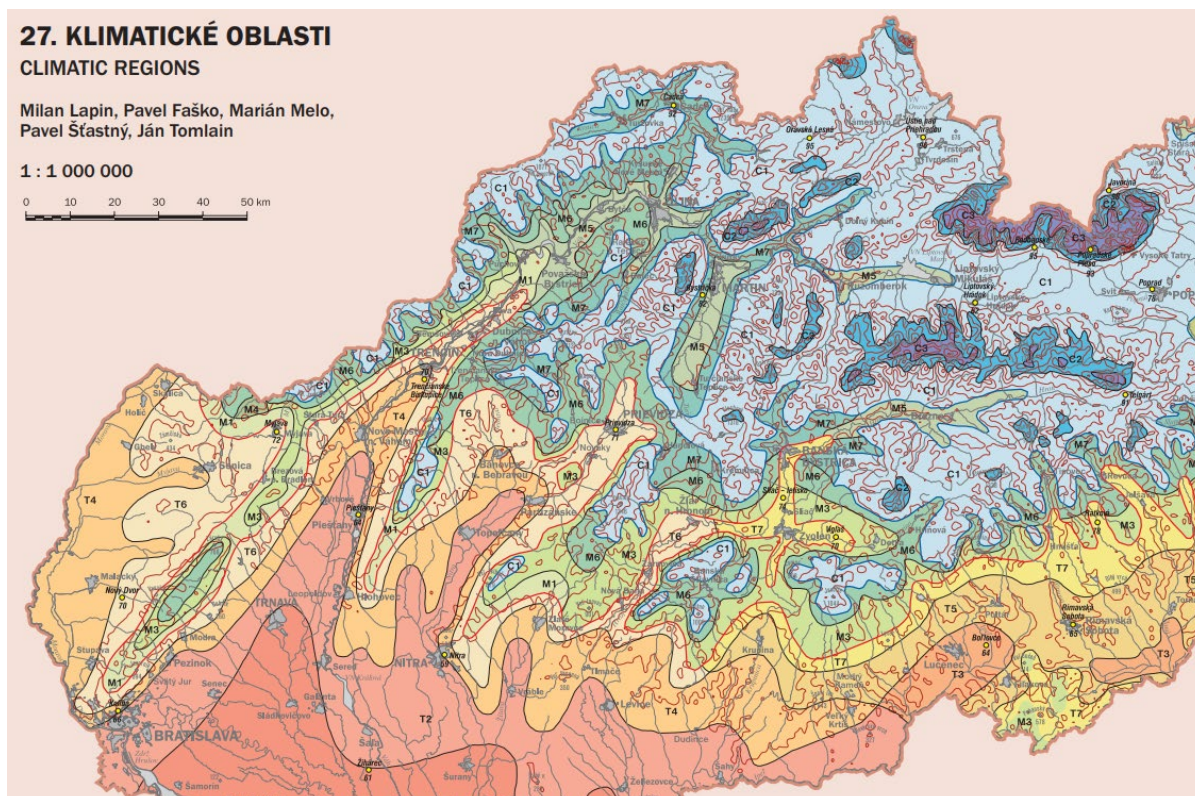
Ako vidíme z Obr. 3-1, kľzavé 31-ročné priemery z odchýlok ročných priemerov teploty vzduchu od DP 1901-2000 sa v minulosti pohybovali od  $-0,70\text{ }^{\circ}\text{C}$  v období 1828-1858 do  $+0,54\text{ }^{\circ}\text{C}$  v období 1970-2000, no v období 1992-2022 už dosiahli  $+1,58\text{ }^{\circ}\text{C}$  a zrejme sa budú ďalej zvyšovať do  $+2,5$  až  $+4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  do roku 2100. Podobné hodnoty zrejme platia aj pre celé územie Slovenska. Sezónne priemery teploty vzduchu mali v minulosti odlišné odchýlky najmä v lete a v zime, pretože ak prevládalo západné prúdenie od Atlantického oceánu, tak boli relatívne teplejšie zimy a relatívne chladnejšie letá, ak bolo

prúdenie častejšie od kontinentálneho východu, tak to bolo naopak.

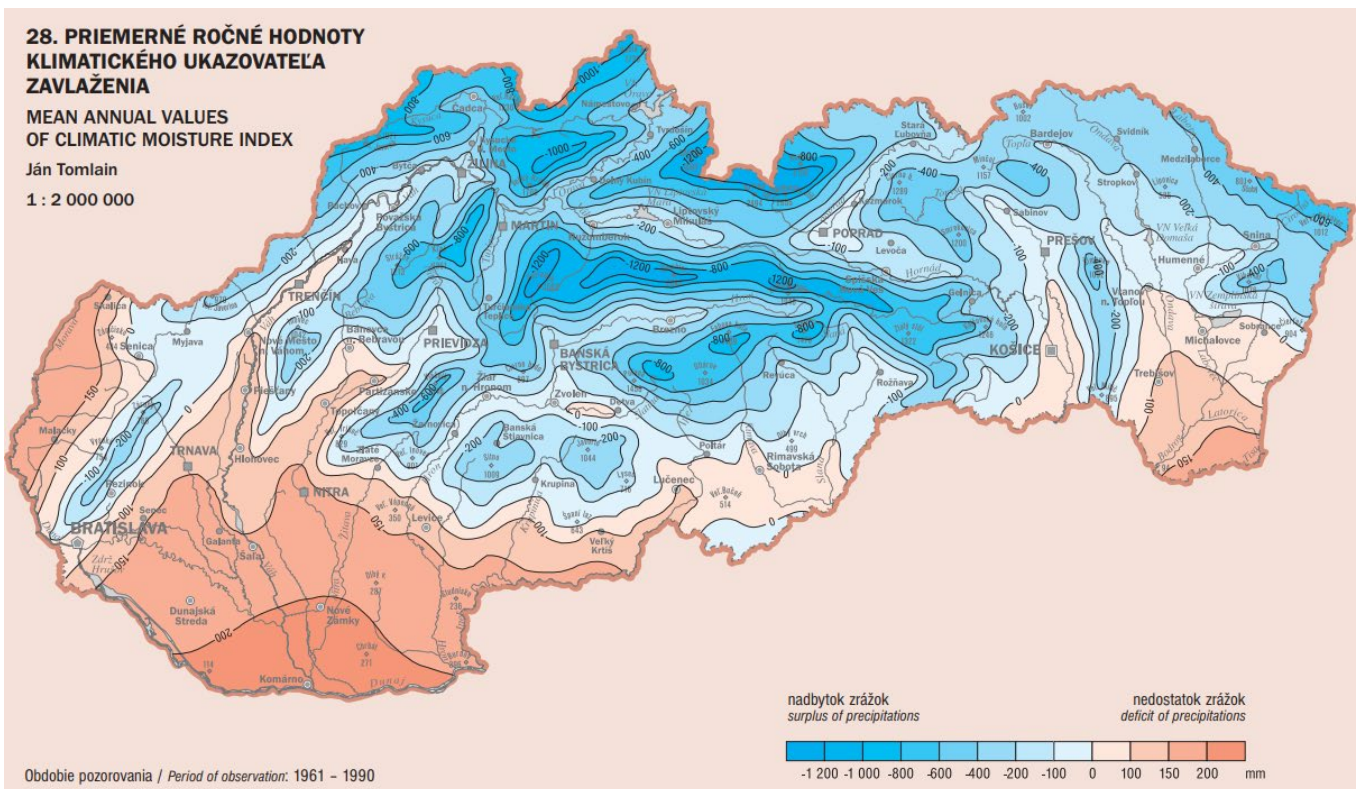
Zo Slovenska máme iba kratší rad merania teploty vzduchu (aspoň z 3 staníc), výsledok je ale veľmi podobný (Obr. 3-2). Z tohto obrázka vidíme aj to, že ročné úhrny zrážok mali v priemere nulový trend, teda v priemere ani nepribúdali a ani neubúdali, mali iba veľkú medziročnú premenlivosť (od  $-30\%$  do  $+50\%$ ). Hlavné charakteristiky klímy Slovenska v období 1961-1990 dokumentujeme na Obr. 3-3 až Obr. 3-5.



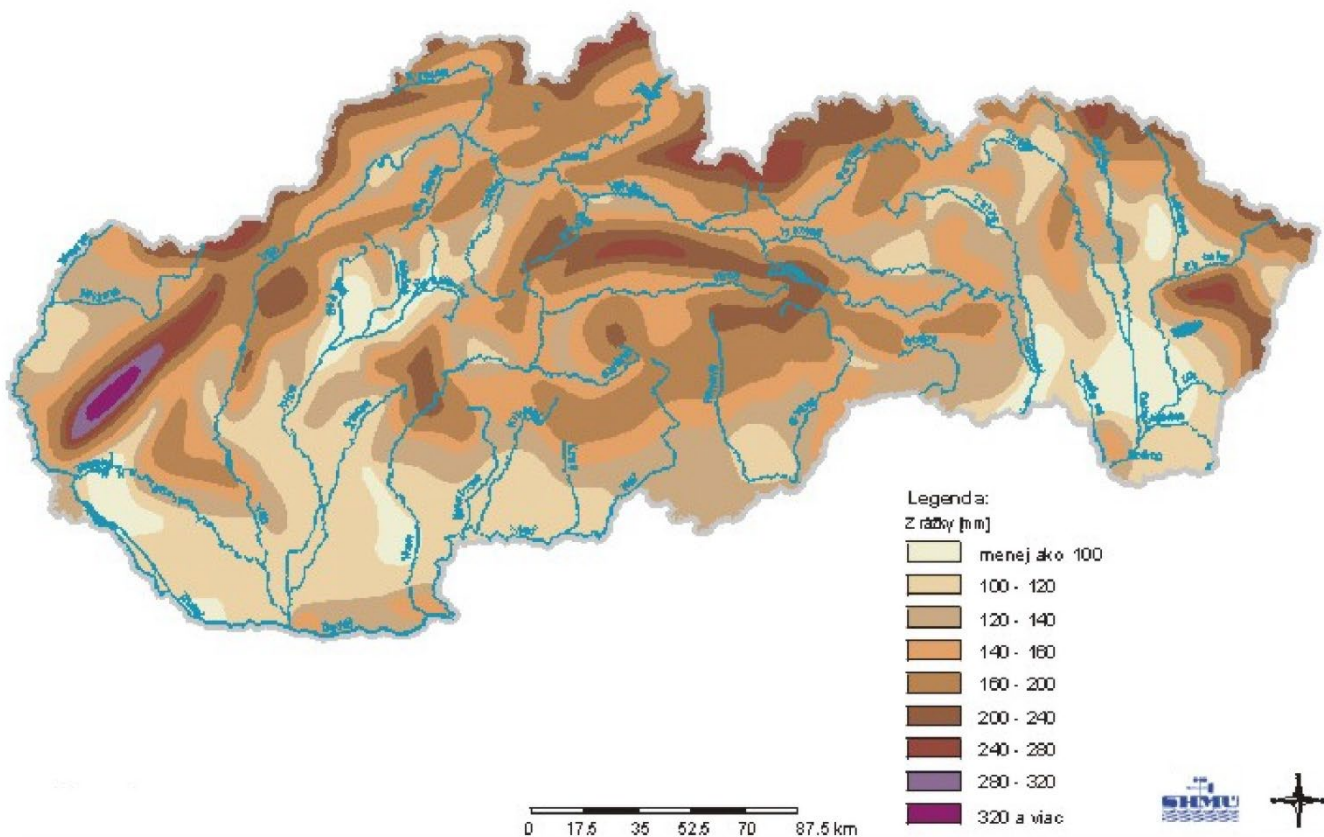
Obr. 3-2 Odchýlky ročných priemerov teploty vzduchu na Slovensku od dlhodobého priemeru z obdobia 1901-2000 a % dlhodobého priemeru ročných úhrnov zrážok na Slovensku v porovnaní s dlhodobým priemerom z obdobia 1901-1990 (podľa údajov SHMÚ)



Obr. 3-3 Klimatické oblasti na Slovensku (1961-1990) – výrez z mapy v Atlase krajiny Slovensko (2002)



Obr. 3-4 Priemerné hodnoty klimatického ukazovateľa zavláženia na Slovensku v období 1961-1990 (Atlas krajiny Slovensko, 2002)



Obr. 3-5 Ročné maximá 5-denných úhrnov zrážok s pravdepodobnosťou prekročenia raz za 100 rokov (Lapin et al. 2005)

V súlade s odporúčaním WMO (Svetová meteorologická organizácia) považujeme za referenčné porovnávacie obdobie minulej klímy roky 1961-1990. Toto obdobie je súčasne základom pre hodnotenie neskoršieho vývoja klimatickej zmeny. Neskôr IPCC (Medzivládny panel OSN pre klimatickú zmenu) navrhol priemery teploty z rokov 1851-1900 za charakteristiku predindustriálneho obdobia. Z obr. 1 vidíme, že priemery teploty vzduchu v období 1961-1990 sa vo Viedni ešte príliš nelíši od priemerov v období 1851-1900 (len asi o 0,4 °C). Väčšina štátnych a odborových technických noriem používala klimatické charakteristiky z období 1931-1960, 1951-1980 a 1961-1990, ktoré sa v prípade teploty vzduchu a úhrnov zrážok líšili tiež iba nepatrne.

Z obr. 3 vidíme, že Slovensko malo v období 1961-1990 pestré klimatické pomery. Na juhozápade SR sa vyskytovala teplá a veľmi suchá oblasť T1 s viac ako 50 letnými dňami (denné maximum teploty vzduchu 25 °C a viac) v priemere za rok, so značným nedostatkom pôdnej vlhky vo vegetačnom období a miernou zimou (s priemernou teplotou v januári nad -3 °C). Na severe Slovenska sa vyskytovali už v nadmorskej výške 600 až 700 m veľmi vlhké a chladné oblasti C1, kde júlový priemer teploty

vzduchu nedosahoval ani 16 °C a väčšinou bolo v januári v priemere chladnejšie ako -5 °C. Podrobný popis jednotlivých klimatických okrskov je v Atlase krajiny Slovensko (2002).

Obr. 4 charakterizuje priemerné podmienky zavlaženia Slovenska v období 1961-1990 z pohľadu porovnávania ročných úhrnov zrážok a ročných súm potenciálnej evapotranspirácie. Aj v tomto prípade je vidieť, že je Slovensko klimaticky pestrou krajinou, pretože na juhu miestami chýba až vyše 200 mm zrážok za rok do naplnenia požiadaviek potenciálnej evapotranspirácie, kým na severe je miestami prebytok vyše 400 mm zrážok už v nadmorskej výške 300 m. Pestrý obraz o klimatických pomeroch Slovenska máme z vyhodnotenia vysokých 5-denných úhrnov zrážok s priemernou pravdepodobnosťou prekročenia raz za 100 rokov (obr. 5). V tomto prípade zohráva úlohu aj orografická expozícia na prevládajúce prúdenie vzduchu počas cyklónálnych situácií. To ovplyvňuje aj diferenciáciu rizika na možné regionálne povodne. Riziko krátkodobých intenzívnych zrážok (za 30 minút až 1 deň) má ale trochu odlišný obraz, pretože v tomto prípade nehrá orografia až takú dôležitú úlohu, vyššie sú tam, kde sa častejšie vyskytujú intenzívne búrkové lejaky

## 3.5 SCENÁRE ZMIEN KLÍMY NA SLOVENSKU DO ROKU 2100

Hodnotenie zmien rizika a zraniteľnosti v súvislosti s prebiehajúcou klimatickou zmenou súvisí predovšetkým s rýchlosťou klimatickej zmeny, čo sa dá zrozumiteľne vyjadriť najmä rýchlosťou zmeny priemernej teploty vzduchu. Na tomto predpoklade sú založené aj rôzne scenáre klimatickej zmeny, v ktorých hrá kľúčovú úlohu zosilňovanie skleníkového efektu atmosféry v priemere na celej Zemi. To je ovplyvnené jednoznačne rastom koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére a zmenou opačného pôsobenia niektorých aerosólov. Preto sa v praxi používa niekoľko scenárov zmeny klímy.

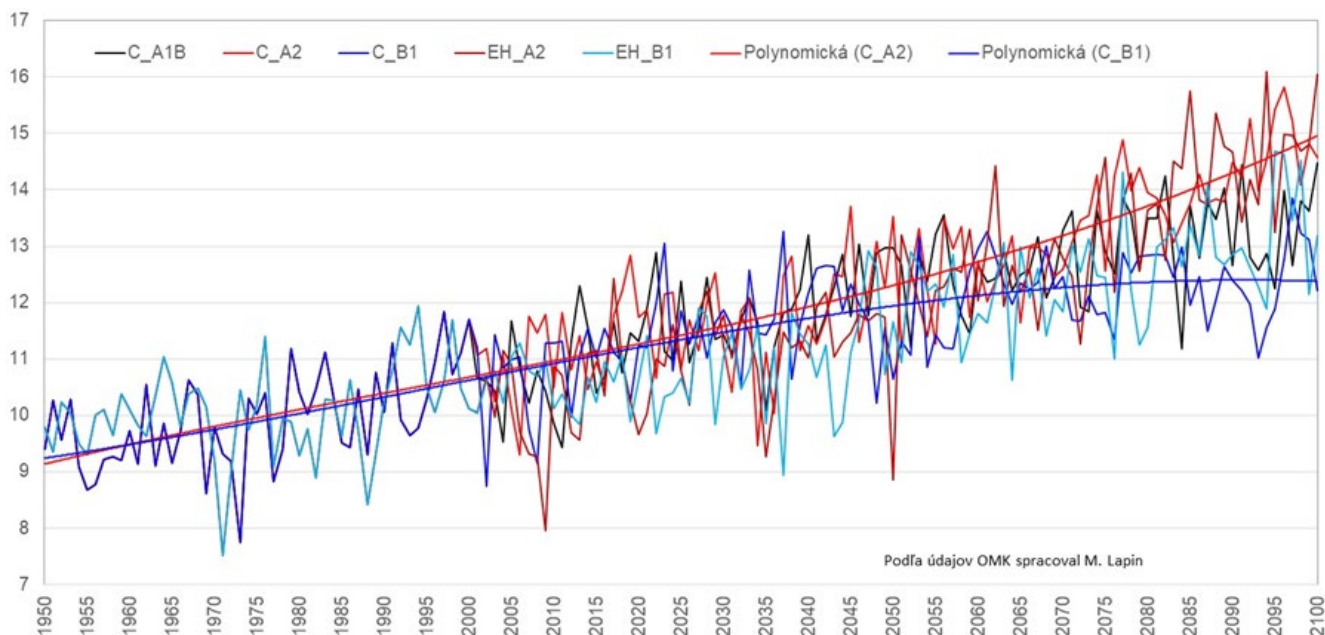
V Obr. 3-6 sú uvedené v grafickom vyjadrení základné scenáre podľa výstupov modelov CGCM3.1 (Kanada) a ECHAM5 (Nemecko) modifikovaných v Oddelení meteorológie a klimatológie FMFI UK

(OMK) pre meteorologickú stanicu Bratislava, letisko. Trendom sú označené ročné priemery teploty vzduchu s emisným scenárom IPCC SRES A2 a B1 podľa modelu CGCM3.1. (Lapin et al., 2012).

Z vyššie uvedeného obrázka scenárov zmeny klímy môžeme konštatovať, že podľa pesimistického scenára SRES A2 (vysoká globálna emisia skleníkových plynov) sa očakáva zvýšenie priemernej ročnej teploty vzduchu aj inde na Slovensku do roku 2100 v priemere asi o 5 °C v porovnaní s priemerom obdobia 1951-1960 a podľa optimistického scenára SRES B1 (nízka emisia po roku 2040) asi o 2,5 °C. V porovnaní s MS Bratislava, letisko bude ale priemerná ročná teplota počas celého obdobia 1951-2100 v centre Bratislavy asi o 0,5 °C vyššia, v Žiline asi o 2 °C nižšia a v Poprade asi o 4 °C nižšia. V tab. 1 sú uvedené predpokladané scenáre zmien teploty

vzduchu, vlhkosti vzduchu a zrážok po mesiacoch roka pre MS Sliač, letisko a časový horizont roka 2075. V týchto scenároch je zaujímavosťou možný

rast množstva vodnej pary v atmosfére až o 50% a pokles úhrnov zrážok v mesiacoch júl a august.



Obr. 3-6 Scenáre ročných priemerov teploty vzduchu v °C pre Bratislavu, letisko podľa modelov CGCM3.1 (Kanada, C\_A1B, C\_A2, C\_B1) a ECHAM5 (Nemecko, E\_A2, E\_B1) a emisných scenárov IPCC SRES A2 (červené), IPCC SRES B1 (modré) a IPCC SRES A1B (čierne)

Tab. 3-1 Odchýlky mesačných priemerov teploty vzduchu ( $dT$  v °C), kvocienty mesačných priemerov tlaku vodnej pary ( $q_e$ ) a kvocienty mesačných úhrnov zrážok ( $q_R$ ) v časovom horizonte roku 2075 (priemer z obdobia 2051-2100) v porovnaní s priemerom obdobia 1951-1980 podľa scenárov CGCM3.1-B1, CGCM3.1-A2, KNMI-A1B a MPI-A1B pre meteorologickú stanicu Sliač, letisko (B1, A2 a A1B sú tzv. SRES emisné scenáre podľa IPCC, kvocient 1,30 znamená 30 % nárastu)

Model/Scenár	3.5.1.1 Prvok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
CGCM3,1-B1	$dT[°C]$	3,45	3,66	3,51	3,08	2,66	2,02	0,94	1,57	2,39	2,53	2,23	2,34
CGCM3,1-B1	$q_e$	1,30	1,30	1,35	1,26	1,16	1,14	1,12	1,11	1,17	1,16	1,18	1,22
CGCM3,1-B1	$q_R$	1,36	0,99	1,38	1,42	1,14	1,16	1,12	1,04	1,02	0,88	1,42	1,15
CGCM3,1-A2	$dT[°C]$	4,56	4,75	5,06	4,82	3,67	2,87	2,07	3,38	3,76	3,58	3,73	3,14
CGCM3,1-A2	$q_e$	1,43	1,43	1,51	1,41	1,23	1,20	1,18	1,21	1,22	1,22	1,32	1,29
CGCM3,1-A2	$q_R$	1,39	1,10	1,34	1,50	1,21	1,15	0,94	0,87	0,86	1,06	1,34	1,32
KNMI-A1B	$dT[°C]$	2,81	2,75	2,70	2,17	2,41	3,16	3,17	3,10	2,88	3,06	2,05	2,48
KNMI-A1B	$q_e$	1,25	1,24	1,22	1,15	1,13	1,17	1,13	1,16	1,17	1,21	1,14	1,21
KNMI-A1B	$q_R$	1,24	1,27	1,32	1,16	0,93	0,81	0,65	0,94	1,07	1,04	1,23	1,21
MPI-A1B	$dT[°C]$	3,11	2,69	2,38	1,90	1,54	2,50	2,37	3,36	3,40	3,34	2,31	2,95
MPI-A1B	$q_e$	1,23	1,21	1,18	1,17	1,14	1,16	1,15	1,17	1,19	1,21	1,15	1,20
MPI-A1B	$q_R$	1,20	1,37	1,24	1,25	0,93	0,92	0,72	0,83	1,16	1,22	1,17	1,31

Podobné oteplenie klímy môžeme očakávať aj podľa scenárov z iných modelárskych centier a aj podľa novších výstupov klimatických modelov, čo pri málo zmenených úhrnoch zrážok bude znamenať zásadné zmeny v klimatických pomeroch. Pôjde hlavne o:

- a) Zvýšenie rizika sucha v teplom období roka (sucho hydrologické a fyziologické),
- b) Významné predĺženie vegetačného obdobia (aj o viac ako 4 týždne),

- c) Zásadnú zmenu v zimných klimatických pomeroch (podstatne menší počet dní so snehovou pokrývkou, pričom sa snehová pokrývka môže roztopiť hocikedy v zime až do 1000 m n.m.),
- d) Výskyt významných privalových dažďov, síce len sporadicky v teplom období roka, ale s vyššou intenzitou ako doteraz (priemerné



prekročenie v mm raz za 50 alebo 100 rokov).

V teplom období roka sa tiež očakáva významné zvýšenie počtu dní a dĺžky období so stavom dusna (tlak vodnej pary 18,8 hPa a viac) a s vlnami horúčav (Lapin et al., 2015, 2016 a 2021). Z iných klimatických prvkov sa očakáva malý pokles relatívnej vlhkosti vzduchu (predovšetkým od marca do augusta), iba malé zvýšenie trvania snečného svitu a globálneho žiarenia a nevýznamná zmena v priemernej rýchlosti vetra. V súvislosti s očakávaným zosilnením konvektívnych javov sa očakáva síce ojedinelý, no významný výskyt silných búrok so sprievodnými nebezpečnými javmi silnejšími ako v minulosti (intenzívne zrážky, blesková aktivita, vietor s rýchlosťou nad 117 km/h, tornáda). Pokiaľ ide o tornáda, tak sa aj v minulosti vyskytovali na Slovensku približne s hustotou jedno tornádo sily F1 v priemere ročne a so silou F2 až F4 veľmi zriedkavo (raz za dlhšie obdobie ako 10 rokov).

Do určitej miery už môžeme zaregistrovať zmeny mesačných a sezónnych priemerov teploty vzduchu

a zrážok medzi normálovými obdobiami 1931-1960, 1961-1990 a 1991-2020 aj na Slovensku (uvádzame príklad pre meteorologickú stanicu (MS) Bratislava, letisko).

Priemery teploty vzduchu za rok a teplý polrok (TP, IV-IX) sa takmer rovnomerne zvýšili v období 1991-2020 vo všetkých ročných obdobiach a takmer v každom mesiaci roka (tab. 2). V období 1991-2020 bol priemer teploty zväčša o 0,9 °C až 1,2 °C vyšší ako v období 1961-1990 a aj 1931-1960. V jednotlivých mesiacoch to ale mohlo byť aj inak. Treba pripomenúť, že rozdiel 1,2 °C znamená posun asi o 200 m nadmorskej výšky nahor. Podľa tab. 3 sa úhrny zrážok na MS Bratislava, letisko síce mierne zmenili, no táto zmena neznamená významný nárast ale pokles mesačných a sezónnych úhrnov zrážok. Podobnú analýzu je možné urobiť aj pre celé Slovensko. Vyplýva z nej, že kým priemery teploty vzduchu sa v období 1991-2020 zvýšili rovnomerne na celom území, zmeny úhrnov zrážok sú dosť premenlivé, pričom na severe Slovenska ide zväčša o malý nárast úhrnov a na juhu Slovenska väčšinou o malý pokles.

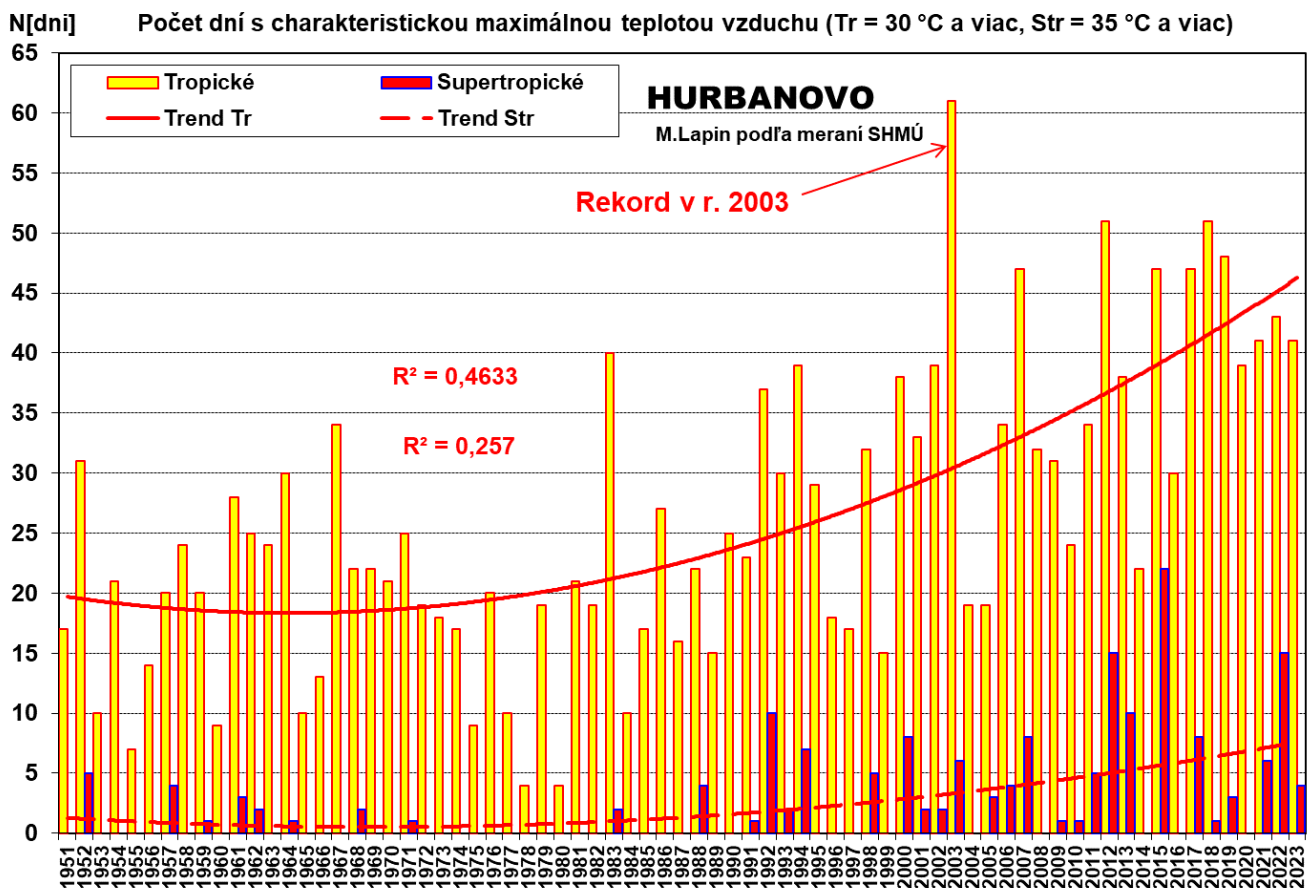
Tab. 3-2 Mesačné a sezónne priemery teploty vzduchu na meteorologickej stanici SHMÚ Bratislava, letisko (d1 je rozdiel priemerov (1991-2020) a (1961-1990) v °C, d2 priemerov (1991-2020) a (1931-1960) v °C a d3 (1961-1990) a (1931-1960) v °C, 1991-2020 podľa údajov SHMÚ, ostatné podľa publikovaných výsledkov spracovania)

1991-2020	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	TP
Priemer	0,3	1,9	6,1	11,7	16,2	20,2	22,0	21,5	16,2	10,7	5,7	1,1	11,1	18,0
Max	5,2	6,2	9,6	15,8	19,2	23,8	24,6	25,2	18,7	13,4	8,1	3,7	12,5	20,1
Min	-4,4	-3,5	2,1	7,8	12,4	18,0	18,6	18,3	12,3	7,9	1,2	-3,5	9,0	16,1
1961-1990	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	TP
Priemer	-1,4	0,9	5,0	10,2	15,1	18,3	20,1	19,3	15,4	9,9	4,4	0,5	9,8	16,4
Max	4,6	6,0	8,9	13,0	17,4	20,6	23,3	21,5	18,1	13,4	7,6	3,8	10,9	17,8
Min	-6,3	-4,6	0,0	7,6	12,8	16,0	18,0	17,1	12,8	6,9	0,6	-4,5	8,7	15,0
1931-1960	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	TP
Priemer	-1,9	0,0	4,4	10,2	15,0	18,4	20,4	19,5	15,8	9,9	4,8	0,8	9,8	16,6
Rozdiel	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	TP
d1	1,7	1,0	1,1	1,5	1,1	1,9	1,9	2,2	0,8	0,8	1,3	0,6	1,3	1,6
d2	2,2	1,9	1,7	1,5	1,2	1,8	1,6	2,0	0,4	0,8	0,9	0,3	1,3	1,4
d3	0,5	0,9	0,6	0,0	0,1	-0,1	-0,3	-0,2	-0,4	0,0	-0,4	-0,3	0,0	-0,2

Tab. 3-3 Mesačné a sezónne priemery úhrnov zrážok na meteorologickej stanici SHMÚ Bratislava letisko (q1 je kvocient priemerov (1991-2020) a (1961-1990) v %, q2 priemerov (1991-2020) a (1931-1960) v % a q3 (1961-1990) a (1931-1960) v %, 1991-2020 podľa údajov SHMÚ, ostatné podľa publikovaných výsledkov spracovania)

1991-2020	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	TP
priemer	37	33	37	36	59	59	62	61	59	44	46	43	574	335
Max	77	77	90	83	140	135	125	139	155	118	116	84	820	596

Min	10	3	3	1	15	15	8	8	13	1	0	12	337	198
1961-1990	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	TP
priemer	43	43	38	35	56	66	54	62	40	37	54	50	577	312
Max	107	118	75	95	158	166	143	197	103	135	131	138	859	592
Min	3	2	11	6	5	12	12	16	10	2	12	9	392	193
1931-1960	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	TP
priemer	45	45	46	43	69	66	79	67	40	63	60	53	676	364
Kvocient	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	TP
q1	87	77	97	102	105	90	114	98	146	118	86	85	100	107
q2	83	73	80	83	85	90	78	90	146	69	77	81	85	92
q3	96	96	83	81	81	100	68	93	100	59	90	94	85	86

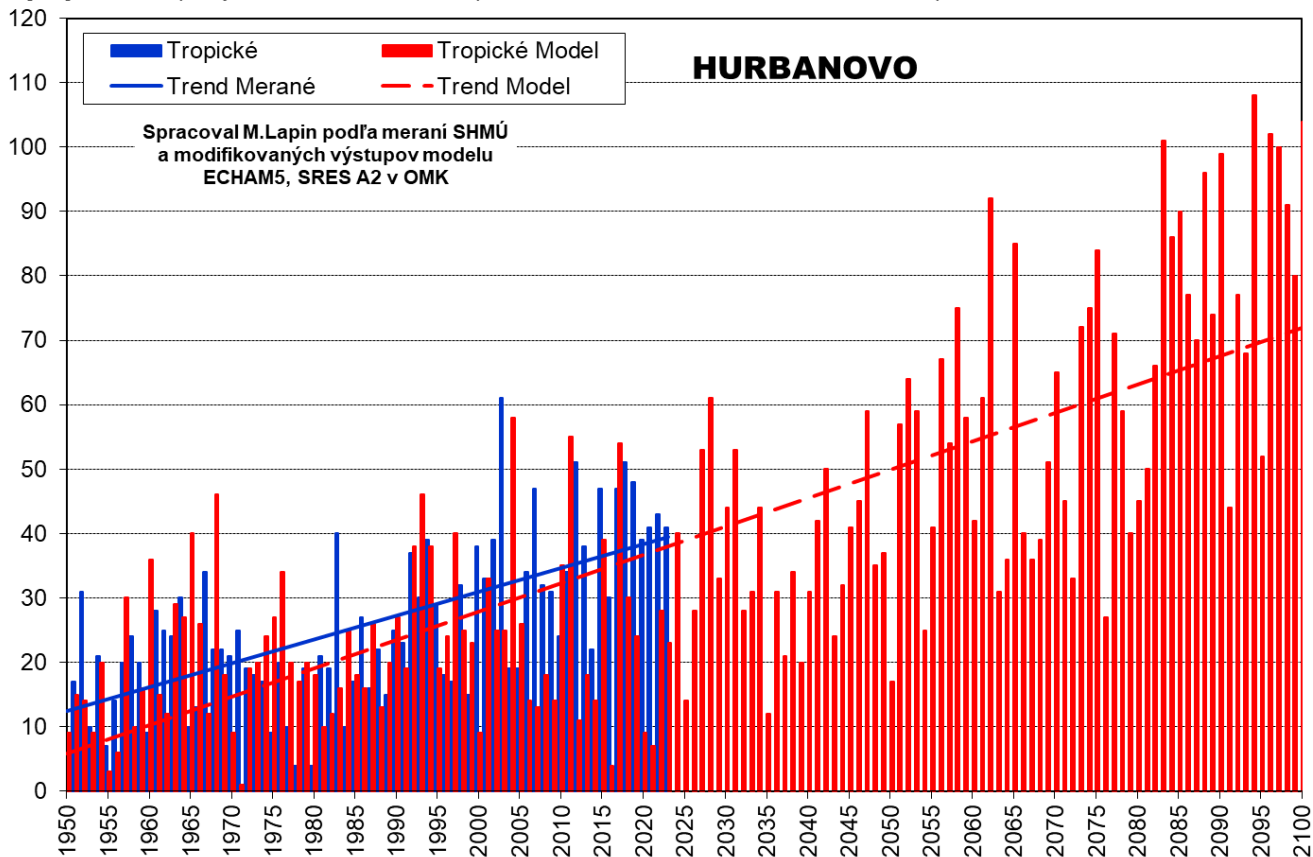


Obr. 3-7 Počet tropických dní (žlté, s maximom teploty  $T \geq 30\text{ }^\circ\text{C}$ ) a supertropických dní (červené, s maximom teploty  $T \geq 35\text{ }^\circ\text{C}$ ) v Hurbanove za roky 1951-2023 (podľa údajov SHMÚ)

Na Obr. 3-7 prezentujeme jeden z mnohých príkladov už pozorovaných zmien extrémov počasia na Slovensku v období 1951-2023. Ide o počet tropických a supertropických dní. Tento fenomén spolu s výskytom vln horúčav do roku 2015 je predmetom analýzy v článku autorov Lapin et al., 2016. Na obr. 8 je scenár možného vývoja tropických dní do roku 2100. Zvyšujúci sa počet dní s maximom teploty  $30\text{ }^\circ\text{C}$  a viac a  $35\text{ }^\circ\text{C}$  a viac ako aj dni s tlakom

vodnej pary  $18,8\text{ hPa}$  a viac a vln horúčav s trvaním 5 dní a viac je dobrým príkladom dôsledkov otepľovania klímy na Slovensku. Popri záťaži pre obyvateľov krajiny má rastúci trend takých prípadov počasia významné negatívne dôsledky aj v ekonomickej sfére a v prírodnom prostredí. Zároveň je to predpokladom intenzívnych zrážok, ak sa vyskytne cyklonálna situácia alebo sa vytvoria podmienky na silnú konvekciu.

N[dni] Počet tropických dní s maximálnou teplotou 30 °C a viac v Hurbanove, merané a podľa modelu ECHAM5, SRES A2



Obr. 3-8 Merané hodnoty a stredne pesimistický scenár vývoja počtu tropických dní (s denným maximom teploty vzduchu  $T \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) podľa modelu ECHAM5, emisný scenár IPCC SRES A2

## 3.6 MIERA RIZÍK NEGATÍVNYCH DÔSLEDKOV ZMENY KLÍMY S VPLYVOM NA LÍNIOVÉ STAVBY

Mieru rizika v súvislosti s očakávanou zmenou klímy je možné rozdeliť do skupín podľa jednotlivých klimatických prvkov, z čoho potom vyplynie aj rozdelenie podľa typu líniových stavieb. Na tomto mieste nebudeme podrobne uvádzať minulé (normálne) klimatické pomery na Slovensku v obdobiach 1931-1960, 1961-1990, prípadne aj 1901-1950 a 1951-1980, na základe ktorých boli v doterajšej histórii existujúce líniové stavby projektované v súlade so štátnymi alebo Odborovými technickými normami. Hodnoty klimatických charakteristík z týchto období sú dostatočne publikované v klimatických pomeroch krajov SR alebo v atlasoch SR a v iných podobných publikáciách uvedených v zozname literatúry. Je ale potrebné uviesť, že klimatické pomery v minulých normálových obdobiach sa líšili do roku 1990 iba nepatrne, takže prípadné zámena normálov nespôsobovala žiadne závažné problémy.

Je ale zrejmé, že jednotlivé typy líniových stavieb sú rozdielne citlivé na zmeny rôznych klimatických prvkov a klimatických charakteristík. Pozn.: Pod pojmom klimatický prvok rozumieme napríklad teplotu vzduchu, teplotu pôdy, vlhkosť vzduchu, atmosférické zrážky, smer a rýchlosť vetra atď. Pod pojmom klimatická charakteristika rozumieme napríklad počet tropických dní za rok (mesiac), mesačný priemer denných mínim teploty vzduchu, priemerné ročné maximum 24-hodinovej sumy novej snehovej pokrývky atď. Ďalší výklad teda rozdelíme podľa jednotlivých klimatických prvkov a najdôležitejších klimatických charakteristík, pričom priebežne uvedieme aj niektoré očakávané riziká na vybrané typy líniových stavieb.

### Teplota vzduchu

Ročný priemer teploty vzduchu sa v minulých (30-ročných) normálových obdobiach (do roku 1990) na Slovensku vyskytoval v priemere od 10 °C na juhozápade SR do asi 4,5 °C v nadmorskej výške okolo 800 m. V centre Bratislavy bol ročný priemer teploty asi o 0,5 °C vyšší. Medzi jednotlivými 30-ročnými obdobiami boli v priemere rozdiely iba niekoľko desiatin °C. Do roku 2040 (obdobie 2011-2040) očakávame zvýšenie ročného priemeru teploty v podstate podľa všetkých scenárov asi o 1,0 °C. Je ale zrejmé, že už v období 1993-2022 došlo

k zvýšeniu priemernej teploty na Slovensku približne o 1,3 °C, čiže klimatická zmena prebieha u nás rýchlejšie ako očakávali scenáre. Aj do budúcich desaťročí musíme teda počítať skôr s pesimistickejšími scenármi (s vyšším oteplením klímy). Obdobie 2011-2040 bude tak zrejme najmenej o 1,5 °C v priemere teplejšia ako bolo obdobie 1961-1990 a posledné 30-ročné obdobie 21. storočia (2071-2100) bude asi až o 5,0 °C teplejšie ako obdobie 1961-1990 (v prípade výrazného obmedzenia celosvetovej emisie skleníkových plynov len asi o 3 °C teplejšie). Doterajší ročný chod teploty vzduchu sa ale významne nezmení, otepľovanie klímy bude teda rovnomerné počas celého roka (s o trochu menším oteplením v jesenných mesiacoch). O málo rýchlejšie sa budú zvyšovať denné minimá ako denné maximá teploty vzduchu. Od tejto skutočnosti sa budú odvíjať aj ďalšie teplotné charakteristiky jednotlivých regiónov na Slovensku. Pôjde predovšetkým o zmenu zimných podmienok (nepravidelný výskyt snehovej pokrývky až do výšky 1000 m n.m. a časté oteplenia nad +10 °C v nižších polohách Slovenska), zmenu nástupu a konca vegetačného obdobia (posun až o 4 týždne smerom k začiatku a koncu roka) a zmenu letných podmienok (najmä časté vlny horúčav a zvýšený počet dní s maximom teploty vzduchu nad 30 °C a nad 35 °C v nižších polohách). Napríklad počet tropických dní s maximom teploty vzduchu 30 °C a viac bol už v období 1991-2020 v Hurbanove o 78% vyšší ako v období 1961-1990 a s denným maximum 35 °C a viac (supertropické dni) až o 754% vyšší (scenáre signalizovali iba asi o 30%, resp. o 100% vyššie hodnoty). Naopak, počet ľadových dní (s celodenným mrazom) bol v Hurbanove v období 1991-2020 o 26% nižší ako v období 1961-1990, pričom scenáre predpokladali zníženie len asi o 10%. Je teda reálny predpoklad, že aj v tomto prípade bude oteplenie klímy v období 2011-2040 výraznejšie ako predpokladali scenáre klimatickej zmeny. Počet dní so silným mrazom (pod -10 °C) sa síce tiež výrazne zníži, no budú sa ojedinele vyskytovať aj koncom 21. storočia (skoro každú zimu aj niekde na nížinách). To ovplyvní aj podmienky potenciálnej evapotranspirácie (sucho sa bude vyskytovať častejšie a v dlhších epizódach ako pred

rokom 1991) a aj výskyt privalových zrážok (nebudú sa síce vyskytovať častejšie, no budú až o 40% intenzívnejšie ako pred rokom 1991). Celkový ročný úhrn zrážok sa ale významne nezmení.

Zmena priemernej ročnej teploty vzduchu bude s nejakým oneskorením znamenať aj podobnú zmenu priemernej ročnej teploty pôdy aj do hĺbky 10 m, pričom čím pôjde o väčšiu hĺbku, tým bude oteplenie pôdy viac oneskorené (v hĺbke 10 m možno až o 10 rokov).

#### **Vlhkosť vzduchu**

Zmeny vlhkosti vzduchu budú v súlade so zmenou teploty vzduchu. Zvýšenie teploty vzduchu o 1 °C bude znamenať zvýšenie množstva vodnej pary v atmosfére do 6% (pri teplote pod -10 °C až do 10%). Vzhľadom na to, že sa povrch oceánov otepluje asi o tretinu pomalšie ako kontinenty, vyparí sa z nich menej vodnej pary ako je potrebné pre vyššiu teplotu nad kontinentami na udržanie doterajšej relatívnej vlhkosti vzduchu, preto bude naďalej klesať relatívna vlhkosť vzduchu aj na Slovensku, predovšetkým od marca do augusta a viac na juhu ako na severe Slovenska (už poklesla asi o 5% a do roku 2100 poklesne o ďalších 5%). Rast množstva vodnej pary v atmosfére bude znamenať aj významné zvyšovanie počtu dní s dusnom (parciálny tlak vodnej pary nad 18,7 hPa), predovšetkým v lete a v malej nadmorskej výške. Už doteraz sa zvýšil počet dusných dní približne na dvojnásobok. Keďže bude vyššia teplota aj počas cyklónálnych situácií (keď sa často blíži relatívna vlhkosť k 100%), s určitou istotou bude vtedy v atmosfére viac disponibilnej vodnej pary na vznik zrážok (o 6% pri zvýšení teploty vzduchu o 1 °C), čo spôsobí rast intenzity a úhrnov zrážok počas podobných situácií.

#### **Atmosférické zrážky a snehová pokrývka**

Na zmenu režimu atmosférických zrážok (ďalej len zrážok) bude pôsobiť niekoľko faktorov. Rýchlejšie otepľovanie Arktídy ako subtropických širok severnej pologule bude znamenať zoslabenie západnej zonálnej cirkulácie atmosféry a posun polárnej frontálnej zóny v Európe na sever (v lete až na Pobaltie). Zároveň sa zvýši množstvo vodnej pary v atmosfére v súlade s rastom teploty atmosféry a povrchu morí v okolí Európy. Výsledkom bude zvýšenie podielu konvektívnych zrážok (prehánky a búrkové lejaky) a pokles podielu trvalých cyklónálnych zrážok s menšou intenzitou v sezóne od apríla do septembra, pričom sa celkový úhrn zrážok nezväčší, na juhu Slovenska sa môže o málo aj zmenšiť (hlavne v lete). V sezóne od októbra do marca budú prevládať tekuté zrážky, pričom sa ich

úhrn mierne zvýši (viac na severe Slovenska). Aj v sezóne december až február sa budú často vyskytovať tekuté zrážky, sneženie bude v zime výrazne prevažovať až vo výške nad 800 m n.m. V dôsledku zvyšujúcej sa teploty bude snehová pokrývka počas zimy stále viac nestabilná až do výšky 1000 m n.m. (môže sa tam kedykoľvek počas zimy úplne roztopiť). Viac snehu ako v minulosti (pred rokom 1991) bude iba vo výške nad 1200 m n.m. Keďže najviac nového snehu padá za vhodných cyklónálnych situácií pri teplote tesne pod 0 °C, budú sa občas vyskytovať epizódy s veľkou výškou nového snehu (nad 20 cm za 24 hodín) aj v nižších polohách, ktorý sa ale v teplejších regiónoch po niekoľkých dňoch úplne roztopí. Režim zrážok nadobudne v teplom polroku (IV-IX) taký charakter, že väčšinou sa budú striedať dlhšie obdobia s veľmi teplým počasím a malými úhrnmi zrážok s kratšími periódami s výdatnými zrážkami prevažne charakteru búrkových lejakov a prehánok. Počas ojedinelých silných búrok môže koncom 21. storočia spadnúť až o 40% viac zrážok ako pred rokom 1991. Viac zrážok ako pred rokom 1991 (až o 30%) spadne zrejme aj počas ojedinelých 5-denných epizód s výdatnými zrážkami kedykoľvek počas roka (ide o zrážky s priemernou pravdepodobnosťou prekročenia raz za 50 alebo 100 rokov v danej lokalite).

#### **Vietor**

V súvislosti s posunom polárnej frontálnej zóny severným smerom a so zoslabením západnej zonálnej cirkulácie atmosféry nad Európou, sa veľmi pravdepodobne trochu zníži aj celkový ročný priemer rýchlosti vetra na území Slovenska (vrátane horských polôh). Na druhej strane dôjde k zosilneniu ojedinelých búrkových systémov v teplom období roka, počas ktorých sa vyskytuje prechodné zvýšenie rýchlosti vetra v 1-minútovom priemere nad 75 km/h, zriedka až nad 117 km/h. Určite vzrastie počet tornád kategórie F1 s rýchlosťou vetra nad 117 km/h (doteraz je to v priemere len asi jedno tornádo ročne na Slovensku), možno až na 2-násobok. Silnejšie tornáda kategórie F2 až F4 sa budú naďalej vyskytovať veľmi zriedkavo. Aj tak ale nemôžeme považovať riziko tornád na území Slovenska za kritické, na juhovýchode USA je výskyt takých tornád o viac ako 10-násobok vyšší. V chladnom polroku býva zvýšená rýchlosť vetra v prípade priblíženia hlbokých cyklón k nášmu územiu alebo v prípade vpádu studeného vzduchu od severu. Počet takých prípadov bude zrejme podobný ako v minulosti, hoci výskyt tzv. Stredomorských cyklón sa asi o niečo

zniži. Určitým rizikom sú aj dlhé teplotne inverzné obdobia so slabým vetrom, keď dochádza k zvyšovaniu koncentrácie škodlivých látok v atmosfére. Počet takých prípadov sa zrejme zvýši oproti minulosti, bývajú často spojené aj s hmlou a inými nebezpečnými javmi (námraza, ľadovka, poľadovica...) v orograficky kritických polohách.

#### **Hydrologická alebo vlahová bilancia krajiny**

Rast teploty vzduchu, pokles relatívnej vlhkosti vzduchu a zvýšenie premenlivosti úhrnov zrážok (ktorých ročná suma sa významne nezmení) bude znamenať pomerne veľké zmeny v hydrologickej bilancii krajiny. Potenciálna evapotranspirácia (suma potenciálneho výparu z pôdy a potenciálnej transpirácie rastlín a drevín) sa už doteraz zvýšila na Slovensku asi o 100 mm ročne. Okrem toho sa prakticky zrušilo jarné topenie snehu na veľkej časti Slovenska (pretože sa až do výšky 800 m n.m. môže sneh celkom roztopiť hocikedy v priebehu zimy). Stabilnú snehovú pokrývku budeme mať čoskoro len nad 1000 m n.m., čo je iba 5,4% z rozlohy Slovenska. Taký vývoj zásadne zmení režim odtoku vody z krajiny a aj režim výšky hladiny vody v riekach na Slovensku (s výnimkou Dunaja, ktorý sa riadi režimom hydrologickej bilancie na území Álp). Je potrebné počítať s tým, že zimné a jarné zvýšenie hladiny riek bude podstatne nepravidelnejšie ako v minulosti a zo Slovenska odtečie do zahraničia menej vody zo zrážok. Do roku 1980 do zahraničia odtieklo 35% vody zo zrážok (65% sa vyparilo), v posledných 30 rokoch je to už len 30% (70% sa vyparí). V dôsledku toho bude naďalej klesať hladina podzemnej vody na väčšine územia Slovenska a klesať bude aj priemerná vlhkosť pôdy do hĺbky 100 cm. Suché epizódy sa budú pravdepodobne vyskytovať aj v nadmorskej výške okolo 600 m. Keďže sa ale zvýši premenlivosť úhrnov zrážok (dlhé obdobia sucha a krátke obdobia s výdatnými zrážkami), musíme počítať so zvýšeným počtom náhlych povodní v menších povodiach. Veľké regionálne povodne budú síce zriedkavé (možno raz za 20 rokov v priemere niekde na Slovensku, podobne ako doteraz), no budú ničivejšie ako v minulosti (pred rokom 1991) tam, kde nemáme vybudované účinné protipovodňové opatrenia.

#### **Iné nebezpečné javy**

Počas roka sa vyskytujú aj niektoré nebezpečné javy negatívne vplývajúce na stavebné objekty a iné aktivity človeka, ktoré súvisia predovšetkým s vodou v atmosfére a na zemskom povrchu. Ide o hmlu, poľadovicu, ľadovku, námrazu a zmrázky. Hmla vzniká kondenzáciou vodnej pary do tvaru malých

kvapiek vody voľne sa vznášajúcich v atmosfére. Kvapky vody môžu byť v tekutej fáze aj pri teplote pod 0 °C v závislosti od ich veľkosti, až do -42 °C pri veľmi malých kvapkách. Ak je hustota kvapiek taká veľká, že sa znižuje vodorovná dohľadnosť pod 1000 m hovoríme o hmle, pod 200 m o hustej hmle a pod 50 m o veľmi hustej hmle (v zahraničí to môže byť inak). Hmla môže vzniknúť radičným ochladzovaním prízemnej vrstvy vzduchu, advekciou vlhkého a teplého vzduchu do chladného prostredia, výparom z teplého povrchu do chladného vzduchu, zmiešaním dvoch rozdielnych vzduchových hmôt alebo výstupom vlhkého vzduchu na návetrí pohoria. V tých prípadoch keď sa kvapky zväčšia kondenzáciou na priemer nad 0,1 mm môžu vypadávať k zemskému povrchu ako mrholenie. Pri teplote pod bodom mrazu kvapky po páde na zemský povrch alebo po dotyku s nejakou prekážkou (ktorá má teplotu nižšiu ako 0 °C) okamžite alebo postupne mrznú. Môže tak vzniknúť poľadovica, ľadovka alebo námraza s rôznou štruktúrou a hrúbkou. Tvorba námrazy je závažným problémom vo veterných polohách najmä na dolnej hranici oblačnosti, kde môže dosiahnuť jej hrúbka aj viac ako 10 cm za 24 hodín. Môže mať rôznu štruktúru (od ľahkej snehovej, ktorá sa tvorí pri teplote pod -10 °C, po pevnú ľadovú, ktorá sa tvorí pri teplote okolo -3 °C) a spôsobuje podľa toho rôzne škody až rozsiahle polomy v lesoch a deštrukciu elektrických vodičov na stožiaroch, prípadne aj celých stožiarov. V niektorých prípadoch sa v prízemnej vrstve udržuje vzduch s teplotou pod bodom mrazu, v takom prípade môže mrznúť aj padajúci dážď za vzniku poľadovice (náľadia) s hrúbkou aj vyše 5 cm. Zmrázky vznikajú na zemskom povrchu, na konštrukciách a na dopravných komunikáciách po zmrznutí mláka vody zo zrážok alebo z roztopeného snehu. Zvláštnou formou ľadových javov je zmrznutá vrstva vody na predmetoch v blízkosti relatívne teplej vodnej plochy pri vpáde studeného vzduchu s teplotou hlbšie pod bodom mrazu a pri silnom vetre. Je zrejme, že výskyt takýchto javov sa bude zvyšovať tam, kde sa bude teplota vzduchu, vody a pôdy často meniť v rozsahu okolo bodu mrazu pri zvýšenom množstve atmosférických zrážok, teda v blízkej budúcnosti aj na Slovensku. Ide o nebezpečné javy značnej závažnosti, pretože vrstva ľadu hrubšia ako 1 cm už odoláva bežným posypovým materiálom a spôsobuje kalamitu v doprave. Ľadovka a ľadová námraza s hrúbkou väčšou ako 1 cm už môže pôsobiť deštruktívne na ľahšie stavby, elektrické a iné nadzemné vodiče a porasty drevín.

### **Ďalšie nebezpečné javy súvisia s konvektívnymi zrážkami a atmosférickou elektrinou.**

V súvislosti s konvektívnou oblačnosťou (oblačnosťou s rýchlym vertikálnym vývojom) musíme počítať s vznikom ďalších nebezpečných alebo škodlivých meteorologických javov. Konvektívna oblačnosť sa rozvíja predovšetkým v teplom období roka vtedy, keď sú na to vhodné fyzikálne podmienky – vertikálna teplotná labilita aspoň do 5 km výšky, silné prehriatie prízemnej vrstvy vzduchu a dostatok vlhkosti vo vzduchu na to, aby došlo pri výstupe vzduchu ku kondenzácii už v malej výške. Tak môžu už predpoludním rýchlo vzniknúť oblaky typu Cumulus congestus, ktoré prerastú do búrkových oblakov typu Cumulonimbus. Vývoj je tým rýchlejší, čím je vyššia prízemná teplota a čím je väčšia labilita vertikálneho zvrstvenia (ochladzovanie o viac ako 1 °C na 100 m výšky, nad hladinou kondenzácie niekedy stačí ochladzovanie len o 0,5 °C na 100 m výšky). Búrkové oblaky sú často spojené s prehánkami s intenzitou dažďa nad 1 mm za minútu, u nás extrémne do 4 mm za minútu (v tropických krajinách do 40 mm za minútu). Pri trvaní búrkového lejaku 30 minút môže spadnúť u nás aj viac ako 50 mm zrážok (v tropických krajinách aj viac ako 300 mm). Ďalším sprievodným javom búrkových oblakov je krupobitie s priemerom krúp okolo 5 mm (u nás zriedka s priemerom nad 5 mm, v tropických oblastiach aj s individuálnou hmotnosťou krúp nad 1 kg a s rýchlosťou pádu nad 40 m/s). Samozrejým sprievodom búrkových oblakov sú početné elektrické výboje (blesky) vo vnútri oblaku a medzi oblakmi a zemským povrchom s možnými významnými škodami. Prechod každej búrky je spojený s náhlým zvýšením rýchlosti vetra a s náhlou zmenou smeru vetra až o 180° (húľava). Čím je vyššia teplota a vlhkosť vzduchu, tým sú obyčajne uvedené prejavy búrkových oblakov intenzívnejšie. Niekedy sa búrkové oblaky sformujú do rotujúceho oblačného systému supercely s dlhším trvaním uvedených prejavov, s vyšším celkovým úhrnom zrážok (aj nad 100 mm za hodinu) a s možným výskytom tornáda. Pred rokom 1991 bol na Slovensku lokálne priemerný počet blízkych búrok (do vzdialenosti 3 km) od 20 do 30 dní za rok. V budúcnosti sa asi len o málo tento počet zväčší, no intenzita sprievodných javov pri búrkach bude škodlivejšia. Občas sa vyskytuje jav nazývaný downburst, keď po prechode studeného frontu alebo búrkového oblaku sa v dôsledku zostupného pohybu studeného vzduchu z výšky k zemskému povrchu náhle zvýši rýchlosť vetra nad 100 km/h

v priemere za 1 minútu (v tomto prípade sú trosky usporiadané jedným smerom, pri prechode tornáda vplyvom rotačného pohybu vzduchu špirálovito). Zatiaľ nie je jasné, či sa počet prípadov alebo intenzita downburstov s oteplením klímy zmení.

### **Kvantifikácia zmien rizík v súvislosti s pokračujúcou klimatickou zmenou**

Ako sme už uviedli, v projektovej príprave akýchkoľvek stavieb sú dôležité aj dlhodobé priemery klimatických charakteristík za najmenej 30-ročné dohodnuté obdobia a aj návrhové hodnoty výskytu extrémnejších prípadov dôležitých klimatických charakteristík. Dlhodobé priemery (DP) alebo klimatické normály ako aj návrhové hodnoty by mali charakterizovať klimatické podmienky počas existencie stavieb, teda aspoň počas najbližších 30 rokov. To je značný problém, pretože v štátnych a odborových technických normách sa používajú DP a návrhové hodnoty z minulých období, občas stále ešte z obdobia 1951-1980 alebo 1931-1960.

Aby sa predišlo možnému zlyhaniu stavieb v konfrontácii so zmenenou (podstatne teplejšou) klímou v budúcich desaťročiach tak je potrebné uvedenú prax zmeniť a implementovať do technických noriem aj scenáre novej zmeny klimatických charakteristík po konzultácii s príslušnými klimatologickými odborníkmi z SHMÚ. V prípade teploty vzduchu bude situácia vcelku jednoduchá, pretože scenáre klimatickej zmeny sú v prípade teploty vzduchu až do roku 2040 vcelku veľmi podobné, teda takmer zhodné. Týka sa to tak priemerných 30-ročných charakteristík teploty ako aj návrhových hodnôt s priemernou pravdepodobnosťou prekročenia raz za 10, 20 alebo 50 rokov. Zložitejšia situácia je s všetkými klimatickými charakteristikami iných prvkov (úhrny zrážok, výška, výskyt a vodná hodnota snehovej pokrývky, vietor, prvky hydrologickej bilancie krajiny a nebezpečné meteorologické javy). Aj priemerné hodnoty majú v týchto prípadoch podľa scenárov väčší rozptyl už do roku 2040. Ešte horšie je to so scenármi do roku 2100, pretože vtedy závisí vývoj klimatickej zmeny značne od správania sa ľudstva na celej Zemi a najmä závisí od rozhodovania politikov a od objavov a realizácie nových šetrnejších technológií (predovšetkým v súvislosti s emisiou skleníkových plynov).

Napriek tomu odporúčajú zodpovední odborníci združení v IPCC aplikovať pre obdobie do roku 2100 pesimistické (najnepriaznivejšie) scenáre v projektoch takých stavieb, kde si nemôžeme dovoliť zlyhanie a stredné scenáre v tých prípadoch, kde

prípadné zlyhanie nebude znamenať väčšie škody. Má sa uplatňovať systém cost/benefit, čiže investovať do adaptačných opatrení iba toľko prostriedkov, aby bol celkový prínos ekonomicky akceptovateľný.

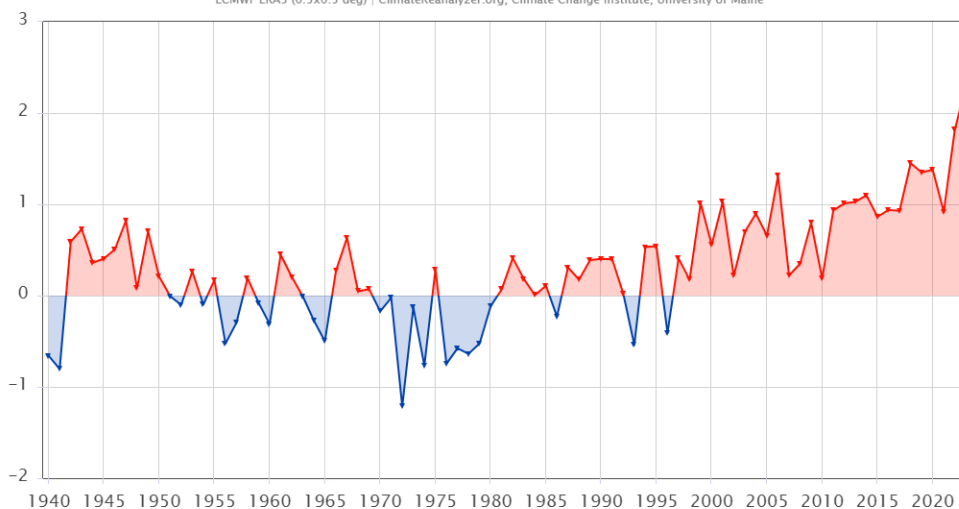
Keď si pozrieme detailnejšie všetky druhy líniových stavieb a produktovodou, tak sú všetky mimoriadne dôležité a mali by byť zabezpečené na najvyššej úrovni aj z pohľadu rizík klimatickej zmeny. Možno by sa dali o stupeň nižšie zaradiť iba miestne komunikácie. Znamená to, že v projektovej príprave je potrebné počítať s priemerným oteplením klímy o 5 °C v porovnaní s normálmi spreď roku 1991 a s tým aj so súvisiacim rastom množstva vodnej pary v atmosfére a rastom počtu prípadov vysokej teploty vzduchu a vlhkosti vzduchu. Treba počítať iba s malým zvýšením ročných úhrnov zrážok, no so zväčšením premenlivosti krátkodobých zrážok, pričom doterajšie maximá krátkodobých zrážok sa môžu zvýšiť až o 40% pri pravdepodobnosti prekročenia raz za 10, 20, 25, 50 a 100 rokov. Na to nadväzuje aj výskyt viacerých nebezpečných alebo škodlivých meteorologických javov, z ktorých sú pri líniových stavbách zaujímavé napríklad prípady striedania kladnej a zápornej teploty vzduchu za

súčasného zvýšenia úhrnov zrážok v chladnom polroku. Závažným rizikom môžu byť aj dlhé obdobia s vysokou teplotou vzduchu v teplom polroku (aj viac ako 30 dní za sebou s maximom teploty vzduchu nad 35 °C). Zosilnenie búrkových lejakov môže byť sprevádzané ojedinele aj náhlym zosilnením vetra (s rýchlosťou aj nad 150 km/h) a s intenzívnymi lejakmi za krátky čas (vyše 100 mm za menej ako 60 minút). Jednotlivé riziká je možné špecifikovať aj detailnejšie pre rôzne druhy líniových stavieb, to ale v tomto prípade prekračuje zámer predkladanej štúdie.

Záverom prikladám jeden obrázok s aktuálnou zmenou 3-mesačných priemerov teploty vzduchu za mesiace VIII-X.1940 až 2023 vo výseku Európy bez Škandinávie a Ruska. Aj z tejto informácie je možné vidieť, že klimatická zmena môže mať aj celkom neočakávaný priebeh s dramatickým zvýšením priemerov teploty vzduchu vysoko nad očakávaniami získanými z modelových scenárov klimatickej zmeny. Aj táto skutočnosť potvrdzuje, že je celkom opodstatnená požiadavka na to, aby sa brali do úvahy aj pesimistické scenáre klimatickej zmeny s výraznejším oteplením klímy. V tejto ročnej dobe bola sezóna VIII-X asi o 0,3 °C teplejšie v období 1951-2000 ako v období 1851-1900.

ASO 2m Temperature Anomaly (°C) [1951–2000]  
Europe (35°N–60°N, 12°W–30°E)

ECMWF ERA5 (0.5x0.5 deg) | ClimateReanalyzer.org, Climate Change Institute, University of Maine



Obr. 3-9 Odchýlky priemernej teploty vzduchu v °C za 3-mesačné obdobie VIII-X.1940-2023 od DP 1951-2000 v časti Európy bez Škandinávie a Ruska podľa vyhodnotenia údajov ERA5 v ECMWF (Climate-Reanalyzer, 2023).

### 3.7 PARAMETRIZÁCIA LÍNIOVÝCH STAVIEB A PRODUKTOVODOV PRE POTREBY HODNOTENIA



# Z POHĽADU DOPADOV ZMENY KLÍMY A DIGITÁLNEJ EVIDENCIE

V kontexte hodnotenia úrovně rizík a zraniteľnosti existujúcich objektov líniových stavieb a produktovodov z pohľadu dopadov zmeny klímy je digitalizácia jednotlivých sieťových prvkov dôležitým faktorom pre efektívnu správu rizík spravovanej infraštruktúrnej siete a monitoring ich citlivosti v priebehu časového vývoja. Kľúčovým aspektom je vzájomné prepojenie rizikových faktorov prostredia s extrémnymi prejavmi počasia s lokalizáciou konkretizovaných infraštruktúrnych objektov pre potreby tvorby modelov a simulácií s následným prijímaním opatrení na zvýšenie odolnosti resp. dodatočnú ochranu týchto prvkov.

Systematický pohľad v kontexte narastajúcich výziev spojených s prejavmi a dopadmi klimatických zmien vytvorí predpoklady cielenej identifikácie a hodnotenia potenciálnych hrozieb a následnú predvídateľnosť javov s predpokladmi efektívnejšej a adresnejšej pripravenosti jednotlivých správcov prostredníctvom adekvátnych protioopatrení.

Proces digitalizácie základných charakteristík sieťových prvkov infraštruktúry je vstupným predpokladom pre zostavenie priestorových analytických, ako aj predpovedných 3D modelov správania simulovaných prejavov počasia v digitálnom priestore, ktoré po vyhodnotení negatívnych dopadov rizikových faktorov umožní implementovať proaktívny prístup k ochrane alebo z odolneniu infraštruktúrnych entít. Jedná sa o komplexný proces transformácie hlavných pasportizačných parametrov jednotlivých sieťových prvkov do prostredia geografických informačných systémov.

Elektronizácia v parametroch predstavuje presné zmapovanie najdôležitejších charakteristík záujmových sietí v kontexte priestorovej lokalizácie jednotlivých prvkov v konkrétnom území so známymi údajmi a informáciami o exogénnych rizikových faktoroch. Predstavuje efektívny nástroj ako v rámci procesu riadenia rizík prostredníctvom výstupov v podobe napr. indexu rizikovosti prioritizovať z hľadiska prijímania opatrení tie prvky infraštruktúry, ktoré v prípade aktivizácie rizikových faktorov prostredia svojou významnou úrovňou

negatívnych dopadov prevyšujú akceptovateľnú mieru rizika.

Transformácia fyzických parametrov hodnotených sietí a ich digitálny priemet umožní nielen jednoduchšiu algoritimizáciu a následnú aplikáciu schválených metodických postupov hodnotenia schopností parciálnych prvkov siete čeliť extrémnym podmienkam prostredia, ale zároveň pomocou softvérových nástrojov v simulačných podmienkach posúdiť efektívnosť a účinnosť potenciálnych opatrení ešte pred ich implementáciou. Súčasne je možné v reálnom čase monitorovať a priebežne vyhodnocovať vplyvy extrémnych prejavov počasia a prostredníctvom integrovaného prístupu k správe a analýze dynamicky meniacich sa dát zabezpečiť nielen efektívny reaktívny ale najmä proaktívny prístup k riadeniu rizík súvisiacich s klimatickými zemami.

Rozhodujúcimi faktormi digitalizácie líniovej infraštruktúry a sietí produktovodov v kontexte hodnotenia dopadov zmeny klímy sú:

1/ **priestorová integrácia** predstavuje presnú polohopisnú a výškopisnú identifikáciu a zadenovanie z geografického a topografického hľadiska,

2/ **údajová škálovateľnosť** resp. granularita dát pre potreby správy a analýzy údajov na rôznej úrovni podrobnosti (metodické hodnotenie vs. simulačné matematické modely),

3/ **integrovateľnosť** reprezentujúca kompatibilitosť a interoperabilitosť v rámci existujúcich systémov a platforiem,

4/ **dátová aktuálnosť** zohľadňujúca všetky zmeny vo faktoroch prostredia alebo jednotlivých prvkov siete,  
5/ **systémová platforma** digitálneho cloudu umožňujúca serverové riešenie výpočtovej časti aplikácie oddelenej od prezentačnej formy,

6/ **rozšírená funkcionálnosť** umožňujúca nadstavbové priestorové analýzy pre pochopenie interakcií prvkov a prostredia,

7/ **dopadové modely** pre stanovenie miery ovplyvnenia rôznorodých oblastí pre potreby prioritizácie prvkov pri následnej adaptácii.

Príklad základných parametrov líniových stavieb a produktovodov, ktoré je potrebné sledovať pri hodnotení rizikovosti lokality v kontexte zmeny klímy s negatívnym dopadom na infraštruktúrne prvky je uvedený v nasledujúcej prehľadovej tabuľke.

Oblasť infraštruktúry	Prvok infraštruktúry	Evidenčný parameter
Cestná infraštruktúra	cestné teleso	staničenie úseku, nadmorská výška, pasportizačná šírka, výška násypu, konštrukčné vrstvy vozovky, aktuálny stavebno-technický stav
	mostný objekt	Staničenie podľa CK, nadmorská výška, voľná šírka, svetlá výška nad terénom/vodným tokom, typ mostných záverov, počet mostných polí, typ konštrukcie, rok výstavby, aktuálny stavebno-technický stav
	priepust	staničenie podľa CK, dĺžka, konštrukčný materiál, priemer priepustu
	tunel	staničenie podľa CK, nadmorská výška, konštrukcia portálov, konštrukcia primárneho a sekundárneho ostenia, geometria tunela
Železničná infraštruktúra	železničná trať	staničenie úseku, nadmorská výška, geometrické usporiadanie koľají, konštrukcia, tvar a rozmery železničného spodku, konštrukcia, tvar a rozmery koľajového lôžka železničného zvršku, aktuálny stavebno-technický stav trate a trakčných vedení
	mostný objekt	staničenie podľa traťového km, nadmorská výška, voľná šírka, svetlá výška nad terénom/vodným tokom, typ mostných záverov, počet mostných polí, typ konštrukcie, rok výstavby, aktuálny stavebno-technický stav
	tunel	staničenie podľa traťového km, nadmorská výška, konštrukcia portálov, konštrukcia ostenia, geometria tunela
Produktovod (plynovod, ropovod, vodovod)	nadzemné objekty	pasportizačné údaje, nadmorská výška, typ konštrukcie, rok výstavby, stavebný stav
	podzemné objekty	hĺbka uloženia pod úrovňou terénu, priemer potrubia, konštrukcia potrubia,
Prenosová sústava	sieťové transformátory, elektrické stanice	pasportizačné údaje, nadmorská výška, typ nosnej konštrukcie, hĺbka založenia
	vonkajšie vedenia prenosovej sústavy	výška nad úrovňou terénu, napätie
	stožiare	pasportizačné údaje, nadmorská výška, konštrukcia, hĺbka založenia
Prvky s potenciálom ochrany pred povodňami	doplňkové údaje pre špeciálne objekty	súčasť protipovodňovej ochrany podľa zákona č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami (A/N), vodná stavba (A/N), názov vodného toku, riečny kilometer, ľavý/pravý breh

# 4 IDENTIFIKÁCIA, LOKALIZÁCIA A SUMARIZÁCIA JEDNOTLIVÝCH LÍNIOVÝCH STAVIEB S POTENCIÁLOM OCHRANY ÚZEMIA PRED POVODŇAMI A ZARADENIE TÝCHTO LÍNIÍ K LÍNIÁM OCHRANNÝCH HRÁDZÍ A POLDROV

Líniové stavby (cestné a železničné násypy) vytvárajú v teréne svojou polohou a výškovým prevedením možnú bariéru voči prúdeniu povodňových povrchových vôd. Je preto odôvodnená myšlienka, že takéto stavby môžu potencionálne pôsobiť ako protipovodňová ochrana. V zmysle zadania objednávateľa je potrebné posúdiť potencionálne využitie líniových stavieb ako ochrany pred povodňami.

Aby táto ochrana bola účinná a funkčná, je nevyhnutné aby potencionálne líniové stavby protipovodňovej ochrany boli aj technicky realizované ako protipovodňová ochrana.

Bežný cestný/železničný násyp, ktorý nebol realizovaný ako protipovodňová ochrana pri mimoriadnej udalosti môže byť narušený prívalovou povodňovou vlnou, ktorá môže spôsobiť poškodenie takého rozsahu, že dotknutá líniová stavba prestane byť prevádzky schopná a bude vyradená z cestnej / železničnej siete. Pre dotknutý región to spôsobí zvýšené náklady na nové obchádzkové trasy, pri železničných tratiach ich prerušenie nie je možné nahradiť obchádzkovou trasou a celý región bude odpojený od železničnej dopravy až do opravy poškodenej časti násypu. Súvisiacimi prejavmi budú zvýšené prepravné časy, zvýšené náklady a prestoje. Uvedený scenár vývoja súvisí aj s nevhodnou urbanizáciou krajiny, môže sa vyskytovať zvýšené riziko povodní pri intenzívnych zrážkach kvôli negatívnym zásahom človeka v procese urbanizácie. Je preto nevyhnuté, aby dôležité líniové stavby v regióne boli zabezpečené na zvýšené prietoky,

súvisiace prívalové vlny ako aj zvýšené zrážky, ktoré sa stávajú nedielnou súčasťou klimatickej zmeny.

Podľa výsledkov analýzy scenárov klimatickej zmeny je zrejmé, že klimatická zmena je súčasťou našej civilizácie a je potrebné prijímať aj príslušné adaptačné opatrenia pre zmiernenie prejavov klimatickej zmeny. Existujúce stavby je potrebné vyhodnotiť na riziko nepriaznivých dôsledkov klimatickej zmeny, v prípade, že nie sú prispôbené na účinky klimatickej zmeny bude potrebná ich prestavba a úprava. V prípade, že pôjde o výstavbu nových líniových stavieb, resp. pôjde o ich rekonštrukciu, bude potrebné zabezpečiť ich pripravenosť voči klimatickej zmene.

## **Dopravné stavby pozdĺž vodných tokov a vodných nádrží**

Dopravné líniové stavby (cesty a železnice) – ich zemné teleso sa v závislosti od terénnych a technických podmienok dajú v určitých úsekoch a určených podmienkach využívať ako ochrana územia pred povodňami. Takýmto úsekom musí byť venovaná zvýšená pozornosť, pretože ich prerušením alebo poškodením môže prísť ku škodám zo zaliatia územia, ale aj prerušením dopravy. Musíme rozlišovať:

- existujúce stavby,
- novonavrhované stavby.

Využívanie existujúcich dopravných líniových stavieb (cesty a železnice) ako ochrany pred povodňami je potrebné ochrániť pred účinkami vodného toku alebo vln vodnej nádrže v období zvýšenej hladiny vody. Toto sa dá dosiahnuť dodatočným opevnením návodných svahov, napr. trávne rohože,

zatravnňovacie betónové dlažby. Je nutné v rámci údržby udržiavať terén v sklone od cestného telesa k toku.

Novonavrhané dopravné líniové stavby v súbehu s vodnými tokmi alebo vodnými nádržami s možnosťou ich využívania ako protipovodňové hrádze musia v procese projektovania spĺňať podmienky STN 73 6101 Projektovanie ciest a diaľnic, STN 73 6850 Sypané priehradné hrádze a STN 7373 3050 Zemné práce.

Umiestňovanie dopravných stavieb na existujúce hrádze nie je vhodné z dôvodu iných vstupných podmienok pre výstavbu zemných hrádzí a dodatočného zaťaženia dopravou, na ktorú nie sú zemné hrádze navrhované. Tým by dochádzalo k dodatočnému sadaniu a zhoršeniu funkčnosti zemnej hrádze.

Pri návrhu násypového telesa dopravnej líniovéj stavby pri vodnom toku alebo vodnej nádrži je potrebné dodržať výšku koruny zemného telesa cesty nad Q100 podľa STN 73 6101 Projektovanie ciest a diaľnic. Tak isto je potrebné uvažovať s navýšením koruny stavby o účinky víln od vetra na hladinu vody. Zatápané svahy zemného telesa je potrebné chrániť pred účinkami vody ich spevnením, napr. trávnyimi rohožami, zatravnňovacou betónovou dlažbou. Je nutné v rámci údržby udržiavať terén v sklone od cestného telesa k toku.

Návrh ochrany pri toku musí byť prerokovaný so správcom toku a príslušnými vodohospodárskymi orgánmi a musí byť určená výška spevnenia, aby neprišlo ku škodám nízkym spevnením. Spôsob spevnenia sa musí navrhnúť s prihliadnutím na trvalé alebo krátkodobé zatápanie, na hĺbku vody, rýchlosť prúdu a na nárazový a sací účinok vetra. Svahy násypov, ktoré priamo nadväzujú na koryto vodného toku, sa spevňujú podľa zásad erozívnej ochrany. Medzi zemné teleso a vodný tok býva umiestnená berma, ktorá musí mať sklon od zemného telesa.

#### **Prieskum súčasného stavu dopravných líniových stavieb s potenciálom ochrany územia pred povodňami**

Podľa prieskumu realizovaného v novembri roku 2023 na území Slovenskej republiky sa nachádzajú dopravné líniové stavby (cestné a železničné násypy), ktoré plnia funkciu povodňovej ochrany.

Slovenský vodohospodársky podnik, š.p. eviduje jednu stavbu – úsek železničnej trate Štúrovo – Chľaba, ktorá plní funkciu protipovodňovej ochrany, ide o úsek dlhý 8 km pri rieke Ipeľ, ale upozorňuje, že táto stavba nie je vodnou stavbou a nespĺňa

parametre ochrannej hrádze. Uvádzajú, že dopravné líniové stavby nie je možné považovať za funkčnú protipovodňovú líniu z dôvodu, že takéto stavby majú vybudované priepusty, ktorými je funkcia protipovodňovej ochrany prerušená.

Železnice Slovenskej republiky neevidujú a nemajú vytvorenú databázu evidencie násypov zemného telesa železničných tratí, ktoré majú plniť funkciu protipovodňovej ochrany územia. Uvádzajú, že telesá dráhy neboli stavané s účelom ich začlenenia do protipovodňovej ochrany a je potrebné rátať s potrebou rozsiahlych a nákladných stavebných úprav, aby zemné teleso dokázalo odolávať dlhodobému účinku vody (najmä prúdiacej) bez straty svojej základnej funkcie, t.j. bezpečne niesť koľajový rošt a dopravu na ňom.

Národná diaľničná spoločnosť, a.s. neeviduje násyp cestnej komunikácie, ktorá plní funkciu protipovodňovej ochrany.

Slovenská správa ciest eviduje spolu 11,286 km ciest, ktoré plnia funkciu protipovodňovej ochrany, ďalej uvádza, že tieto cesty nie sú v jej správe.

Správa ciest Bratislavského samosprávneho kraja neeviduje násyp cestnej komunikácie, ktorá plní funkciu protipovodňovej ochrany.

Správa ciest Trnavského samosprávneho kraja neeviduje násyp cestnej komunikácie, ktorá plní funkciu protipovodňovej ochrany.

Správa ciest Trenčianskeho samosprávneho kraja neeviduje násyp cestnej komunikácie, ktorá plní funkciu protipovodňovej ochrany.

Správa ciest Žilinského samosprávneho kraja neeviduje násyp cestnej komunikácie, ktorá plní funkciu protipovodňovej ochrany.

Správa ciest Košického samosprávneho kraja neeviduje násyp cestnej komunikácie, ktorá plní funkciu protipovodňovej ochrany.

Správa ciest Prešovského samosprávneho kraja neeviduje násyp cestnej komunikácie, ktorá plní funkciu protipovodňovej ochrany.

Správa ciest Banskobystrického samosprávneho kraja - Banskobystrická regionálna správa ciest, a.s., eviduje spolu 7,455 km ciest, ktoré plnia funkciu protipovodňovej ochrany.

Z uvedeného prieskumu je zrejmé, že v súčasnosti nie sú cestné a železničné násypy využívané pre funkciu protipovodňovej ochrany vo veľkej miere a správcovia upozorňujú, že pre ich budúce využitie pre protipovodňovú ochranu bude potrebná ich stavebná úprava.

## 4.1 NÁVRH POSTUPU IDENTIFIKÁCIE, LOKALIZÁCIE A SUMARIZÁCIE LÍNIOVÝCH STAVIEB S POTENCIÁLOM OCHRANY ÚZEMIA PRED POVODŇAMI A ZARADENIE TÝCHTO LÍNIÍ K LÍNIÁM OCHRANY HRÁDZÍ A POLDROV

Navrhujeme postup zaradenia líniovej dopravnej stavby ku líniám ochrany hrádzí a poldrov nasledovným postupom:

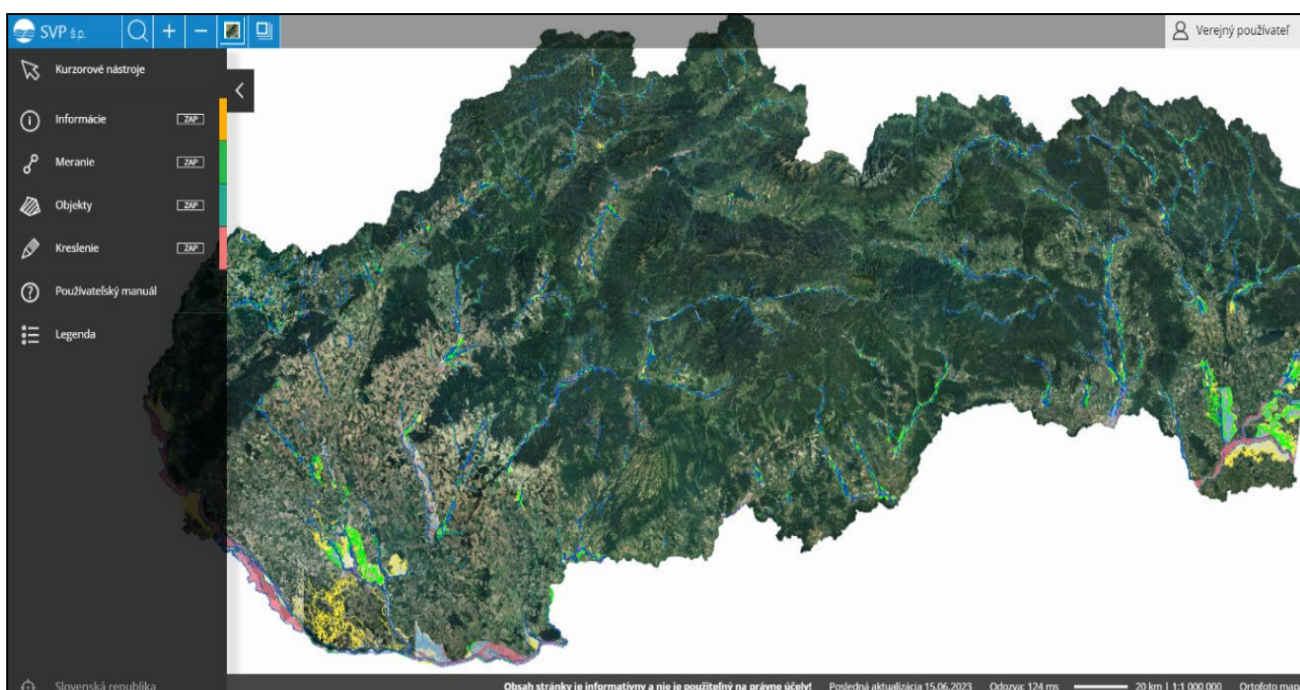
### 4.1.1 Identifikácia

Viacere líniové stavby sa nachádzajú v záplavových územiach. Na jednej strane táto skutočnosť môže pre túto infraštruktúru znamenať hrozbu poškodenia ničivými účinkami vody. Na druhej strane, za určitých okolností, ak sú vedené v násype, prevyšujú okolitý terén a siahajú nad hladinu vody pri povodni, a zároveň je ich konštrukcia schopná odolať zaťaženiu povodňovej vody, môžu takéto líniové stavby obmedziť rozsah zaplavenia územia, a tým pôsobiť podobne priaznivo ako prvky protipovodňovej ochrany. Tieto schopnosti však majú iba niektoré líniové stavby.

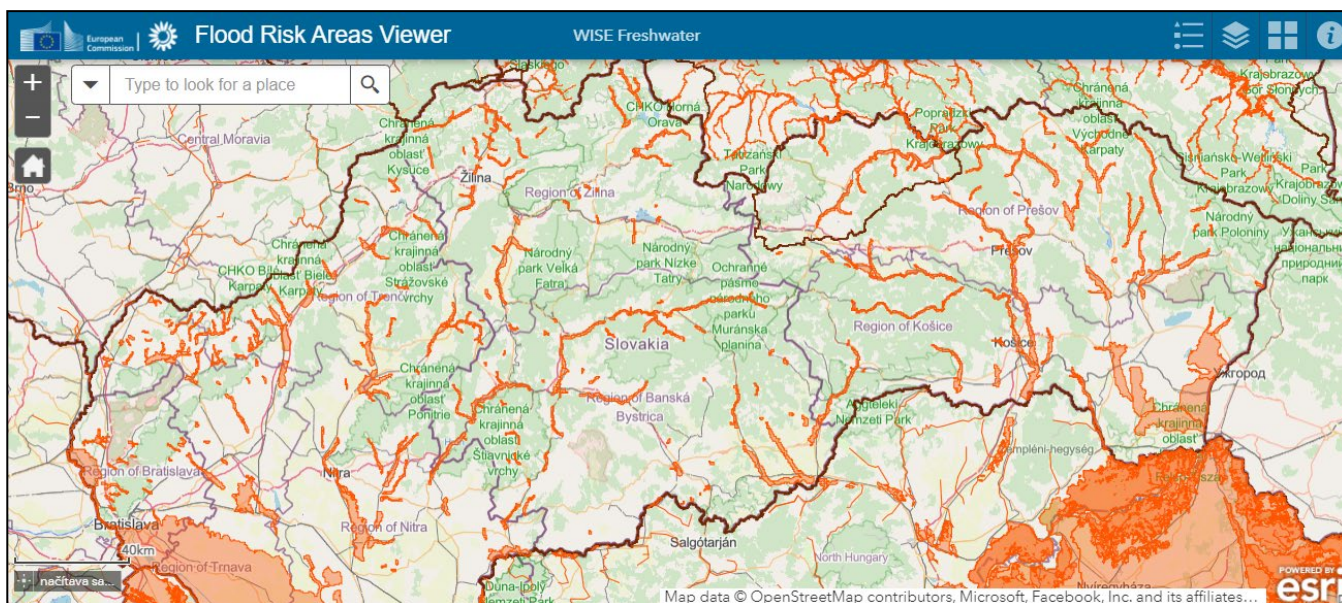
Pri identifikácii líniových stavieb s potenciálom ochrany územia pred zaplavením je potrebné vychádzať prioritne z povodňových máp. Ak povodňové mapy pre skúmané územie nie sú spracované, je možné vykonať predbežnú analýzu územia s použitím existujúcich a verejne dostupných dát.

#### 1.1) Preverenie existencie povodňových máp

Povodňové mapy sú aktuálne (2023) spravované len pre niektoré vodné toky Slovenska. Verejne dostupné povodňové mapy je možné nájsť na mapovom portáli Slovenského vodohospodárskeho podniku ([https://mpt.svp.sk/svp\\_vmportal/](https://mpt.svp.sk/svp_vmportal/)), alebo na mapovom portáli Európskej komisie (<https://discomap.eea.europa.eu/floodsvier/>).



Obr. 4-1 Mapový portál Slovenského vodohospodárskeho podniku



Obr. 4-2 Mapový portál Európskej komisie

Existujú aj neverejné povodňové mapy, ktoré si dali spracovať rôzne súkromné subjekty, ako napr. investori, developeri, stavebníci, poisťovne alebo priemysel. Vedomosť o neverejných povodňových mapách môže mať správca vodného toku Slovenský vodohospodársky podnik, prípadne je potrebné existenciu neverejných povodňových máp preveriť u vyššie spomenutých súkromných osôb.

### 1.2) Povodňová mapa neexistuje

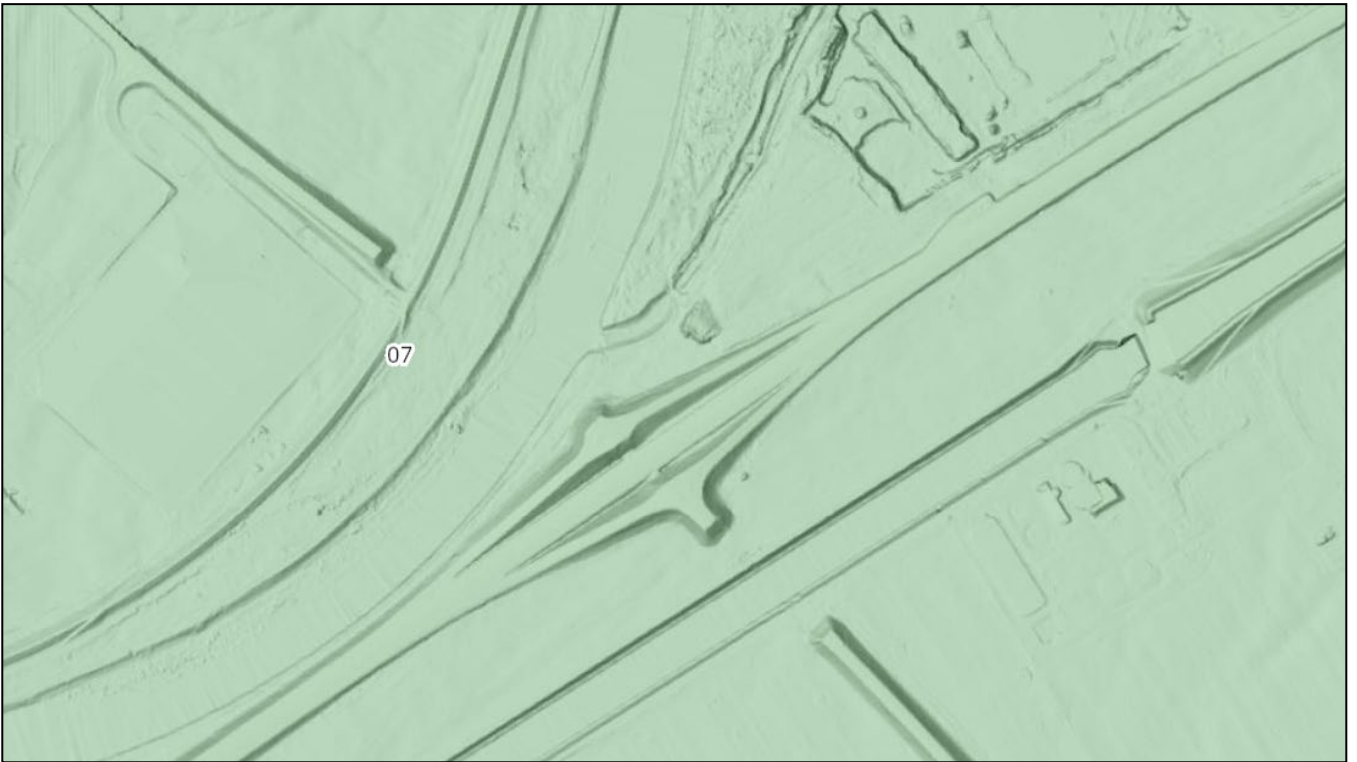
Ak povodňová mapa neexistuje, je potrebné ju nechať spracovať. Povodňové mapy spracovávajú odborné spoločnosti, ktoré sa zaoberajú matematickým modelovaním prúdenia vody. Povodňové mapy sa pre rôzne úseky vodných tokov v rámci celého územia Slovenska spracovávajú už viac ako 20 rokov. Kontakt na odbornú spoločnosť ktorá vie spracovať povodňovú mapu, je možné získať u pracovníkov Slovenského vodohospodárskeho podniku.

### 1.3) Predbežná analýza

Na predbežnú analýzu existencie líniovej stavby, ktorá by potenciálne mohla plniť funkciu protipovodňovej ochrany je možné použiť aj verejne dostupný digitálny model reliéfu, ktorý je súčasťou mapového klienta ZBGIS, Úradu geodézie, kartografie a katastra SR (<https://www.skgeodesy.sk/sk/>).

Úrad geodézie, kartografie a katastra SR ponúka aj ďalšie tematické databázy ktoré môžu byť nápomocné pri skúmaní záujmovej lokality, ako napr. Téma Dopravné siete (Transport networks), alebo Téma Hydrografia (Hydrography) <https://data.gov.sk/en/organization/e5b4f71b-c5ad-4f1d-a5b8-369f197ff481>.

Niektoré samosprávy (Bratislava M.Č. Karlova Ves, Košice, Malacky, Trenčín, Lipany, Trnava, Trenčianska Turná, Martin, Banská Bystrica a ďalšie) si v rámci adaptačných opatrení na zmenu klímy vypracovali trasy povrchového odtoku vody, ktoré môžu pomôcť pri identifikácii líniových stavieb s potenciálom protipovodňovej ochrany.



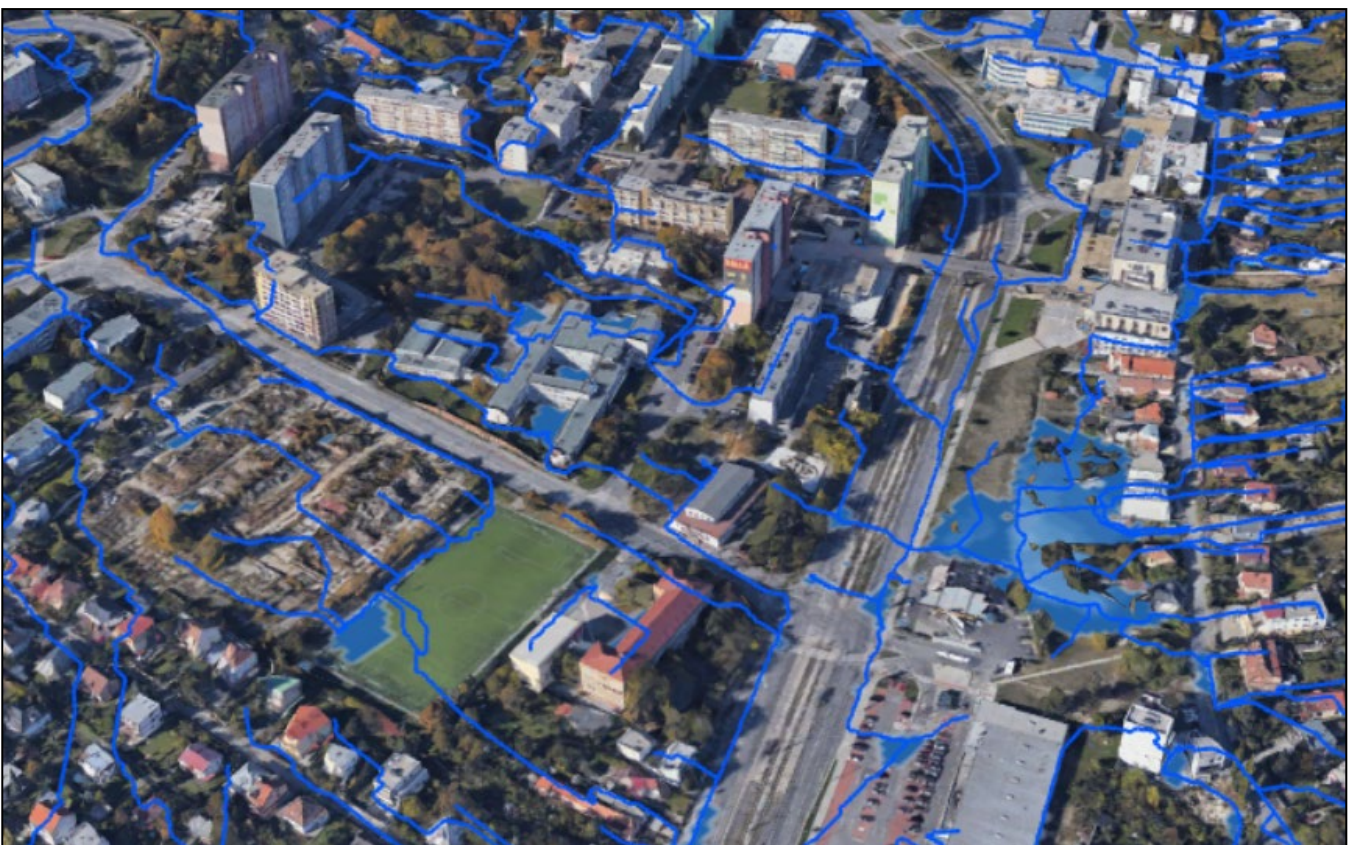
Obr. 4-3 Digitálny model reliéfu



Obr. 4-4 Téma Dopravné siete (Transport networks)



Obr. 4-5 Téma Hydrografia (Hydrography)



Obr. 4-6 Trasy povrchového odtoku vody



#### 1.4) Povodňová mapa existuje

Verejne dostupné povodňové mapy sú zvyčajne spracované pre niekoľko povodňových prietokov, napr. 10-ročný, 100-ročný a 1000-ročný. Existenciu

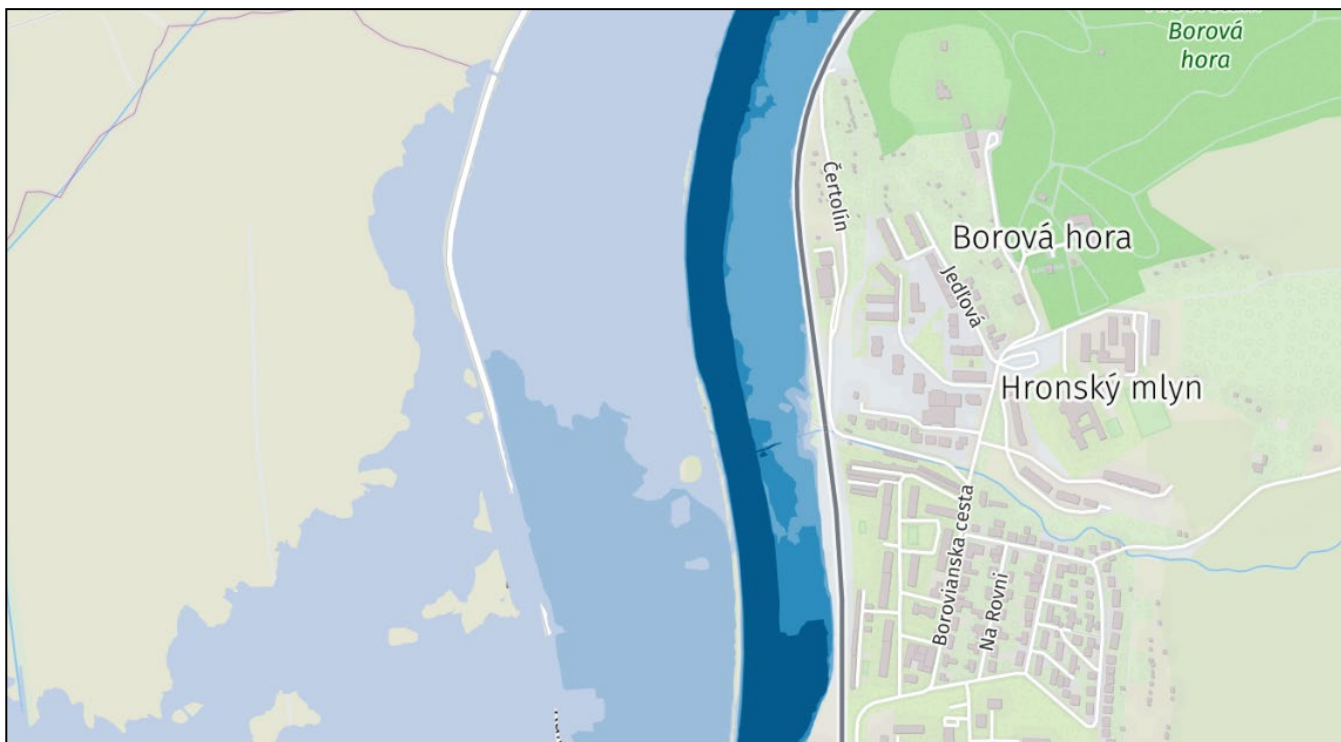
líniovej stavby v záplavovom území je možné preveriť podrobnou analýzou zaplaveného územia. Líniová stavba ktorá tvorí bariéru pri povodni a tak ochraňuje územie ležiace za ňou, má potenciál ochrany územia pred zaplavením.



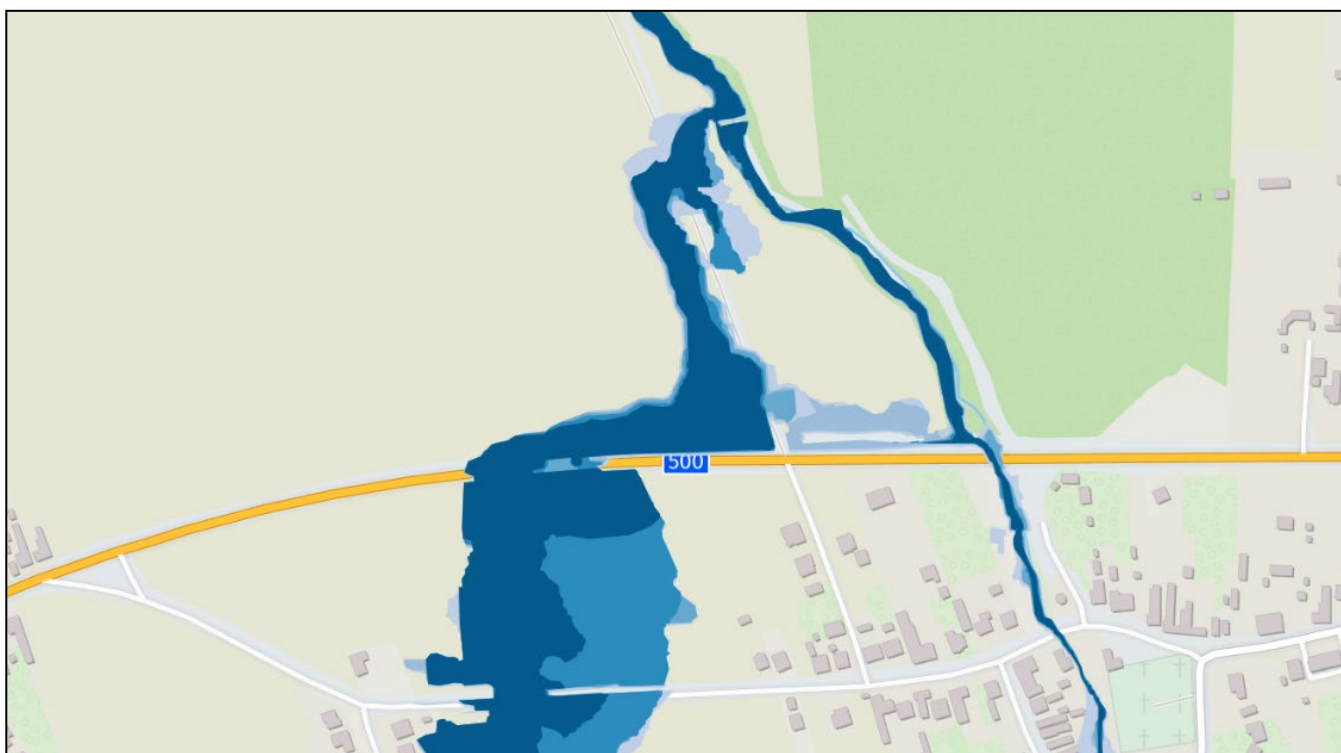
Obr. 4-7 Teleso železnice ako líniová stavba s potenciálom ochrany územie pred povodňami



Obr. 4-8 Teleso železnice ako líniová stavba s potenciálom ochrany územie pred povodňami



Obr. 4-9 Teleso železnice ako líniová stavba s potenciálom ochrany územie pred povodňami



Obr. 4-10 Teleso cesty ako líniová stavba s potenciálom ochrany územie pred povodňami



Obr. 4-11 Teleso cesty ako líniová stavba s potenciálom ochrany územie pred povodňami



Obr. 4-12 Teleso cesty ako líniová stavba s potenciálom ochrany územie pred povodňami

## 4.1.2 Lokalizácia a sumarizácia

Líniová stavba, ktorá je identifikovaná s potenciálom ochrany územia pred povodňami plní svoju ochrannú funkciu na úseku, kde svojou konštrukciou ochraňuje určité územie pred zaplavením. Analýzou rozsahu záplav z povodňových máp, výšok terénu a konštrukcie líniovej stavby sa lokalizuje úsek líniovej stavby, ktorý má potenciál ochrany územia pred povodňami. Lokalizácia je daná svojim začiatkom a koncom zrozumiteľne označeným vzhľadom na iné prvky krajiny, prípadne vzhľadom na vlastnú kilometráž líniovej stavby. Všetky identifikované a lokalizované líniové stavby s potenciálom ochrany konkrétneho územia (napr. obec) sa zosumarizujú do jedného zoznamu.

V rámci lokalizácie a sumarizácie líniových stavieb s potenciálom ochrany územia pred povodňami sa odporúča spolupracovať so správcom vodného toku, pretože už dnes existujú líniové stavby, ktoré sú súčasťou ochrany pred povodňami, prípadne správca vodných tokov môže mať informáciu o existencii ďalších líniových stavieb, ktoré síce nie sú súčasťou systému protipovodňovej ochrany, ale majú potenciál chrániť isté územie pred zaplavením.

Dôležitým krokom bude preverenie technickej spôsobilosti líniovej stavby plniť funkciu ochrany územia pred povodňami. Takáto stavba môže byť stavebne upravená pre potreby povodňovej ochrany. Posúdenie rozsahu stavebných úprav a náklady s tým spojené je potrebné riešiť individuálne, je možné že stavebné náklady budú výrazne prevyšovať škody spôsobené povodňou. Každopádne je potrebné zaradiť aj stavebného inžiniera, ktorý posúdi technický stav navrhovaného objektu pre potreby ochrany územia pred povodňami.

### Riziká

V procese identifikácie a lokalizácie líniových stavieb s potenciálom ochrany územia pred povodňami je potrebné zvážiť nasledovné riziká:

- existencia mostov a priepustov, cez ktoré môže byť zaplavené chránené územie,
- existencia potrubných systémov trasovaných popod líniovú stavbu ako je napr. kanalizačné potrubie, cez ktoré môže byť zaplavené chránené územie,
- zaplavenie chráneného územia z dôvodu intenzívneho dažďa a tvorby povrchového odtoku, pričom líniová stavby bude brániť voľnému odtoku vody,

- preliatie líniovej stavby z dôvodu vyššej hladiny povodňovej vody ako je výška líniovej stavby,
- pretrhnutie líniovej stavby v prípade preliatia alebo dlhšieho zaťaženia povodňovou vodou,
- priepustnosť líniovej stavby a zaplavenie chráneného územia z dôvodu vysokej pórovitosti a z toho vyplývajúcej priepustnosti líniovej stavby (niektoré telesá železničných násypov), alebo v dôsledku priesaku popod konštrukciu líniovej stavby,
- poškodenie konštrukcie líniovej stavby vplyvom vysokých rýchlostí prúdenia vody pri povodni, alebo vplyvom hĺbky vody a doby trvania povodne,
- technické náklady stavebných úprav môžu byť značné a budú prevyšovať škody spôsobené povodňou.

Riziká je možné identifikovať:

- preštudovaním technických parametrov líniovej stavby v jej projektovej dokumentácii,
- konzultáciou so správcom líniovej stavby,
- konzultáciou so správcom vodného toku,
- konzultáciou s lokálnymi komunitami,
- konzultáciou s odbornou osobou alebo organizáciou,
- terénnou rekognoskáciou líniovej stavby,
- rozsahom technických opatrení na existujúcej stavbe a ich nákladmi,
- rozsahom a nákladmi plánovaných opatrení na pripravovanej stavbe, ktorá bude plniť aj funkciu ochrany pred povodňami.

Nesprávne technické riešenia môžu viesť k ohrozeniu životov a zdravia obyvateľov nachádzajúcich sa v chránenom území a rovnako tak môže byť ohrozený majetok nachádzajúci sa v chránenom území. Líniové stavby nie sú vo všeobecnosti protipovodňové hrádze. Aj keď môžu mať potenciál ochrany územia pred povodňami, je potrebné dôsledne preveriť aj stav zlyhania líniovej stavby. Príslušné samosprávy a lokálne komunity musia dostať všetky informácie, ktoré im pomôžu pripraviť sa na krízovú situáciu.

### Záver

V prípade, že líniová stavba sa nachádza v území s povodňovým rizikom, bude možné uvažovať s jej využitím ako potenciálnej súčasti protipovodňových opatrení v prípade, že tieto stavby budú spĺňať

technické podmienky pre ich zaradenie ako ochranných hrádzí alebo protipovodňových líníí.

Zo získaných informácií od správcov železničných a cestných dopravných stavieb, ako aj správcov povodí je zrejmé, že dopravné líniové stavby nie sú často využívané ako súčasť protipovodňovej ochrany územia, ich využitie pre funkciu povodňovej ochrany si bude vyžadovať stavebné úpravy.

Pre ich zaradenie bude potrebné postupovať v súlade so zákonom č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami a vykonávacou vyhláškou MŽP SR č. 261/2010 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o obsahu povodňových plánov a postup ich schvaľovania. Takéto stavby by mali byť zahrnuté do plánov manažmentu povodňového rizika pre jednotlivé čiastkové povodia.

# 5 METODICKÉ HODNOTENIE MIERY RIZIKA A ZRANITEĽNOSTI LÍNIOVÝCH STAVIEB A PRODUKTOVODOV Z HĽADISKA ICH PRIPRAVENOSTI A ZABEZPEČENIA VOČI RIZIKÁM SÚVISIACIM SO ZMENOU KLÍMY

## 5.1 ZÁKLADNÉ TEORETICKÉ A METODOLOGICKÉ VÝCHODISKÁ

### 5.1.1 Základný terminologický aparát problematiky

Nižšie uvádzame základné terminologické vymedzenie problematiky prispôsobenia sa nežiaducim dopadom zmeny klímy. Vymedzenie kľúčových pojmov sa opiera o všeobecné teoretické poznatky publikované na úrovni IPCC (AR4), EÚ, ISO 14091:2021. Ide o všeobecné a celosvetovo v odbornej praxi aplikované definície.

**Adaptácia** (angl. *Adaptation*) je proces prispôsobovania sa skutočným a očakávaným klimatickým zmenám alebo vplyvom zmeny klímy. Cieľom adaptácie je zmierniť poškodenie ľudského blaha spojené s týmito zmenami a využiť potenciálne prospešné príležitosti. (IPCC AR4)

**Adaptačné obdobie** (angl. *Adaptation period*) je čas, ktorý bude pravdepodobne potrebný na to, aby komplexné opatrenia na zníženie klimatického rizika nadobudli účinnosť, vrátane plánovania a implementácie (ISO 14091:2021).

**Adaptačná schopnosť** (angl. *Adaptive capacity*) sa vzťahuje na schopnosť systému prispôbiť sa klimatickým zmenám (vrátane klimatickej variability a extrémov), zmierniť potenciálne škody, využiť príležitosti alebo vyrovnáť sa s následkami (IPCC AR4). Používa sa na opis rôznych sociálno-ekonomických, štrukturálnych, inštitucionálnych a

technologických schopností ľudského systému vytvárať adaptačné opatrenia.

**Citlivosť** (angl. *Sensitivity*) je miera, do akej je systém ovplyvnený, či už nepriaznivo alebo priaznivo, premenlivosťou alebo zmenou klímy (IPCC AR4).

**Potenciálny dopad** (angl. *Impact*) je určený klimatickými rizikami, ktorým je systém vystavený a jeho citlivosťou. Potenciálne dopady by sa prejavili, ak by systém nemal potenciál na prispôsobenie alebo ak by sa neprijali žiadne adaptačné opatrenia (IPCC AR4).

**Expozícia** (angl. *Exposure*) označuje charakter, veľkosť a rýchlosť zmeny a variácie klímy (IPCC 2001). Medzi typické expozičné faktory patrí teplota, zrážky, evapotranspirácia a klimatická vodná bilancia, ako aj extrémne javy, akými sú silné dažde a sucho (IPCC AR4).

**Nebezpečenstvo** (angl. *Hazard*) je potenciálny výskyt prírodnej alebo človekom vyvolanej fyzickej udalosti alebo trendu, ktorý môže spôsobiť straty na životoch, zranenia alebo iné zdravotné dopady, ako aj škody a straty na majetku, infraštruktúre, živobytí, poskytovaní služieb, ekosystémoch a environmentálnych zdrojoch (ISO).

**Odolnosť** (angl. *Resilience*) je schopnosť predvídať, pripraviť sa a prispôbiť sa meniacim sa

podmienkam a vydržať, reagovať a rýchlo sa zotaviť z narušenia.

**Reťazec dopadov** (angl. Impact chain) je metóda umožňujúca štruktúrovanie vzťahov príčina-dôsledok medzi komponentmi ovplyvňujúcimi zraniteľnosť systému. Reťazce dopadov umožňujú vizualizáciu vzájomných vzťahov a spätných väzieb, pomáhajú identifikovať kľúčové vplyvy, na akej úrovni sa vyskytujú a umožňujú vizualizovať, ktoré klimatické prvky k nim môžu viesť. Ďalej pomáhajú objasniť a/alebo potvrdiť ciele a rozsah hodnotenia zraniteľnosti a sú užitočným nástrojom na zapojenie zainteresovaných strán.

**Riziko** (angl. Risk) je potenciál nepriaznivých dôsledkov, keď je v stávke niečo hodnotné a kde je výskyt a stupeň závažnosti dôsledkov neistý. V kontexte hodnotenia dopadov zmeny klímy sa pojem riziko často používa na označenie potenciálnych nepriaznivých dôsledkov nebezpečenstva súvisiaceho s klímou alebo adaptačných či zmierňujúcich reakcií na takéto nebezpečenstvo na životy, živobytie, zdravie a pohodu, ekosystémy a druhy, hospodárske, sociálne a kultúrne aktíva, služby (vrátane ekosystémových služieb) a infraštruktúru.

**Zraniteľnosť** (angl. Vulnerability) je miera, do akej je systém náchylný na nepriaznivé účinky zmeny klímy vrátane premenlivosti klímy a extrémov a nie je

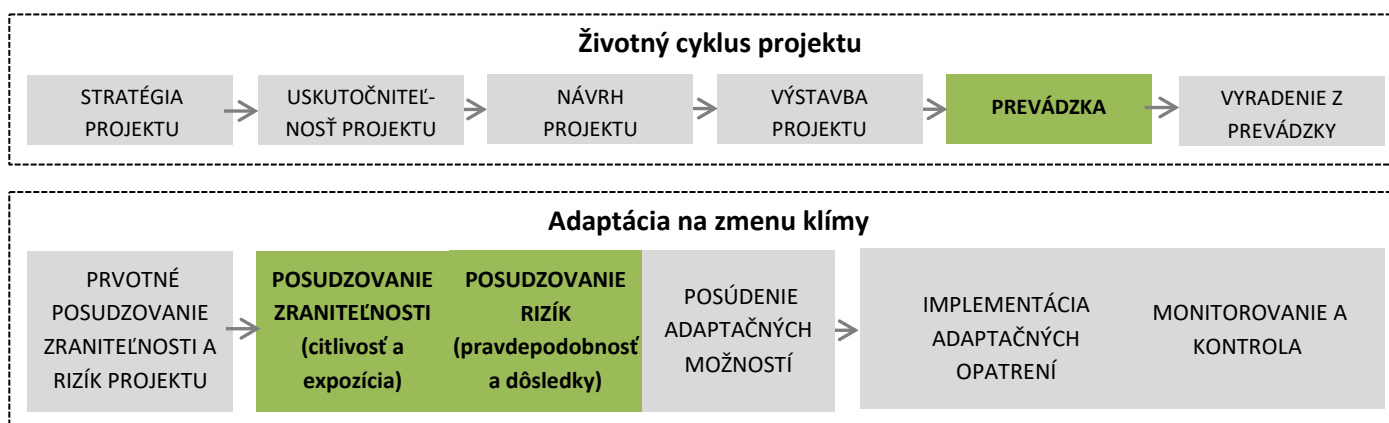
schopný sa s nimi vyrovnávať. Zraniteľnosť je funkciou charakteru, veľkosti a rýchlosti klimatických zmien a variácií, ktorým je systém vystavený, jeho citlivosti a schopnosti adaptácie (IPCC AR 4).

## 5.1.2 Základné teoretické, metodologické a metodické východiská

### Miesto a úloha metodologickej príručky hodnotenia zraniteľnosti a rizík infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov v kontexte adaptácie na zmenu klímy a životného cyklu projektu

Navrhovaná metodická príručka je zameraná na existujúce infraštruktúrne líniové stavby a produktovody. Jej cieľom je poskytnúť základné teoretické a metodologické východiská vrátane metodických postupov pre hodnotenie zraniteľnosti týchto stavieb a súvisiacich rizík vyplývajúcich zo zmeny klímy. Hodnotenie zraniteľnosti a rizik predstavuje významnú súčasť celkového procesu adaptácie na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy a je predpokladom úspešnej adaptácie.

Nasledujúci obrázok názorne ilustruje záber metodologickej príručky (zvýraznené zelenou farbou) v kontexte celkovej adaptácie na zmenu klímy vrátane životného cyklu projektu.



Obr. 5-1 Miesto a úloha metodologickej príručky v kontexte adaptácie na zmenu klímy a životného cyklu projektu (Zdroj: vlastné spracovanie)

### Základný teoretický a metodologický rámec metodologickej príručky

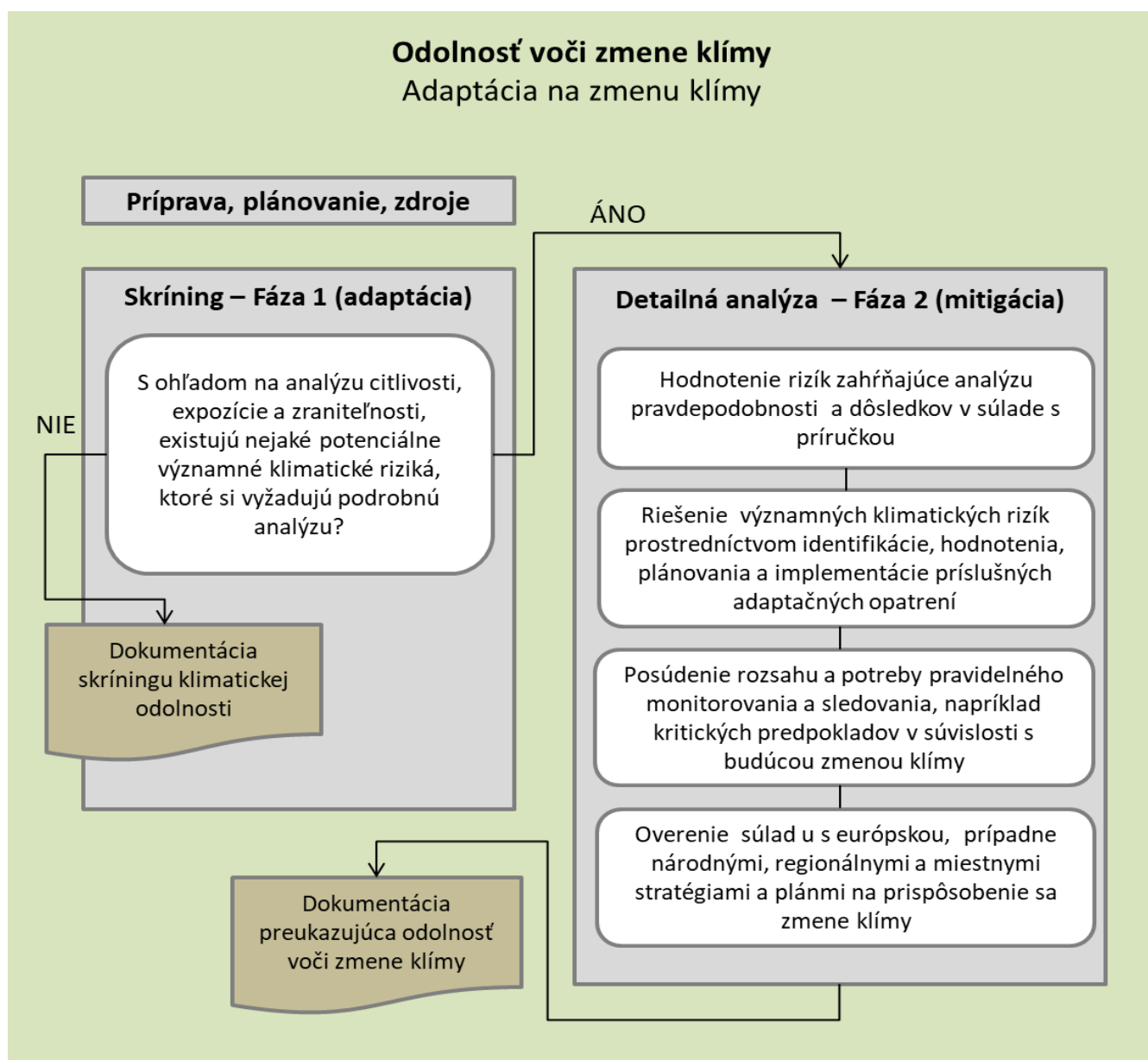
Nižšie uvádzame niekoľko kľúčových teoretických a metodologických konceptov posudzovania zraniteľnosti a rizík v kontexte adaptácie na

nepriaznivé dôsledky zmeny klímy, ktoré sú v rámci navrhovanej metodologickej príručky aplikované.

Ako prvý uvádzame koncepčný rámec zabezpečenia odolnosti infraštruktúrnych projektov voči zmene klímy publikovaný Európskou komisiou v roku 2021 (Obr. 5-2). Táto metodológia je v praxi známa pod skratkou **CVRA** (angl. Climate Vulnerability and Risk Assessment). Klimatická odolnosť európskej infraštruktúry predpokladá realizáciu procesov v dvoch úrovniach. Prvá fáza je zameraná na tzv. skríning zraniteľnosti a identifikáciu významných rizík infraštruktúry, ktoré si budú vyžadovať detailnejšiu analýzu. Podrobná analýza rizík

predpokladá hodnotenie rizík na úrovni analýzy pravdepodobnosti a závažnosti dôsledkov a následné procesy súvisiace s adaptáciou na zmenu klímy. Tento koncept predpokladá tiež dôslednú prípravu a plánovanie hodnotení vrátane spracovania príslušnej dokumentácie ako výstupu prvej a druhej fázy hodnotenia.

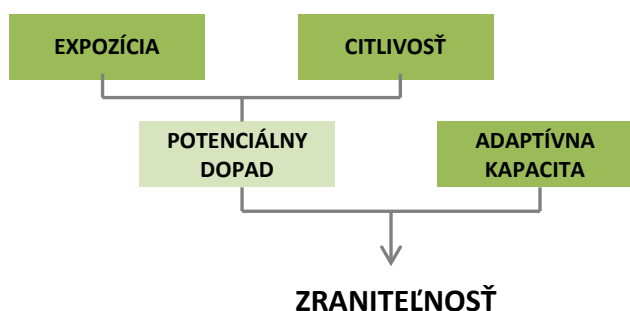
Použitie uvedeného koncepčného rámca hodnotenia zraniteľnosti a rizík Európska komisia presadzuje aj v prípade najnovšie publikovanej príručky určenej pre adaptáciu budov na zmenu klímy (Zdroj: Európska komisia, 2023).



Obr. 5-2 Prehľad procesov k dosiahnutiu odolnosti infraštruktúrnych projektov voči rizikám súvisiacim so zmenou klímy (Zdroj: Európska komisia, 2021)



Navrhovaná metodická príručka kompozične vychádza z uvedeného konceptu EÚ, pričom dôraz kladie na podrobnú analýzu jednotlivých komponentov zraniteľnosti infraštruktúrnej stavby, ktorými sú najmä citlivosť a expozícia. V tomto význame sa metodická príručka opiera o celosvetovo najrozšírenejšie používaný teoretický koncept zraniteľnosti podľa IPCC predstavený v roku 2007 v rámci Hodnotiacej správy č. 4 (AR 4 - Assessment report 4). Rámcová schéma tohto konceptu je znázornená nižšie.

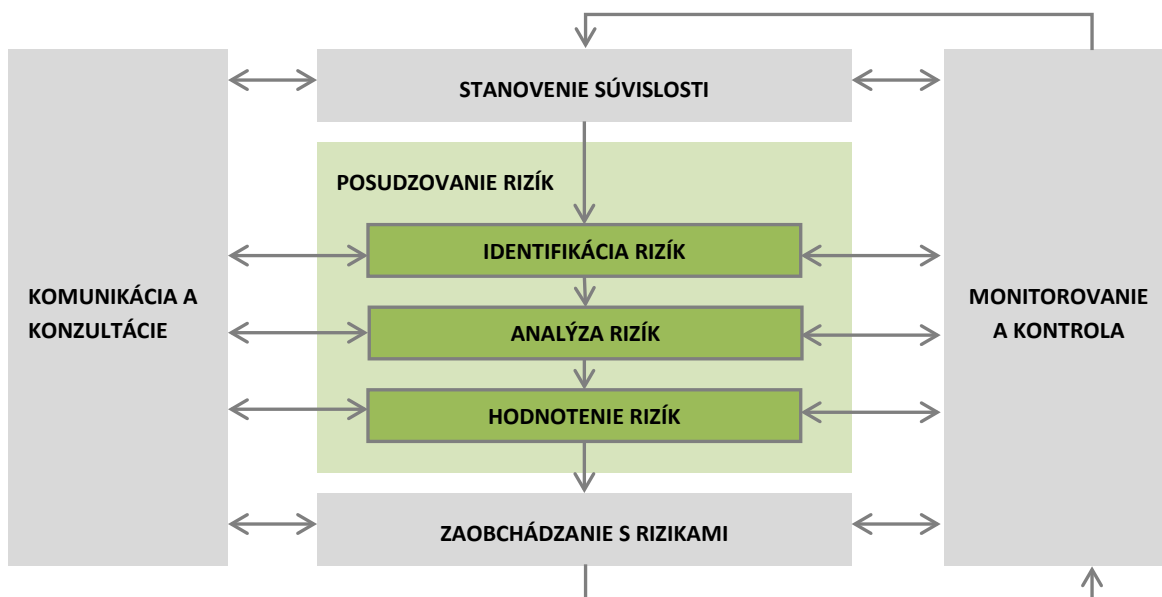


Obr. 5-3 Základný teoretický rámec zraniteľnosti (Zdroj: IPCC, 2007)

IPCC predstavil v rámci 5. hodnotiacej správy (AR5 - Assessment report 5) v roku 2014 nový metodologický koncept známy pod skratkou **CRA** (ang. Climate Risk Assessment), ktorý sa približuje koncepcii rizika katastrofy a líši sa od súčasného

chápania zraniteľnosti podľa IPCC AR4. Koncept rizika podľa AR5 nezavádza len nové termíny a nové definície starých termínov, ale riadi sa inou základnou filozofiou, v ktorej je riziko funkciou zraniteľnosti, expozície a nebezpečenstva. Oba koncepty rozlišujú vonkajšie príčiny súvisiace s klímou (v AR4 expozícia, v AR5 nebezpečenstvo) od systémových atribútov. Okrem toho koncept AR5 explicitne zvažuje prítomnosť a relevantnosť exponovaných prvkov ako dodatočnú zložku (v AR4 len implicitne zahrnutú v citlivosti). Tento nový koncept AR5 bol premietnutý aj do normy *ISO 14091:2021 Prispôbenie sa zmene klímy – Usmernenia o zraniteľnosti, vplyvoch a hodnotení rizík*.

Vzhľadom na to, že v súčasnosti je v koncepte AR5 stále veľa nezrovnalostí a nejasností a nie sú k dispozícii konkrétne aplikačné príklady pre využitie tohto konceptu pre infraštruktúrne stavby, nie je táto nová CRA metodológia v metodickej príručke zohľadnená. Dôvodom je tiež potreba zabezpečenia metodologickej a metodickej kompatibility predkladanej metodickej príručky s národnou *Metodickou príručkou posudzovania dopadov zmeny klímy na veľké projekty v sektore doprava* publikovanou Ministerstvom dopravy SR v roku 2018, ktorá predstavuje unifikovanú príručku pre integráciu hodnotenia zraniteľnosti, rizík a adaptácie do životného cyklu infraštruktúrneho projektu.



Obr. 5-4 Posudzovanie rizík v rámci procesu riadenia rizika podľa ISO 31000 (Zdroj: Európska komisia, 2010)

Ďalším teoretickým východiskom metodickej príručky je vymedzenie **procesu posudzovania rizík** (Obr. 5-4) podľa *ISO 31000 Manažérstvo rizika – techniky posudzovania rizík* predstavujúceho identifikáciu, analýzu a hodnotenie rizika (zvýraznené zelenou farbou). Identifikácia rizík je chápaná ako hľadanie a určenie rizika, analýza rizík predpokladá určenie úrovne rizika v rozsahu analýzy pravdepodobnosti vzniku nežiaducej udalosti spôsobujúcej konkrétnu úroveň negatívnych dôsledkov. Hodnotenie rizika predstavuje vyhodnotenie významu riziká vo vzťahu k rizikovým kritériám a určenie jeho akceptovateľnosti alebo neakceptovateľnosti.

Z hľadiska širších súvislostí procesu hodnotenia zraniteľnosti a rizík súvisiacich so zmenou klímy sa metodická príručka opiera o poznatky a skúsenosti s využitím podporných procesov hodnotenia, ktorými sú **príprava, plánovanie, dokumentácia hodnotenia a diseminácia výsledkov**. Tieto podporné činnosti hodnotenia sú v súčasnosti chápané ako súčasť celkového procesu hodnotenia rizík a zraniteľnosti z hľadiska zmeny klímy a podporujú efektivitu dosahovania stanovených a očakávaných cieľov hodnotenia. Napríklad norma *ISO 14091:2021 Prispôsobenie sa zmene klímy – Usmernenia o zraniteľnosti, vplyvoch a hodnotení rizík* definuje tri základné fázy pre implementáciu CRA metodológie:

Príprava na hodnotenie

Výkon hodnotenia

Komunikácia výsledkov

Prípravu a plánovanie hodnotenia vrátane potrebných zdrojov a zdokumentovanie výsledkov hodnotenia zraniteľnosti a rizík odporúča tiež Európska komisia (Obr. 5-2).

Federálna správa diaľnic USA (Zdroj: FHA, 2017) vo svojom metodickom postupe pre hodnotenie zraniteľnosti a rizík veľkých dopravných stavieb uvádza ako prvú fázu hodnotenia *Stanovenie cieľov a rozsahu hodnotenia* a poslednú fázu hodnotenia *Aplikáciu výsledkov hodnotenia do rozhodovacích procesov* (zeleným zvýraznené kroky na Obr. 5-5).

1. Stanovenie cieľov a rozsahu	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Formulácia cieľov a definovanie rozsahu štúdie</li> <li>✓ Výber a charakteristika objektov, hodnotenie ich kritickosti</li> <li>✓ Identifikácia a výber KKP</li> </ul>
2. Získavanie údajov o objektoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Typy objektov</li> <li>✓ Zdroje</li> <li>✓ Charakteristiky objektov</li> </ul>
3. Získavanie klimatických údajov	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Predpovede teplôt a zrážok</li> <li>✓ Riečna hydroológia</li> <li>✓ Pobrežná hydroológia</li> <li>✓ Projekcie vzostupu hladiny mora</li> <li>✓ Pobrežná povodeň</li> </ul>
4. Hodnotenie zraniteľnosti	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zapojenie zainteresovaných strán</li> <li>✓ Hodnotenie založené na indikátoroch</li> <li>✓ Inžiniersky prístup</li> <li>✓ Zváženie rizika</li> </ul>
5. Identifikácia, analýza a prioritizácia adaptačných opatrení	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Využitie multikritériálnej analýzy</li> <li>✓ Využitie analýzy nákladov a prínosov</li> <li>✓ Typy ekonomických analýz</li> <li>✓ Začlenenie rizika do EA</li> </ul>
6. Aplikácia výsledkov do rozhodovacích procesov	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Začlenenie výsledkov do plánovania dopravy, projektovania, riadenia prevádzky a údržby objektov</li> <li>✓ Monitorovanie a revízia</li> </ul>

Obr. 5-5 Posudzovanie rizík v rámci procesu riadenia rizika podľa ISO 31000 (Zdroj: FHA, 2017)

Návrh a postupnosť jednotlivých krokov metodického postupu metodickej príručky vychádza zo syntézy poznatkov získaných analýzou rôznych európskych a medzinárodných štandardov, príručiek a odporúčaní, ktoré sú uvedené v zozname použitej literatúry a z vlastných praktických skúseností z posudzovania infraštruktúrnych stavieb z pohľadu zmeny klímy vo fáze ich projektovej prípravy.

## 5.2 SCHÉMA METODICKÉHO POSTUPU

## FÁZA I. PRÍPRAVA

KROK 1	POCHOPENIE SÚVISLOSTÍ
KROK 2	STANOVENIE CIEĽOV HODNOTENIA A OČAKÁVANÝCH VÝSLEDKOV
KROK 3	ZOSTAVENIE HODNOTIACEHO TÍMU
KROK 4	STANOVENIE ROZSAHU HODNOTENIA
KROK 5	PRÍPRAVA REALIZAČNÉHO PLÁNU HODNOTENIA

## FÁZA II. REALIZÁCIA

### ANALÝZA CITLIVOSTI

KROK 6	IDENTIFIKÁCIA RELEVANTNÝCH PRÍRODNÝCH RIZÍK LÍNIOVEJ STAVBY
KROK 7	IDENTIFIKÁCIA POTENCIÁLNE CITLIVÝCH PRVKOV
KROK 8	SKRÍNING POTENCIÁLNYCH NEGATÍVNYCH DOPADOV
KROK 9	ANALÝZA UKAZOVATEĽOV CITLIVOSTI
KROK 10	VYHODNOTENIE CITLIVOSTI

### ANALÝZA EXPOZÍCIE

KROK 11	CHARAKTERISTIKA SÚČASNEJ ÚROVNE RIZIKOVÝCH FAKTOROV
KROK 12	CHARAKTERISTIKA OČAKÁVANEJ ÚROVNE RIZIKOVÝCH FAKTOROV
KROK 13	ANALÝZA UKAZOVATEĽOV EXPOZÍCIE
KROK 14	VYHODNOTENIE EXPOZÍCIE

### HODNOTENIE ZRANITEĽNOSTI

KROK 15	IDENTIFIKÁCIA POTENCIÁLNYCH DOPADOV
KROK 16	IDENTIFIKÁCIA ADAPTAČNEJ KAPACITY
KROK 17	NORMALIZÁCIA A VÁŽENIE UKAZOVATEĽOV ZRANITEĽNOSTI
KROK 18	AGREGÁCIA UKAZOVATEĽOV ZRANITEĽNOSTI
KROK 19	VYHODNOTENIE ZRANITEĽNOSTI

### HODNOTENIE RIZÍK

KROK 20	IDENTIFIKÁCIA A POCHOPENIE RIZÍK
KROK 21	ANALÝZA PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU NEŽIADUJEJ UDALOSTI
KROK 22	ANALÝZA ZÁVAŽNOSTI DÔSLEDKOV
KROK 23	VYHODNOTENIE RIZÍK

## FÁZA III. SYNTÉZA

KROK 24	SPRÁVA O HODNOTENÍ ZRANITEĽNOSTI A RIZÍK
KROK 25	PREZENTÁCIA A DISEMINÁCIA VÝSLEDKOV HODNOTENIA
KROK 26	MONITOROVANIE A KONTROLA

## 5.3 METODIKA HODNOTENIA ZRANITEĽNOSTI A RIZÍK LÍNIOVÝCH INFRAŠTRUKTÚRNYCH STAVIEB A PRODUKTOVODOV V SR

### PRÍPRAVNÁ FÁZA HODNOTENIA – I. FÁZA

V rámci prípravnej fázy hodnotenia zraniteľnosti a rizík infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov je nevyhnutné definovať kontext celého hodnotenia. Základným zámerom je, aby pred zahájením samotného procesu hodnotenia poznal a pochopil projektový tím súvislosti, ciele a rozsah hodnotenia, potrebné vstupy a predpokladané výstupy hodnotenia, predmet hodnotenia, priestorové a časové ohraničenie hodnotenia, miesto a úlohu jednotlivca a participujúcich subjektov v hodnotiacom procese, atď. Z toho dôvodu je prípravná fáza nevyhnutnou súčasťou celého procesu hodnotenia zraniteľnosti a rizík súvisiacich so zmenou klímy, ktorú nie je možné opomenúť, alebo venovať sa jej len čiastočne alebo okrajovo.

Prípravná fáza hodnotenia zraniteľnosti a rizík predpokladá postupnosť nasledujúcich krokov, ktoré sú vzhľadom na svoj obsah navzájom prepojené a ktoré možno opätovne opakovať až do momentu dosiahnutia adekvátnej pripravenosti projektového tímu na úrovni poznania cieľov, účelu a metód hodnotenia zraniteľnosti a rizík z hľadiska zmeny klímy, vrátane potrebných zdrojov:

1. Pochopenie kontextu hodnotenia
2. Stanovenie cieľov a očakávaných výstupov
3. Zostavenie projektového tímu
4. Stanovenie rozsahu hodnotenia
5. Príprava realizačného plánu hodnotenia

#### KROK 1: POCHOPENIE SÚVISLOSTI

Každé hodnotenie zraniteľnosti a rizík súvisiacich so zmenou klímy je špecifické a jedinečné. Prebieha v konkrétnom čase a prostredí, v konkrétnom štádiu adaptácie, na konkrétnej úrovni podrobnosti, zapája do procesu hodnotenia rôzne inštitúcie

a odborníkov, má špecifické požiadavky na zdroje a informácie a pod. Cieľom tohto kroku je spoznanie širších súvislostí hodnotenia zraniteľnosti, ktoré si vyžaduje poznanie súvisiacich procesov, aktuálnej úrovne zmeny klímy a jej dopadov na infraštruktúrne stavby, dotknutých inštitúcií a dostupných zdrojov. Nižšie uvádzame základné otázky, ktoré by mali byť v rámci tohto kroku zodpovedané so zaznamenaním odpovedí. Otázky sú rozdelené do štyroch kľúčových tematických oblastí:

#### 1. PROCESY:

- ✓ Z čoho vyplýva potreba realizácie hodnotenia zraniteľnosti?
- ✓ V akom štádiu adaptácie na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy sa hodnotenie zraniteľnosti a rizík nachádza?
- ✓ Aké aktuálne procesy prebiehajú v oblasti adaptácie infraštruktúry na zmenu klímy a aké sa plánujú?

#### 2. ZNALOSTI:

- ✓ Čo je už známe o zmene klímy a jej vplyvoch na infraštruktúrne líniové stavby a produktovody?
- ✓ Bolo hodnotenie zraniteľnosti alebo rizík týchto infraštruktúrnych stavieb už realizované?
- ✓ Ktoré informácie by malo hodnotenie zraniteľnosti a rizík priniesť?

#### 3. SUBJEKTY:

- ✓ Ktoré inštitúcie je potrebné zapojiť do hodnotenia?
- ✓ Ako môžu (akými informáciami, poznatkami, skúsenosťami, inými zdrojmi) prispieť tieto inštitúcie k hodnoteniu a ako ovplyvní ich príspevok samotné hodnotenie?

#### 4. ZDROJE:

- ✓ Aké technické, personálne a finančné zdroje sú potrebné pre realizáciu hodnotenia?
- ✓ Aký je časový rámec pre hodnotenie?
- ✓ Aké relevantné informácie a údaje sú aktuálne k dispozícii?

## **KROK 2: STANOVENIE CIEĽOV HODNOTENIA A OČAKÁVANÝCH VÝSLEDKOV**

Stanovenie cieľov hodnotenia zraniteľnosti a rizík na začiatku procesu pomôže lepšie pochopiť úroveň podrobnosti hodnotenia, miesto a úlohu hodnotenia zraniteľnosti a rizík v kontexte aktuálnej politiky prispôsobenia sa zmene klímy vrátane inštitucionálneho a priestorového kontextu. Tento krok je priamo previazaný s predchádzajúcim krokom a vedie k definovaniu rozsahu hodnotenia. Ciele hodnotenia zraniteľnosti a rizík infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov ako aj očakávané výsledky by mali byť čo možno najjednoduchšie definované. Pri ich formulácii možno prihliadať na nasledovnú sadu základných otázok:

- ✓ Aké procesy v oblasti adaptácie, hodnotenia zraniteľnosti a rizík podporí, resp. do ktorých sa zapojí?
- ✓ Aké výsledky má hodnotenie zraniteľnosti priniesť?
- ✓ Na čo možno tieto informácie využiť?
- ✓ Kto je cieľovou skupinou pre výsledky hodnotenia zraniteľnosti a rizík?
- ✓ Aké výstupy hodnotenia sa očakávajú?

## **ZODPOVEDANIE UVEDENÝCH OTÁZOK UMOŽNÍ PRESNEJŠIE DEFINOVANIE CIEĽOV HODNOTENIA. PRACOVNÉMU TÍMU POMÔŽE ODHALIŤ PODROBNOSTI, NA AKÝ ÚČEL SA HODNOTENIE ZRANITEĽNOSTI A RIZÍK VYKONÁVA (NAPR. URČENIE ZRANITEĽNÝCH A**

## **RIZIKOVÝCH MIEST V REGIÓNE, IDENTIFIKÁCIA A PLÁNOVANIE ADAPTAČNÝCH OPATRENÍ, PRÍPRAVA STRATEGICKÝCH DOKUMENTOV, SEKTOROVÉ PREROZDELENIE FINANČNÝCH PROSTRIEDKOV, A I.), PRE KOHO SA HODNOTENIE ZRANITEĽNOSTI VYKONÁVA (NAPR. ŠTÁT, ŠTÁTNE ORGANIZÁCIE A MINISTERSTVÁ, MESTÁ A OBCE, SAMOSPRÁVNE KRAJE, PRÍP. MAJETKOVÝ SPRÁVCA) A AKÝ JE OČAKÁVANÝ VÝSTUP A FORMA VÝSTUPOV HODNOTENIA (NAPR. ZISTENIE URČUJÚCICH FAKTOROV ZRANITEĽNOSTI, PORADIE ZRANITEĽNÝCH PRVKOV A OBJEKTOV JEDNOTLIVÝCH MÓDOV DOPRAVY, GRAFICKÉ ZNÁZORNENIE ZRANITEĽNOSTI A RIZÍK V NÁSTROJOCH GIS, TABUĽKOVÉ SPRACOVANIE ZRANITEĽNOSTI A RIZÍK, , A I.). KROK 3: ZOSTAVENIE HODNOTIACEHO TÍMU**

V rámci tohto kroku prípravnej fázy hodnotenia zraniteľnosti a rizík infraštruktúrnej stavby je dôraz kladený na vytvorenie multidisciplinárneho hodnotiaceho tímu a rozdelenie úloh a zodpovedností medzi zainteresované osoby a inštitúcie

Rozhodovanie o tom, ktorá inštitúcia alebo jednotlivec má byť do procesu hodnotenia zraniteľnosti a rizík infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov zapojený, bude mať vplyv na priebeh hodnotenia a výsledky hodnotenia. Pri výbere projektového tímu je potrebné prihliadať na stanovené ciele a očakávané výsledky hodnotenia.

Personálne obsadenie hodnotiaceho tímu neznamená, že každý člen musí byť zapojený do celého procesu hodnotenia. Jeho prítomnosť v hodnotiacom procese môže byť užitočná len vo vybraných otázkach hodnotenia.

Nižšie uvádzame prehľad základnej skladby hodnotiaceho tímu zloženého na základe odbornej pôsobnosti a zodpovednosti, znalostnej úrovne a disponibility informácií a údajov potrebných na realizáciu hodnotenia (FHA, 2017):

Podľa typu infraštruktúrnej líniovej stavby a produktovodu, ktorý je predmetom hodnotenia, je hlavným členom hodnotiaceho tímu vždy pracovník dotknutej inštitúcie (napr. zástupca MD SR, NDS a.s., SSC, SPP, SEPS ai.) zodpovedný za strategické plánovanie. Jeho prínos v podobe poznania strategických zámerov investičnej politiky pomôže v plánovaní dlhodobých investícií v budúcnosti v ohľade na neurčitost' vývoja zmeny klímy a rizík s ňou súvisiacich.

Ďalšiu členskú základňu projektového tímu by mali tvoriť správcovia infraštruktúry, zamestnanci miestnej úrovne a pracovníci údržby, ktorí majú dostatočné údaje a informácie o lokálnych rizikách a doterajších dopadoch prírodných rizík na dotknutom území, o technickej náročnosti a nákladoch vynaložených na údržbu alebo obnovu poškodenej infraštruktúry.

Osobitne dôležitú skupinu projektového tímu pre hodnotenie zraniteľnosti a rizík infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov tvoria autorizovaní inžinieri. V závislosti od typu hodnotenej stavby môže ísť o dopravných inžinierov, stavebných inžinierov, projektantov, inžinierov v energetike a plynárenstve a pod., ktorých znalosti a informácie sú nevyhnutné v procese analýzy citlivosti stavby na prírodné riziká, najmä v procese stanovenia prahových hodnôt odolnosti jednotlivých prvkov stavby.

Prevádzkových personál v jednotlivých dopravných módoch a energetike má vedomosti o tom, ako môžu extrémne prejavy prírodných rizík na území spôsobiť nežiaduce bezpečnostné a prevádzkové obmedzenia a aké opatrenia sú nevyhnutné na obnovenie prevádzkovej funkčnosti stavby.

Ďalšiu skupinu členskej základne projektového tímu tvoria odborníci v oblasti životného prostredia, ktorých participácia je nevyhnutná pri analýze expozície projektu prírodným rizikám ovplyvneným zmenou klímy. Skupinu týchto odborníkov by mali tvoriť pracovníci štátnej správy (MŽP SR), ktorí sa

podieľajú na tvorbe a vyhodnocovaní adaptačnej stratégie krajiny na nepriaznivé dopady zmeny klímy a ktorí majú dostatok informácií o prejavujúcom sa trende zmeny klímy na území a jeho budúcom vývoji ako aj prebiehajúcim výskume zmeny klímy vykonávanom inými organizáciami pod záštitou štátu. Štátni klimatológovia (SHMÚ) poskytnú prehľad o historických meraniach klimatických premenných, dosiahnutých extrémov a sekundárnych rizikách na území a v niektorých prípadoch dokážu predikovať budúci vývoj týchto klimatických premenných v budúcnosti (napr. prognóza výdatnosti zrážok na území pre rôzne úrovne pravdepodobnosti). Ďalší environmentálni odborníci ako napríklad vodohospodári (SVHP), geológovia (ŠGÚDŠ), atď. poskytnú dostatočnú charakteristiku a prehľad území náchylných na povodne, zosuvy a pod.

Geograficky ciele klimatické projekcie môžu poskytnúť vládne alebo univerzitné výskumné centra a organizácie.

Osobitnú skupinu projektového tímu môžu tvoriť špecialisti na GIS nástroje, ktorí dokážu priestorovo analyzovať a zobrazit' exponované a zraniteľné prvky infraštruktúrnej stavby v území prostredníctvom digitálnych modelov simulovať predpokladané účinky klimatických rizík na hodnotenú infraštruktúru.

#### **KROK 4: STANOVENIE ROZSAHU HODNOTENIA**

V rámci tohto kroku prípravnej fázy hodnotenia zraniteľnosti líniových stavieb a produktovodov je potrebné stanovit' rozsah hodnotenia. Hodnotiaci tím sa v závislosti od stanovených cieľov hodnotenia zameriava najmä na nasledujúce otázky:

- ✓ Na aký sektor hospodárstva sa hodnotenie zameriava?
- ✓ Na aký druh infraštruktúrnej stavby je hodnotenie v rámci daného sektora zamerané?
- ✓ Na aké konkrétne objekty infraštruktúrnej stavby je hodnotenie zacielené?
- ✓ Aké prírodné riziká súvisiace so zmenou klímy sú uvažované v hodnotenej lokalite?
- ✓ Aký je územný rozsah lokality s hodnoteným infraštruktúrnym prvkom?

- ✓ Na aké časové obdobie je hodnotenie zamerané?

Príkladom sektorovej oblasti hospodárstva s individuálnymi špecifickými podmienkami hodnotenia je dopravný sektor (líniové stavby) a sektor energetiky (významné vodovody, plynovody, ropovody). Samotné hodnotenie môže byť zamerané na všetky inžinierske stavby, alebo len na vybraný typ týchto stavieb (napr. hodnotenie zraniteľnosti diaľnic a železničných sietí, hodnotenie ropovodov, hodnotenie prvkov elektrickej prenosovej sústavy a pod.).

V závislosti od konečných cieľov môže byť hodnotenie orientované len na významné typologické prvky stavby, ktoré možno považovať za kritickú infraštruktúru. Na druhej strane môže byť hodnotenie zamerané na všetky objekty tvoriace infraštruktúru stavbu pre zistenie celkovej zraniteľnosti.

Variáciou hodnotiaceho prístupu je uvažovanie len vybraných prírodných rizík ovplyvnených zmenou klímy (napríklad hodnotenie zraniteľnosti na povodne) alebo len jedného, príp. všetkých známych rizikových faktorov prírodných rizík.

Hodnoteným územím môže byť vymedzený geografický priestor alebo administratívna jednotka - obec, kraj alebo celé územie SR. Rovnako môže byť hodnotené územie určené napríklad pozdĺž vedenia líniovej stavby a produktovodou, alebo pozdĺž celého povodia.

Z hľadiska časového rozlíšenia môže byť hodnotenie zamerané na súčasnosť (aktuálna zraniteľnosť) alebo zraniteľnosť v budúcom období (napr. obdobie rokov 2030 – 2050, 2050 – 2100) pri zmene okrajových podmienok (výhľadové parametre stavby pri zohľadnení zvyškovej životnosti a odolnosti na

očakávanú úroveň hodnôt klimatických premenných).

Odpovede na vyššie uvedené otázky by mali byť skonsolidované a odsúhlasené v rámci celého hodnotiaceho tímu tak, aby boli rozsah a úroveň podrobnosti hodnotenia vymedzené a stanovené jednoznačne.

## KROK 5: PRÍPRAVA REALIZAČNÉHO PLÁNU HODNOTENIA

Príprava realizačného plánu hodnotenia je neoddeliteľnou súčasťou prípravnej fázy. Rekapituluje všetky zistenia z predchádzajúcich krokov prípravnej fázy do fyzickej (dokumentačnej) podoby, ktorú je možné zdieľať medzi jednotlivými členmi/zložkami hodnotiaceho tímu.

Realizačný plán by mal byť navrhnutý v prehľadnej štruktúre. Z obsahového hľadiska by v pláne nemali chýbať informácie o :

- cieľoch hodnotenia,
- rozsahu hodnotenia,
- členoch projektového tímu,
- úlohách a zodpovednosti členov hodnotiaceho tímu,
- časovom pláne hodnotenia zraniteľnosti,
- použitej metodiky a metodológie,
- dostupných informáciách a informáciách, ktoré bude potrebné dodatočne získať

Realizačný plán je potrebné koncipovať tak, aby každý člen projektového tímu vedel, aká je jeho úloha v rámci hodnotenia, s kým má pri hodnotení spolupracovať, v akých termínoch má dodať požadované výstupy, a pod.



# REALIZAČNÁ FÁZA HODNOTENIA – II. FÁZA

## I. ANALÝZA CITLIVOSTI

Citlivosť infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov je na účely tejto metodiky charakterizovaná ako stupeň/miera, do akej sú tieto stavby, ich stavebné prvky a súčasti vrátane súvisiacich prevádzkových procesov ovplyvnené zmenou klímy, jej premenlivosťou a súvisiacimi extrémnymi prejavmi prírodných rizík. V porovnaní so všeobecnou definíciou citlivosti je dôraz kladený na negatívny a nepriaznivý vplyv zmeny klímy.

Analýza citlivosti ako jedna z 3 základných zložiek zraniteľnosti predstavuje základný pilier v procese hodnotenia pripravenosti infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy. Jej základným cieľom je odhaliť, či a do akej miery môžu byť vystavené prvky infraštruktúrnych líniových stavieb negatívne ovplyvnené pôsobením účinkov prírodných rizík.

Analýza citlivosti by mala pokrývať projekt komplexným spôsobom, pričom by sa mala zaoberať rôznymi komponentmi projektu a jeho fungovaním v rámci širšej siete alebo systému. V prípade infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov ide najmä o analýzu citlivosti exponovaných objektov a stavebných súčastí a procesov, vstupov (napr. energie) a výstupov (napr. poskytované služby).

Cieľom analýzy citlivosti je:

- identifikácia klimatických rizík relevantných pre konkrétny typ infraštruktúrnej stavby bez ohľadu na jej umiestnenie,
- identifikácia a charakteristika potenciálne citlivých prvkov a súvisiacich procesov infraštruktúrnej líniovej stavby a produktovodu,
- identifikácia potenciálnych negatívnych dopadov zmeny klímy na infraštruktúrne líniové stavby a produktovody,
- analýza ukazovateľov hodnôt citlivosti stavebných súčastí a procesov infraštruktúrnej líniovej stavby a produktovodov,

- záverečné vyhodnotenie miery citlivosti.

Tieto parciálne kroky analýzy citlivosti infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov sú podrobnejšie opísané v nasledujúcej časti.

### **KROK 6: IDENTIFIKÁCIA RELEVANTNÝCH PRÍRODNÝCH RIZÍK LÍNIOVEJ STAVBY**

Pri identifikácii relevantných prírodných rizík infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov je potrebné prihliadať na stanovený rozsah hodnotenia zraniteľnosti. Pokiaľ je hodnotenie zraniteľnosti zamerané na vybraný typ infraštruktúrnej stavby a vybrané prírodné riziko ovplyvnené zmenou klímy, v tomto kroku je dôraz kladený práve na výber týchto prvkov analýzy citlivosti. Ak stanovený rozsah hodnotenia zraniteľnosti je rozšírený na vybranú infraštruktúrne stavbu a všetky potenciálne prírodné riziká ovplyvnené zmenou klímy, je potrebné výber relevantných prírodných rizík rovnako prispôbiť.

Vo všeobecnosti je dôležité zamerať sa na také prírodné riziká, u ktorých v dôsledku zmeny klímy možno v budúcnosti očakávať nárast rizikových faktorov. Môže ísť o akútne extrémne udalosti ako sú privalové povodne, búrková činnosť, vlny horúčav, vznik lesných požiarov a zosuvy pôdy ale tiež o chronické udalosti akými sú napríklad zmeny v priemernej zrážkovej činnosti, pôdnej vlhkosti alebo vlhkosti vzduchu.

Hlavnými prírodnými rizikami, ktorými je potrebné sa v rámci hodnotenia zraniteľnosti infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov zaoberať, sú extrémne prejavy prírodných rizík a ich sekundárne dopady:

- I. Extrémne prejavy prírodných rizík
  - Silný vietor

- Intenzívne dažde
- Búrková činnosť
- Snehové kalamity
- Námrazové javy
- Extrémne horúčavy
- Hmly
- Vlhkosť vzduchu

## II. Sekundárne dopady extrémneho pôsobenia prírodných rizík

- Vznik povodní
- Vznik zosuvov
- Sucho a lesné požiare
- Erózia pôdy

Akákoľvek infraštruktúrna líniová stavba alebo produktovod sú na vyššie uvedené prírodné riziká súvisiace so zmenou klímy citlivé, a teda môžu byť zmenou klímy významne v budúcnosti ovplyvnené. Ide predovšetkým o také objekty, stavebné a technologické súčasti infraštruktúry vrátane súvisiacich procesov, ktoré sú exponované vonkajšiemu prostrediu v dôsledku svojho nadzemného vedenia ale rovnako môžu byť negatívne ovplyvnené aj podzemné objekty stavieb a produktovodov, a to predovšetkým sekundárnymi dopadmi extrémneho pôsobenia prírodných rizík (napr. povodne, zosuvy).

## KROK 7: IDENTIFIKÁCIA POTENCIÁLNE CITLIVÝCH PRVKOV

V rámci tohto kroku je potrebné zaoberať sa jednotlivými prvkami infraštruktúrnej stavby, ktoré sú exponované prírodným rizikám a ktorých poškodenie alebo zničenie môže významným spôsobom ovplyvniť funkčnosť a integritu celej infraštruktúry vrátane jej prevádzky.

Zameranie sa na objektovú skladbu infraštruktúrnej stavby je dôležité najmä z hľadiska odhalenia citlivosti kľúčových prvkov infraštruktúrnej stavby. Napríklad uzatvorenie diaľničného alebo železničného mosta môže predstavovať vysoké riziko narušenia konštrukčnej integrity stavby a vyžiada si dlhodobé odstavenie z prevádzky, technicky, časovo a finančne náročné riešenia opravy a obnovy. Na druhej strane poškodenie napríklad protihlukovej steny alebo trakčného vedenia bude viesť ku krátkodobým prevádzkovým obmedzeniam v doprave.

Nižšie je uvedený základný prehľad stavebných objektov a prevádzkových súborov jednotlivých typov infraštruktúrnych stavieb a produktovodov, ktorých citlivosť na prírodné riziká súvisiace so zmenou klímy ovplyvňuje celkovú citlivosť hodnotenej infraštruktúry.

### 1. Cestná infraštruktúra

- mostné objekty (spodná stavba, vrchná stavba, opora)
- tunely, podchody pre chodcov
- spevnené/nespevnené cesty
- oporné/zárubné múry
- protihlukové steny
- odvodňovacie systémy (napr. priepusty, dažďová kanalizácia)
- signalizačné zariadenia a dopravné značenie
- energetické napojenie objektov, tunelov

### 2. Železničná infraštruktúra

- mostné objekty (spodná stavba, vrchná stavba, opora)
- tunely, podchody pre chodcov
- oporné/zárubné múry
- železničný zvršok, železničný spodok, podložie vrátane násypov
- odvodňovacie systémy (napr. priepusty, dažďová kanalizácia)
- trakčné vedenie a energetika
- zabezpečovacie a oznamovacie zariadenia
- rádiofikácia (antény, stožiare)
- protihlukové steny
- spevnené plochy

### 3. Letecká infraštruktúra

- vzletové a pristávacie dráhy
- letiskové budovy a konštrukcie
- lietadlá
- odvodňovacie zariadenia
- navigačné systémy a zariadenia

### 4. Elektrická prenosová sústava

- elektrárne/generátory
- transformátorové stanice
- prenosové vedenia
- stožiare
- elektrické prenosové stanice
- regulačné a odstavné zariadenia
- meracie a monitorovacie systémy

## 5. Produktovody (ropovody, plynovody)

- potrubia (nadzemné, podzemné)
- nadzemná infraštruktúra
- elektrické komponenty
- kompresorové, čerpace a meracie stanice

### **KROK 8: SKRÍNING POTENCIÁLNYCH NEGATÍVNYCH DOPADOV**

Identifikácia potenciálnych dopadov zmeny klímy na infraštruktúrne líniové stavby a produktovody predstavuje osobitnú kapitolu v procese hodnotenia zraniteľnosti. Všeobecne, podľa metodologického konceptu zraniteľnosti podľa IPCC (2007) je potenciálny negatívny dopad determinovaný úrovňou citlivosti a expozície, čím určuje celkovú mieru zraniteľnosti (po zvážení adaptívnej kapacity hodnoteného prvku alebo systému). Skríning potenciálnych dopadov ako súčasť analýzy citlivosti projektu má poskytnúť informáciu, do akej miery môže byť infraštruktúra vplyvom prírodných rizík ovplyvnená.

Z hľadiska významnosti možných nepriaznivých dopadov na infraštruktúru je potrebné rozlišovať medzi konštrukčnou a prevádzkovou citlivosťou infraštruktúrnej líniovej stavby a produktovodu, resp. potenciálnymi dopadmi vyplývajúcimi z konštrukčnej a prevádzkovej citlivosti stavby. Konštrukčná citlivosť predstavuje potenciálny vplyv prírodných rizík na konštrukciu stavby alebo vplyv vyplývajúci z konštrukcie stavby (napr. poškodenie mostného objektu, nedostatočnosť odvodnenia stavby). Prevádzková citlivosť reflektuje priame pôsobenie nežiaducich účinkov prírodných rizík na bezpečnosť a prevádzku stavby vrátane zvýšených nárokov na údržbu a obnovu prevádzky.

Špecifickým atribútom potenciálnych dopadov na infraštruktúrne stavby je, že nielen prevádzková, ale tiež konštrukčná citlivosť stavby vedie v konečnom dôsledku k prevádzkovým a bezpečnostným rizikám. Hlavný zdroj informácií poskytnú historické záznamy o reálnych dopadoch prírodných rizík na infraštruktúru a jej prevádzku. Tieto záznamy by mali pochádzať z geograficky a klimaticky príbuzných území, t.j. okrem reálnych dopadov na infraštruktúru v SR možno vychádzať aj z dostupných informácií o reálnych dopadoch na infraštruktúru v okolitých krajinách. Okrajovo možno informácie čerpať aj

z iných krajín s podobne rozvinutou dopravnou infraštruktúrou.

V tabuľke nižšie je uvedený prehľad potenciálnych dopadov rizík súvisiacich so zmenou klímy infraštruktúrne líniové stavby a produktovody vedúcich k potenciálnym nežiaducim negatívnym dopadom na ich prevádzkovú/konštrukčnú spôsobilosť.

Potenciálne dopady zmeny klímy je potrebné zhodnotiť osobitne pre každé z relevantných prírodných rizík ovplyvnených zmenou klímy.

Železničná infraštruktúra		Cestná infraštruktúra					
Konštrukčná citlivosť		Prevádzková citlivosť		Konštrukčná citlivosť		Prevádzková citlivosť	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vybočenie, deformácia koľají</li> <li>✓ Únava materiálu</li> <li>✓ Podmytie/zaplavenie koľajiska</li> <li>✓ Narušenie stability násypu</li> <li>✓ Poškodenie signalizačných zariadení</li> <li>✓ Poškodenie mostných objektov (mosty, priepusty)</li> <li>✓ Poškodenie podzemných objektov a zariadení (tunely, podchody)</li> <li>✓ Iné fyzické poškodenia líniovej stavby (napr. poškodenie trakčného vedenia)</li> <li>✓ Iné fyzické poškodenia objektov a zariadení stavby (napr. podporné múry, výhybky, protihlukové bariéry, stanice, nástupiská a iné)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zníženie bezpečnosti dopravy</li> <li>✓ Dopravné obmedzenia /napr. zníženie rýchlosti</li> <li>✓ Prerušenie dodávky elektrickej energie</li> <li>✓ Pozastavenie dopravy</li> <li>✓ Zvýšené náklady na údržbu a obnovu</li> <li>✓ Zvýšenie poruchovosti zariadení</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zhoršenie stavu komunikácie, pokles</li> <li>✓ Poškodenie asfaltových povrchov</li> <li>✓ Podmytie/zaplavenie komunikácie</li> <li>✓ Narušenie stability násypu</li> <li>✓ Poškodenie mostných objektov (mosty, priepusty)</li> <li>✓ Poškodenie podzemných objektov a zariadení (tunely, podjazdy)</li> <li>✓ Iné fyzické poškodenia líniovej stavby (napr. poškodenie zvodidiel, návestidiel)</li> <li>✓ Iné fyzické poškodenia objektov a zariadení stavby (napr. podporné múry, protihlukové bariéry, parkoviská, čerpacie stanice PHM, železničné priecestia a iné)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zníženie bezpečnosti dopravy</li> <li>✓ Dopravné obmedzenia /napr. zníženie rýchlosti</li> <li>✓ Pozastavenie dopravy</li> <li>✓ Zvýšené náklady na údržbu a obnovu</li> <li>✓ Vznik dopravných kongescií</li> </ul>	
Letecká infraštruktúra		Elektrická prenosová sústava		Ropovody, plynovody			
Konštrukčná citlivosť	Prevádzková citlivosť	Konštrukčná citlivosť	Prevádzková citlivosť	Konštrukčná citlivosť	Prevádzková citlivosť		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Poškodenie vozovky vzletovej a pristávacej dráhy</li> <li>✓ Nedostatočnosť odvodnenia, zaplavenie dráhy</li> <li>✓ Poškodenie motorov lietadiel, lietadiel</li> <li>✓ Poškodenie viazacích zariadení lietadiel</li> <li>✓ Nedostatok vody na chladenie energetických zdrojov</li> <li>✓ Poškodenie navigačných systémov a systémov prístrojového vybavenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Meškanie letov</li> <li>✓ Zrušenie letov</li> <li>✓ Ohrozená bezpečnosť letovej prevádzky</li> <li>✓ Skrátenie prevádzkovej životnosti letiskových vozoviek a zariadení</li> <li>✓ Zvýšené náklady na údržbu a servis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Poškodenie generátorov elektrickej energie</li> <li>✓ Narušenie stability stožiarov</li> <li>✓ Pretrhnutie vedenia</li> <li>✓ Poškodenie alebo narušenie statiky transformátorových staníc</li> <li>✓ Poškodenie alebo narušenie statiky technologických zariadení</li> <li>✓ Poškodenie izolátorov a iných komponentov vedenia</li> <li>✓ Narušenie statiky základov pozemných stavieb v prenosovej sústave</li> <li>✓ Poškodenie zmeniacich vedení</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Prerušenie dodávky elektrickej energie</li> <li>✓ Obmedzenie/strata funkčnosti transformátorov</li> <li>✓ Obmedzenie/strata funkčnosti regulačných a odstavných zariadení</li> <li>✓ Znefunkčnenie monitorovacích a meracích systémov</li> <li>✓ Nestabilita prúdu v napäťovej sústave</li> <li>✓ Preťaženie časti distribučnej siete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Strata pôdy, znižovanie hĺbky uloženia potrubí</li> <li>✓ Poškodenie nadzemnej infraštruktúry, pretrhnutie potrubia</li> <li>✓ Nedostatočné odvodnenie</li> <li>✓ Poškodenie kompresorových staníc, čerpacích staníc a meracích staníc</li> <li>✓ Zamrznutie ventilov</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Obmedzenie prevádzky</li> <li>✓ Prerušenie dodávky energie</li> <li>✓ Poškodenie životného prostredia</li> <li>✓ Zvýšené náklady na údržbu a obnovu</li> <li>✓ Zhoršený výkon kontroly systémov</li> </ul>		

			<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Narušenie bezpečnosti prenosovej sústavy</li> <li>✓ Nefunkčnosť riadiacich a komunikačných systémov</li> </ul>		
--	--	--	---	--	--

Tab. 5-1 Príklady potenciálnych dopadov rizík vyplývajúcich zo zmeny klímy na líniové stavby a produktovody

## KROK 9: ANALÝZA UKAZOVATEĽOV CITLIVOSTI

Vo fáze analýzy citlivosti sú známe riziká, ktoré potenciálne môžu v dôsledku zmeny klímy ovplyvniť funkčnosť, konštrukčnú integritu, prevádzkové a bezpečnostné procesy infraštruktúrnych stavieb a vybraných objektov a pozná možné negatívne dopady pôsobenia týchto rizík na infraštruktúre. Cieľom nasledujúceho kroku je stanoviť určujúce charakteristiky citlivosti jednotlivých stavebných súčasti a prevádzkových súborov hodnotenej infraštruktúrnej stavby, ktorými sú najmä:

- I. všeobecné charakteristiky
- II. prahové hodnoty citlivosti

Predmetné charakteristiky citlivosti tvoria kľúčovú údajovú bázu ukazovateľov citlivosti pre hodnotenie celkovej zraniteľnosti infraštruktúrnej stavby.

Prvú skupinu ukazovateľov tvoria základné všeobecné charakteristiky stavby, stavebných objektov a súčastí, líniových prvkov, technologických prvkov a prevádzkových súborov infraštruktúrnej stavby, ktoré tvoria základné faktory citlivosti (FHD, 2017):

- vek
- návrhová životnosť
- aktuálny technický stav
- historický technický stav
- úroveň používania
- územný význam

- plán údržby a náklady na údržbu
- predpokladaná cena nového objektu
- použitý konštrukčný materiál
- najbližšie miesto strediska údržby
- nadmorská výška, geografická poloha

Okrem uvedených základných charakteristík daného objektu/stavby je dôležité disponovať projektovou dokumentáciou stavby, ktorá odhalí ďalšie charakteristické vlastnosti, ktorými sú prahové/návrhové hodnoty citlivosti. Tieto prahové hodnoty odolnosti jednotlivých objektov tvoria druhú skupinu určujúcich faktorov citlivosti. V prípade nedostupnosti projektovej dokumentácie alebo chýbajúcich informáciách o prahových hodnotách odolnosti v projektovej dokumentácii musí projektový tím vychádzať z návrhových hodnôt odolnosti definovaných v stavebno-technických normách platných v čase výstavby, resp. rekonštrukcie a príslušných technických predpisoch daného dopravného sektora.

Prahové hodnoty citlivosti sú pre konkrétne prírodné riziká stanovené v technických normách a eurokódoch v závislosti od územia, v ktorom sa hodnotená infraštruktúrna stavba nachádza a určujú minimálne požiadavky na konštrukčnú odolnosť jednotlivých stavebných prvkov alebo súčastí stavby. V tabuľke nižšie je uvedený príklad zhromažďovania a zaznamenávania údajov citlivosti v podobe prahových (návrhových) hodnôt jednotlivých prvkov infraštruktúrnej líniovej stavby alebo produktovodov. Prahové hodnoty citlivosti hodnotených objektov je potrebné zhromaždiť pre všetky relevantné prírodné riziká identifikované v prvom kroku analýzy citlivosti.

Tab. 5-2 Príklad analýzy prahových hodnôt citlivosti

Prírodné riziko	Stavebný objekt/ Prevádzkový súbor	Norma	Min. návrhová hodnota	Charakteristika	Odhadovaná/ Projektovaná rezerva
Silný vietor	Zabezpečovacie zariadenie Oznamovacie zariadenie Rádiofikácia	STN 33 2000-5-51	20m/s	vonkajší priestor VI., charakteristická úroveň vetra AS1 -slabý vietor	10%
	Cestný most Protihluková stena	STN EN 1991-1-4	24 m/s	terén III. kategórie	10%
	Trakčné vedenie	STN EN 50125-2	27,5 m/s , P=0,02 36 m/s, P=0,02	referenčná úroveň vetra W2 normálna (mimostaničný úsek)	5%
STN EN 50125-2		36 m/s, P=0,02	referenčná úroveň vetra W4 mimoriadna (staničný úsek)	5%	
Snehové kalamity	Železničný most Cestný most	STN EN 1991-1-3	1,5 kN/m2	Tiaž snehu kategória IV.  ✓ 120 cm čerstvého snehu	10%

Prírodné riziko	Stavebný objekt/ Prevádzkový súbor	Norma	Min. návrhová hodnota	Charakteristika	Odhadovaná/ Projektovaná rezerva
				<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 60 cm uležaného snehu</li> <li>✓ 40 cm starého snehu</li> <li>✓ 30 cm mokrého snehu</li> </ul>	
	Trakčné vedenie	TNŽ 34 1540	<b>750 kN/m<sup>2</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 56 cm čerstvého snehu</li> <li>✓ 14 cm mokrého snehu</li> <li>✓ 19 cm starého snehu</li> <li>✓ 28 cm uležaného snehu</li> </ul>	0%
...	...	...	...	...	...

## KROK 10: VYHODNOTENIE CITLIVOSTI

Záverečným krokom analýzy citlivosti infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov je jej vyhodnotenie, ktoré predpokladá:

- I. **Zhromaždenie čiastkových výsledkov jednotlivých krokov analýzy citlivosti**
- II. **Vyhodnotenie miery citlivosti**

Projektový tím v tomto kroku zhromaždí všetky čiastkové výsledky jednotlivých krokov analýzy citlivosti do jednotnej štruktúrovanej podoby. Ideálnym nástrojom ako sprehľadniť výsledky analýzy citlivosti infraštruktúrnej stavby je ich evidencia v tabuľkovej forme, kde jednotlivé stĺpce hodnotiacej tabuľky analýzy citlivosti budú predstavovať výsledky jednotlivých čiastkových krokov 6. - 9. Tento postup je obzvlášť dôležitý, pokiaľ projektový tím bude systematicky pristupovať k hodnoteniu zraniteľnosti stavieb a výsledky hodnotenia zraniteľnosti priebežne monitorovať, revidovať a aktualizovať. Okrem písomnej dokumentácie analýzy citlivosti sa odporúča elektronické spracovanie výsledkov v digitálnej forme.

Posledným krokom analýzy citlivosti je priradenie skóre jednotlivým identifikovaným konštrukčným a prevádzkovým citlivostiam. Pre účely minimalizácie subjektivity pri kvalitatívnom hodnotení miery citlivosti sa odporúča používať päťstupňovú

hodnotiacu stupnicu, kde 1 predstavuje žiadnu alebo veľmi nízku citlivosť a 5 vysokú, významnú citlivosť (Tab. 5-3). Určenie miery konštrukčnej a prevádzkovej citlivosti predstavuje osobitný stĺpec v hodnotiacej tabuľke citlivosti.

Tab. 5-3 Hodnotiaca stupnica konštrukčnej a prevádzkovej citlivosti

Miera citlivosti	Charakteristika
1	Žiadna, veľmi nízka citlivosť
2	Nízka citlivosť
3	Mierná až vyššia citlivosť
4	Vyššia až vysoká citlivosť
5	Vysoká, významná citlivosť

## II. ANALÝZA EXPOZÍCIE

Expozícia, resp. vystavenie infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov, ich stavebných objektov a prvkov prírodným rizikám ovplyvneným zmenou klímy predstavuje druhú kľúčovú zložku zraniteľnosti týchto stavieb. Zatiaľ čo analýza citlivosti sa zameriavala na typ a typologickú skladbu infraštruktúrnej stavby, expozícia sa zameriava na umiestnenie stavby a pôsobenie prírodných rizík na konkrétnom území.

Pojem expozícia v kontexte aplikovaného metodického rámca podľa IPCC (AR4) je determinovaná charakterom, veľkosťou a rýchlosťou zmeny a variácie klímy. Z uvedeného vyplýva, že hodnotenie zraniteľnosti infraštruktúrnych stavieb z hľadiska zmeny klímy vychádza zo zachytenej zmeny doterajšej úrovne jednotlivých faktorov expozície, ktorými sú najmä teplota, zrážky, evapotranspirácia a klimatická vodná bilancia ako aj extrémne javy, akými sú silné dažde, búrkové javy a sucho. Zmena v expozícii v dôsledku zmeny klímy je teda predpokladom zraniteľnosti.

Pre určenie zmeny expozície je potrebné poznať súčasnú (doterajšiu) úroveň expozície a predpokladanú budúcu úroveň expozície v dôsledku zmeny klímy a v rámci nich frekvenciu a intenzitu prejavov prírodných rizík (jednotlivých klimatických premenných a sekundárnych rizík) na hodnotenom území.

Čiastkové kroky analýzy expozície infraštruktúrnej stavby sú nasledovné:

- charakteristika súčasnej úrovne rizikových faktorov
- charakteristika očakávanej úrovne rizikových faktorov prírodných rizík
- analýza ukazovateľov expozície
- vyhodnotenie expozície

### **KROK 11: CHARAKTERISTIKA SÚČASNEJ ÚROVNE RIZIKOVÝCH FAKTOROV**

V súlade so stanoveným územným rozsahom a cieľmi hodnotenia zraniteľnosti a rizík

infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov v prípravnej fáze tohto metodického postupu (hodnotenie zraniteľnosti mesta, regiónu, celej líniovej stavby naprieč SR), je potrebné v úvode tohto kroku zamerať sa na charakteristiku vymedzeného (hodnoteného) územia. V prípade hodnotenia rizík v rámci menších území je zrejmé, že náročnosť získavania relevantných údajov bude nižšia ako v prípade hodnotenia rozsiahlejšieho územia.

V prípade rizík, ktoré sú reprezentované základnými klimatickými premennými (teplota vzduchu, zrážky, smer a rýchlosť vetra) je v tomto kroku potrebné zhromaždiť údaje o:

- priemerných hodnotách klimatického javu na danom území (intenzita/frekvencia),
- dosiahnutých extrémoch (min – max) týchto klimatických javov v danom území (intenzita/frekvencia).

Pre ostatné sekundárne riziká, pre ktoré nie sú k dispozícii priemerné hodnoty (napr. povodne, zosuvy), je dôležité zamerať sa na doplnkovú charakteristiku dotknutého územia z pohľadu hydrologie, geológie, geodynamických javov, vegetácie a pod.

Pri analýze doterajších charakteristických a extrémnych prejavov klimatických premenných a sekundárnych rizík na hodnotenom území umiestnenia záujmovej infraštruktúrnej líniovej stavby alebo produktovodu je dôležité zaznamenávať aj príslušné (referenčné) obdobie týchto charakteristík, s ktorým bude zmena expozície v budúcnosti porovnávaná. Uvažované referenčné obdobie môže byť napríklad obdobie, na základe ktorého boli súčasné stavebno-technické normy koncipované (obdobie 1931-1960, 1961-1990 atď.) a súčasné infraštruktúrne stavby projektované. Podrobné informácie vyplývajúce z meteorologických a klimatických meraní v dlhodobom časovom horizonte má k dispozícii SHMÚ. Základné tematické (klimatické, geologické, geomorfologické, geodynamické a pod.) charakteristiky územia môže poskytnúť napr. Atlas krajiny Slovenskej republiky a mapový server Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra, ktoré sú dostupné on-line. V prípade existujúcich stavieb množstvo dôležitých informácií o potenciálnych expozičných faktoroch hodnotenej stavby poskytne práve projektová dokumentácia stavby a správcovia infraštruktúry.



## KROK 12: CHARAKTERISTIKA OČAKÁVANEJ ÚROVNE RIZIKOVÝCH FAKTOROV

Pri analýze a charakteristike očakávanej úrovne určujúcich faktorov budúcej expozície hodnotenej infraštruktúrnej stavby sa hodnotiaci tím musí zaoberať nasledovnými otázkami:

- výber a použitie relevantných emisných scenárov,
- výber a použitie relevantných klimatických modelov.

V prípade riešenia otázok **výberu a použitia relevantného scenáru zmeny klímy** pre hodnotenie budúcej expozície stavby, ktorý bude vychádzať z pravdepodobného variantu globálneho oteplenia Zeme v závislosti od množstva emisií skleníkových plynov, je potrebné zobrať na zreteľ práve časový úsek reflektujúci životnosť hodnotenej stavby, jej jednotlivých prvkov a súčastí. Napríklad mosty a tunely sú dimenzované spravidla na 100 rokov, diaľnice a rýchlostné cesty na 30 rokov, železničný spodok na 50 rokov, a pod. Stanovenie referenčného časového obdobia pre určenie emisného scenára je rovnako dôležité aj pri hodnotení budúcej expozície existujúcich líniových stavieb, ktoré k dátumu hodnotenia majú už skrátenú životnosť, alebo táto životnosť bola v dôsledku rekonštrukcií alebo opráv predĺžená.

Európska komisia odporúča, aby dekádové klimatické predikcie (do r. 2030) vychádzajúce zo súčasných klimatických podmienok boli využívané pri projektoch a stavbách s krátkodobou životnosťou, čo z hľadiska pravdepodobnosti predstavuje primeranú mieru istoty. V prípade infraštruktúrnych stavieb a prvkov s dlhšou životnosťou (r. 2030 – 2100 a dlhšie) je potrebné použiť relevantné klimatické modely na základe emisných scenárov. Napríklad emisný scenár RCP 4.5 možno použiť na predikciu zmeny klímy do r. 2060, avšak miera neistoty je relatívne vysoká, pokiaľ budú emisie skleníkových plynov vyššie ako sa pre uvedené obdobie predpokladalo. Relevantnejšie je preto použitie pesimistickejších emisných scenárov RCP 6.0 alebo RCP 8.5, resp. iných pesimistických scenárov

neuvažujúcich aplikáciu mitigačných opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov (napr. IPCC SRES A2).

Pri **výbere a použití relevantných klimatických modelov** vychádzajúcich z konkrétnych emisných scenárov je pri hodnotení budúcej expozície líniovej stavby a produktovodov dôležité určiť potrebnú geografickú úroveň podrobnosti klimatických predikcií. Použitie dostupných globálnych (GCM) alebo regionálnych (RCM) klimatických modelov by malo byť starostlivo v rámci hodnotiaceho tímu prekonzultované vo vzťahu k potrebám hodnotenia, časovým a finančným možnostiam. Je pravdepodobné, že dostupné GCM a RCM modely budú musieť byť pre účely spresnenia predikcií budúcej expozície hodnotenej líniovej stavby a produktovodov modifikované domácimi špecializovanými pracoviskami v oblasti meteorológie a klimatológie (napr. SHMÚ, FMFI UK) na konkrétne územie alebo lokalitu umiestnenia stavby. Napríklad, prezentované predikcie scenárov zmien klímy na Slovensku do roku 2100 (kapitola 3.5) sú založené na výstupoch modelov CGCM3.1 (Kanada) a ECHAM5 (Nemecko) modifikovaných pre meteorologickú stanicu Bratislava, letisko.

## KROK 13: ANALÝZA UKAZOVATEĽOV EXPOZÍCIE

Ukazovatele (faktory) expozície predstavujú základnú údajovú bázu pre vyhodnotenie vystavenia infraštruktúrnej líniovej stavby a produktovodov, ich jednotlivých objektov a prvkov rizikovým faktorom prírodných rizík, ktoré budú v dôsledku zmeny klímy nepriaznivejšie na nich pôsobiť a spôsobovať (častejšie a závažnejšie) rôzne poruchy, poškodenia a iné obmedzenia.

Údajová báza ukazovateľov expozície by mala byť analyzovaná vo vzťahu k hodnotenému územiu, v ktorom sa záujmová stavba nachádza a mala by reflektovať očakávanú zmenu úrovne rizikových faktorov prírodných rizík (frekvencia, intenzita, dlhodobý trend zmeny). Ukazovatele expozície možno zahrnúť do dvoch základných skupín:

- charakteristická úroveň rizikových faktorov (súčasnosť/budúcnosť)
- dosiahnuté extrémny (frekvencia/intenzita) v území (súčasnosť/budúcnosť)

Prvú skupinu tvoria základné ukazovatele, resp. charakteristiky územia pozostávajúce prevažne z priamo meraných alebo modelovaných klimatických parametrov, ako sú priemerná rýchlosť vetra, priemerná teplota, priemerný počet dní so snežením a snehovou pokrývkou, počet dní s teplotou nad 35°C, počet ľadových a arktických dní, a pod.). Okrem základných charakteristík klimatických premenných je potrebné v závislosti od lokalizácie líniovej stavby alebo jej prvkov, ktoré sú predmetom hodnotenia, zhromaždiť aj ukazovatele týkajúce sa napríklad pôdných a vegetačných charakteristík územia, predispozícií územia na vznik zosuvov a povodní.

Druhú, dôležitejšiu skupinu indikátorov z hľadiska hodnotenia zraniteľnosti tvoria klimatické premenné, ktoré sa vzťahujú už na výskyt extrémnych prejavov daného riziká na území a ich početnosť. Medzi tieto ukazovatele patrí napríklad najvyššia dosiahnutá rýchlosť vetra, maximálna snehová pokrývka za 24 hod., najnižšia a najvyššia dosiahnutá teplota vzduchu, maximálny dosiahnutý úhrn zrážok, a pod. V rámci tejto skupiny indikátorov expozície je vhodné zhromaždiť aj početnosti výskytu týchto extrémnych udalostí na území (napríklad počet meteorologických a hydrologických výstrah vydaných SHMÚ, početnosť výskytu pôdneho sucha, lesných požiarov, tretích stupňov povodňovej aktivity, a pod.). Okrem dosiahnutých extrémov na území je odporúčané analyzovať aj extrémny dosiahnuté v okolitých štátoch alebo krajinách s podobnou klimatickou charakteristikou. Zámerom je zistiť, aké najvyššie úrovne (frekvencia, intenzita) rizikových faktorov boli v poslednom období v dôsledku zmeny klímy dosiahnuté pre jednotlivé prírodné riziká.

Pri analýze ukazovateľov expozície je potrebné brať v úvahu aj vzájomné pôsobenie viacerých expozičných faktorov, ktoré mieru expozície danej stavby alebo objektov zvyšuje. Napríklad expozícia objektu nachádzajúceho sa v pásme aktívneho alebo potenciálnu zosuvu bude vyššia v dôsledku extrémnej výdatnosti zrážok.

## KROK 14: VYHODNOTENIE EXPOZÍCIE

V záverečnej fáze analýzy expozície infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov je úlohou hodnotiaceho tímu:

### I. Zhromaždiť čiastkové výsledky jednotlivých krokov analýzy expozície

### II. Vyhodnotiť mieru expozície

Pre účely dokumentačného spracovania analýzy expozície je potrebné zhromaždiť všetky čiastkové výstupy jednotlivých krokov analýzy expozície do jednotného výstupu. Ideálnym nástrojom je opäť tabuľková forma evidencie zistení o expozícii stavby alebo objektov stavby, kde v stĺpcoch tabuľky budú uvedené analyzované prírodné riziká a riadky tabuľky budú obsahovať analytické výstupy jednotlivých krokov analýzy expozície.

Cieľom vyhodnotenia miery expozície líniovej stavby a produktovodov je určenie, do akej miery dôjde k zmene expozície v dôsledku zmeny klímy. Ako už bolo spomenuté, predmetom hodnotia zraniteľnosti voči rizikám meny klímy je zachytenie práve „očakávanej zmeny“ v expozičných faktoroch zraniteľnosti. Na dosiahnutie uvedeného cieľa je potrebné stanoviť mieru súčasnej a budúcej expozície stavby. Pre vyjadrenie tejto miery sa odporúča použiť hodnotiacu stupnicu expozície projektu (Tab. 5-4) pre súčasnosť a uvažované obdobie v budúcnosti.

Tab. 5-4 Hodnotiaci stupnica expozície projektu

Miera citlivosti	Charakteristika
1	Žiadna, veľmi nízka expozícia
2	Nízka expozícia
3	Mierna až vyššia expozícia
4	Vyššia až vysoká expozícia
5	Vysoká, významná expozícia

Výstupom vyhodnotenia miery expozície líniovej stavby je okrem popisnej sady ukazovateľov expozície projektu spracovanej v tabuľkovej forme aj ilustratívny prehľad zmeny miery expozície projektu (pridelené skóre podľa hodnotiacej stupnice pre súčasnú a budúcu expozíciu), ktorý môže byť súčasťou tabuľky alebo spracovaný ako osobitný výstup.

### III. HODNOTENIE ZRANITEĽNOSTI

Aplikovaný metodický koncept hodnotenia zraniteľnosti (IPCC, AR4) definuje zraniteľnosť ako mieru, do akej je systém náchylný na nepriaznivé účinky zmeny klímy vrátane premenlivosti klímy a extrémov a nie je schopný sa s nimi vyrovnávať. Určenie miery náchylnosti systému vychádza z poznania základných zložiek zraniteľnosti (Z), a to:

- citlivosti (C)
- expozície (E)
- potenciálneho dopadu (PD)
- adaptačnej kapacity (AK)

Matematicky možno vzťahy medzi týmito prvkami zraniteľnosti zapísať nasledovne:

$$PD = C + E$$

$$Z = PD + AK$$

$$Z = C + E + AK$$

V závislosti od stanovených cieľov a rozsahu hodnotenia môže hodnotiaci tím rozhodnúť o úrovni podrobnosti hodnotenia zraniteľnosti v nasledovnom rozsahu:

1. Skrining zraniteľnosti preferovaný zo strany EK pri infraštruktúrnych projektoch je zameraný na kvalitatívne hodnotenie zložiek zraniteľnosti podľa hodnotiacich stupníc s vyjadrením výslednej zraniteľnosti prostredníctvom matice zraniteľnosti. Zvyčajne je tento prístup aplikovaný za účelom rýchlej identifikácie kľúčových oblastí, objektov alebo sektorov hodnotenej infraštruktúry (doprava, energetika, produktovody). Štandardne je skrining zraniteľnosti menej náročný na čas, zdroje a informácie.

2. Podrobné hodnotenie zraniteľnosti si vyžaduje zapojenie väčšieho počtu odborníkov z rôznych oblastí pôsobností, podrobnejšie a presnejšie údaje a informácie o jednotlivých faktoroch (ukazovateľoch) citlivosti a expozície stavby (napr. presné klimatické predikcie, odborné posudky a pod.). Podrobné hodnotenie zraniteľnosti je náročné na čas, zdroje a informácie. Na druhej strane umožňuje ciele zameranie sa na vybraný územný celok, konkrétnu infraštruktúrnu stavbu, objekty stavby alebo prírodné riziko (napr. hodnotenie zraniteľnosti objektov konkrétneho stavebného úseku diaľničnej siete na povodne).

Hranica medzi týmito dvoma prístupmi k hodnoteniu zraniteľnosti neexistuje, a preto je rozhodnutie o potrebe podrobnosti hodnotenia zraniteľnosti vždy závislé od stanoveného cieľa a rozsahu hodnotenia, dostupnosti zdrojov informácií, disponibilného času a finančných prostriedkov.

Nasledujúca časť je venovaná špecifickému krokom hodnotenia zraniteľnosti, ktoré sú metodicky bližšie k prístupu podrobného hodnotenia zraniteľnosti so zameraním na pochopenie súvislostí medzi určujúcimi faktormi zložiek zraniteľnosti a kvantifikáciou výslednej miery zraniteľnosti. Tento navrhovaný metodický postup vychádza z univerzálnych prístupov aplikovaných v rôznych krajinách a v špecifických oblastiach hospodárstva. Súčasne možno vyzdvihnúť jeho komplementárne postavenie k aktuálne schváleným metodickým postupom na národnej úrovni.

Navrhovaný rámec hodnotenia zraniteľnosti vychádza z postupnosti týchto čiastkových krokov:

- Identifikácia potenciálnych dopadov
- Identifikácia adaptačnej kapacity
- Normalizácia ukazovateľov zraniteľnosti a ich zložiek
- Váženie ukazovateľov a zložiek zraniteľnosti a ich agregácia do výslednej zraniteľnosti
- Vyhodnotenie zraniteľnosti.

Postupnosť prezentovaných krokov nie je záväzná a v mnohých prípadoch si hodnotenie zraniteľnosti môže vyžadovať spätné prehodnotenie a doplnenie výstupov predchádzajúcich krokov vrátane krokov uskutočnenej analýzy citlivosti a analýzy expozície.

#### KROK 15: IDENTIFIKÁCIA POTENCIÁLNYCH DOPADOV

Zatiaľ čo v rámci analýzy citlivosti bol spracovaný všeobecný skrining potenciálnych negatívnych dopadov zmeny klímy na infraštruktúrne líniové stavby a produktovody (bez ohľadu na ich reálne vystavenie prírodným rizikám), v tejto fáze hodnotenia zraniteľnosti stavieb je dôraz kladený na podrobnejšie pochopenie súvislostí medzi analyzovanými faktormi citlivosti a expozície a určenie konkrétnych potenciálnych dopadov zmeny klímy na infraštruktúre viažucich sa na

konkrétny typ hodnotenej stavby/objektu, konkrétne územie a konkrétne prírodné riziko.

Hodnotiaci tím má v tejto fáze k dispozícii tiež prehľad ukazovateľov citlivosti (vlastnosti hodnoteného objektu/stavby a prahové hodnoty odolnosti) ako aj ukazovateľov expozície (charakteristická súčasná a projektovaná úroveň rizikových faktorov prírodných rizík na území, dosiahnuté extrémny). Základným predpokladom určenia potenciálnych dopadov je zhromaždenie týchto analytických výstupov (Krok 9, Krok 13) a vyhodnotenie vzájomného spolupôsobenia jednotlivých faktorov citlivosti a expozície na konštrukčnú integritu a prevádzkovú spôsobilosť infraštruktúrnej stavby.

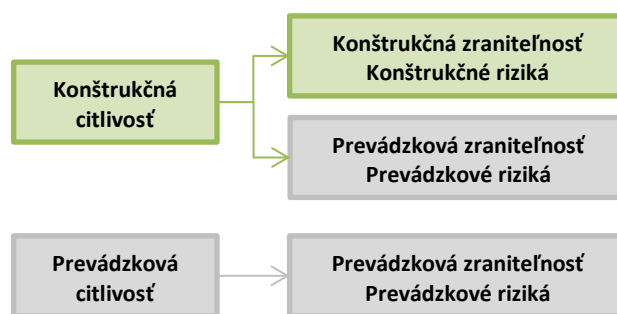
Prvotným zámerom je porovnanie dimenzovanej odolnosti stavby a jej jednotlivých objektov a očakávanej úrovne rizikových faktorov prírodných rizík (extrémov). Tento postup umožní pochopiť, ktoré prvky infraštruktúrnej stavby môžu byť najviac ovplyvnené zmenou klímy. Pri identifikácii potenciálnych dopadov zmeny klímy na infraštruktúrnú líniovú stavbu je potrebné prihliadať na dva základné atribúty charakterizujúce potenciálny dopad:

- I. **Definovanie potenciálneho dopadu musí byť vo vzťahu k hodnotenej nepriaznivej udalosti**
- II. **Potenciálny dopad môže byť determinovaný rôznymi faktormi citlivosti a expozície**

V prvom prípade je potrebné zamerať sa na jednoznačné definovanie nepriaznivej udalosti (potenciálneho dopadu), ktorý zmena klímy na hodnotenej infraštruktúre môže spôsobiť. Z hľadiska infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov ide predovšetkým o udalosti spojené s konštrukčným poškodením stavebných objektov, prevádzkových súborov a iných súčasti stavby a o udalosti, ktoré spôsobia priame prevádzkové a bezpečnostné. Špecifikom v prípade zraniteľnosti infraštruktúrnych stavieb je práve skutočnosť, že aj konštrukčné poškodenie prvkov stavby (konštrukčná citlivosť) vedie v konečnom dôsledku k bezpečnostným a prevádzkovým obmedzeniam, zvýšeným nákladom na opravu a údržbu a i.

V tomto význame možno odlíšiť priamy potenciálny dopad vyplývajúci z prevádzkovej citlivosti (napr. vznik kongescií v dôsledku zníženej viditeľnosti na diaľnici, meškanie vlakov z dôvodu nepriaznivej

poveternostnej situácie, pozastavenie letov, nárast frekvencie zásahov vozidiel údržby atď.) od priameho potenciálneho dopadu vyplývajúceho z konštrukčnej citlivosti (napr. narušenie statiky objektu, poškodenie mosta/priepustu, podmytie koľajiska, prerušenie dodávok v energetike, zaplavenie komunikácie a pod.). Pre dopady vyplývajúce z prevádzkovej citlivosti je charakteristické, že ich nepriaznivé pôsobenie na infraštruktúru alebo užívateľov infraštruktúry väčšinou odznie po zmene poveternostnej situácie. Preto riziká spojené s tými obmedzeniami sú z pohľadu správcu mnohokrát akceptovateľné. Pre dopady vyplývajúce z konštrukčnej citlivosti stavby je charakteristické, že odstránenie následkov môže byť z časového aj finančného hľadiska rôzne v závislosti od úrovne kritickosti poškodeného prvku a rýchlosti jeho opravy.



Obr. 5-6 Potenciálny dopad (zraniteľnosť, riziko) podľa konštrukčnej a prevádzkovej citlivosti

V praxi sa na účely identifikácie potenciálnych dopadov využíva analytická metóda „metóda reťazca dopadov“ (angl. Impact Chain Method), ktorá je založená na kauzalite príčin a dôsledkov. V súlade s metodickým rámcom EÚ pre infraštruktúrne stavby sa táto metóda odporúča použiť pri hodnotení rizík, nakoľko zraniteľnosť je spojená výhradne s poškodením objektov stavby a súvisiacimi prevádzkovými obmedzeniami.

Druhým atribútom vysvetľujúcim potenciálny dopad zmeny klímy na líniové stavby produktovody je vzájomné pôsobenie rôznych faktorov citlivosti a expozície, čo znamená, že citlivosť alebo expozícia môžu byť determinované viacerými ukazovateľmi charakteristickými pre daný prvok alebo prírodné riziká územia.

Napríklad, ak je odvodnenie trate alebo telesa komunikácie dimenzované na návrhovú výdatnosť zrážok na úrovni  $Q=200$  l/s/ha, ( $T=15$  min,  $P=0,2$ ) a očakávaná úroveň výdatnosti zrážok v danej lokalite je predikovaná na úrovni 240 l/s/ha ( $T=15$

min,  $P=0,02$ ), je zrejmé, že počas životnosti stavby možno očakávať lokálne zaplavenie trate alebo cestnej komunikácie, čo bude viesť k určitým negatívnym dopadom (napr. obmedzenie prevádzky, zníženie bezpečnosti, konštrukčné poškodenie vozovky podmytím, poškodenie súčastí železničného zvršku a pod.). Skutočnosť, či k poškodeniu vozovky alebo železničného zvršku dôjde, závisí aj od iných faktorov. V tomto prípade od faktorov citlivosti, ktorými sú napr. vek konštrukcie, jej stavebný a technický stav a pod.

Ďalším príkladom môže byť hodnotenie potenciálneho dopadu v podobe poškodenia mostného objektu v dôsledku prívalovej povodne s parametrami (rýchlosť prietoku, výška hladiny) prekračujúcimi „100-ročnú vodu“, na ktorú je väčšina mostných objektov v SR dimenzovaná.

Skutočnosť, či dôjde k poškodeniu mosta závisí od viacerých faktorov. Napríklad od technického stavu spodnej stavby mosta, zostatkovej voľnej výšky v mostnom otvore nad hladinou prietoku a úrovně zaplavenia vybraných súčastí mostného objektu, stavu koryta vodného toku, úrovně protipovodňových opatrení v povodí (ukazovatele citlivosti), ale tiež od podielu lesov v povodí (nahromadenie úlomkov konárov a stromov pod mostom), úrovnou priepustnosti pôdy a predispozície na degradáciu pôdy, opakujúcich sa povodní v danom mieste alebo území (ukazovatele expozície).

## KROK 16: IDENTIFIKÁCIA ADAPTAČNEJ KAPACITY

Adaptívna kapacita je ďalšou zložkou zraniteľnosti systému, ktorá spolu s potenciálnym dopadom determinuje celkovú mieru zraniteľnosti.

Metodický koncept zraniteľnosti podľa IPCC AR4 charakterizuje „adaptívnu kapacitu“ ako schopnosť systému prispôbiť sa klimatickým zmenám (vrátane klimatickej variability a extrémov), zmierniť potenciálne škody, využiť príležitosti alebo vyrovnať sa s následkami. Ide teda súbor faktorov, ktoré určujú schopnosť systému vytvárať a implementovať adaptačné opatrenia.

V aplikačnej praxi neexistuje unifikovaný postup definovania faktorov (ukazovateľov) adaptívnej kapacity systému, nakoľko tieto sú úzko špecifické vo vzťahu k hodnotenému systému a odvetviu. To platí aj pre infraštruktúrne líniové stavby a produktovody, sektory dopravy a energetiky. Európska komisia vo

svojom metodologickom koncepte adaptívnu kapacitu infraštruktúrnych projektov vôbec neuvažuje, nakoľko predpokladá že adaptívna kapacita každého projektu je rovnaká a konštantná v celom posudzovanom území. Preto zraniteľnosť vysvetľuje len prostredníctvom citlivosti a expozície. Aj napriek neexistencii jednotného prístupu k definovaniu faktorov adaptívnej kapacity, sú v dostupnej literatúre známe kľúčové atribúty vlastné všetkým systémom:

- **vedomosti** (povedomie o zmene klímy a jej dopadoch),
- **technológie** (dostupnosť technických a technologických možností adaptácie)
- **inštitúcie** (inštitucionálny rozmer riadenia a implementácie adaptačných opatrení)
- **ekonomika** (napr. podiel daného sektora na HDP).

V prípade infraštruktúrnych líniových stavieb, najmä na úrovni cestnej infraštruktúry sú štandardne využívané nasledovné príklady adaptívnej kapacity:

- možnosť obchádzkovej trasy
- dĺžka obchádzkovej trasy
- RPDÍ
- počet cestujúcich

V aplikačnej praxi dochádza v otázkach definovania adaptívnej kapacity častokrát k znižovaniu váhy významnosti vo vzťahu k celkovej zraniteľnosti, a to najmä z dôvodu, aby tento komponent zraniteľnosti neskresľoval skutočnú závažnosť negatívneho dopadu daného citlivosťou a expozíciou a tým aj zraniteľnosť. Tieto aspekty je potrebné pri vyhodnocovaní adaptívnej kapacity systému zohľadniť, poprípade tento krok úplne vypustiť.

## KROK 17: NORMALIZÁCIA A VÁŽENIE UKAZOVATEĽOV ZRANITEĽNOSTI

Princíp normalizácie spočíva v normovaní všetkých (kvantitatívnych aj kvalitatívnych) komponentov zraniteľnosti a to citlivosti, expozície a adaptívnej kapacity, v rámci celkovej hierarchie hodnotenia prvkov zraniteľnosti a jej komponentov. Normalizácia kvantitatívnych ukazovateľov hodnotenia vychádza z jednoduchej lineárnej metódy hraničného minima a maxima pre hodnoty

<0,1>, tzv. metódou MIN-MAX podľa nasledujúceho vzorca pre normalizovanú hodnotu váhy komponentu/ukazovateľa zraniteľnosti  $v_{i_n}$ :

$$v_{i_n} = \frac{v_i - MIN_n^{i=1}}{MAX_n^{i=1} - MIN_n^{i=1}}$$

Alternatívnou možnosťou je normalizácia prostredníctvom matematickej operácie delenia súčtom hodnotení tak na úrovni komponentov zraniteľnosti, ako aj ukazovateľov.

Podmienkou je, aby jednotlivé hodnotenia boli kladné čísla, pričom ak z kvantitatívnych veličín vyplýva záporné hodnotenie, využije sa princíp translácie, tzn. pripočíta sa dostatočne veľké celé kladné číslo všetkým komponentom/ukazovateľom na príslušnom stupni hierarchie. Ďalšou dôležitou podmienkou použitia tejto metódy je to, aby všetky kritéria boli maximalizačné. Ak nižšia hodnota viac spĺňa cieľové preferenčné hodnotenie komponentu zraniteľnosti alebo jej ukazovateľa, je potrebné hodnotenie transformovať na maximalizačné pomocou funkcie prevrátenej hodnoty  $\frac{1}{v_i}$ . V takom

prípade pre normovanú hodnotu váh platí

$$v_i^n = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{v_i}}$$

V prípade kvalitatívneho hodnotenia ukazovateľov zraniteľnosti je možné využiť tzv. Saatyho matice párového porovnania.

V praxi sa na výpočet váh citlivosti, zraniteľnosti a adaptívnej kapacity stanovenej v Saatyho maticiach (prípadne parciálnych ukazovateľov týchto komponentov), najmä kvôli zjednodušeniu výpočtov, môže použiť normalizovaný geometrický priemer  $b_i$  riadkov Saatyho matice pre  $s_{ij}$  preferencie i-teho prvku k j-temu podľa vzťahu:

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}$$

Normalizáciou hodnôt  $b_i$  sa vypočítajú príslušné váhy prvkov zraniteľnosti na príslušnej úrovni pre  $v_i$  podľa:

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

Normalizácia a váženie komponentov zraniteľnosti prebieha na úrovni hierarchie citlivosti, expozície a adaptívnej kapacity a zároveň na stupni jednotlivých ukazovateľov resp. faktorov týchto zložiek zraniteľnosti.

## KROK 18: AGREGÁCIA

### UKAZOVATEĽOV ZRANITEĽNOSTI

Pre účely ďalšieho spracovania vyhodnotených čiastkových údajov o zraniteľnosti príslušnej líniovej stavby alebo produktovodu je potrebná dátová agregácia do výsledného škálovateľného bodového skóre.

Hodnotiace skóre pre konkrétny komponent zraniteľnosti predstavuje súčet súčinov zvoleného kvantitatívneho hodnotenia v rozsahu napr. <0,100> a príslušnej váhy vypočítanej cez preferencie MIN-MAX alebo pomocou Saatyho matíc párového porovnania. Pre čiastkové skóre príslušného komponentu zraniteľnosti  $k_z$  a ukazovateľov zraniteľnosti  $u_z$  platí:

$$k_z(C, E, AK) = \frac{(u_{z_1} \cdot v_1 + u_{z_2} \cdot v_2 + \dots + u_{z_n} \cdot v_n)}{\sum_1^n v}$$

Pre výsledné skóre generálnej agregácie zraniteľnosti  $Z$  naprieč komponentmi citlivosti, expozície a adaptívnej kapacity platí:

$$Z = \frac{[(k_z(C) \cdot v_c + (k_z(E) \cdot v_e + (k_z(AK) \cdot v_{ak})]}{\sum_c^{ak} v}$$

Konečným výstupom procesu hodnotenia zraniteľnosti je teda celkové skóre pre každú hodnotenú entitu (objekt, zariadenie, prvok) a aj za stavbu ako celok. Zoradením čiastkového skóre za jednotlivé entity hodnotenej líniovej stavby alebo produktovodu je možné získať detailný prehľad o najviac zraniteľných entitách. Pri rozsiahlom počte čiastkovo hodnotených súčastí stavby je výsledky možné triediť do samostatných skupín za účelom neskoršej fázy prijímania opatrení z pohľadu adaptácie/mitigácie.

## KROK 19: VYHODNOTENIE ZRANITEĽNOSTI

Rozsah záverečnej fázy analýzy zraniteľnosti líniových infraštruktúrnych stavieb a produktovodov v podobe vyhodnotenia zraniteľnosti závisí od zvolenej úrovne podrobnosti analýzy zraniteľnosti danej stavby.

V prípade, ak bola úroveň podrobnosti analýzy zraniteľnosti zvolená vo forme skriningu, výstupom hodnotenia zraniteľnosti je matica zraniteľnosti (Tab. 5-5) zostrojená na základe pridelených bodov v rámci vyhodnotenia citlivosti a expozície projektu, pričom v prípade expozície je v matici zraniteľnosti uvažovaná najvyššia miera expozície. Matica zraniteľnosti môže byť orientovaná na jednotlivé prírodné riziká, ale tiež na konkrétne objekty, ktoré boli z hľadiska rizík súvisiacich so zmenou klímy hodnotené. K matici zraniteľnosti sa odporúča, predovšetkým pre objekty a riziká spojené s veľkou a extrémnou zraniteľnosťou spracovať sprievodný

popis zraniteľnosti v rozsahu citlivostí, expozícia, potenciálny dopad, poprípade adaptívna kapacita systému.

V prípade podrobného kvantitatívneho hodnotenia zraniteľnosti, ktorého predmetom bola kvantifikácia zložiek zraniteľnosti prostredníctvom normalizácie ukazovateľov jednotlivých komponentov zraniteľnosti, ich preferenčným vážením a následnou agregáciou do výslednej zraniteľnosti, bude výstupom hodnotenia zraniteľnosti zoznam hodnotených líniových stavieb, objektov a ich súčastí s priradeným výsledným skóre zraniteľnosti. Uvedená prezentácia výsledkov zraniteľnosti je prehľadnejšia a umožňuje presnejšie odlišenie jednotlivých prvkov stavby z hľadiska ich zraniteľnosti.

Súčasťou tejto záverečnej fázy vyhodnotenia zraniteľnosti je v oboch prípadoch uvažovanej podrobnosti hodnotenia zraniteľnosti spracovanie výstupov do jedného tabuľkového formátu, ktorý prehľadným spôsobom zdokumentuje výsledky zistení čiastkových krokov analýzy zraniteľnosti vedúce k výslednej zraniteľnosti.

Tab. 5-5 Príklad - výsledná matica zraniteľnosti pre skrining zraniteľnosti

		Expozícia				
		Žiadna	Nízka	Mierna	Vyššia	Vysoká
Citlivosť	Žiadna					
	Nízka		Snehová kalamita			
	Mierna				Povodne	
	Vyššia vysoká				Búrkové javy	
	Takmer istá					

### Legenda:

Nízka zraniteľnosť
Malá zraniteľnosť
Veľká zraniteľnosť
Extrémna zraniteľnosť

## IV. HODNOTENIE RIZÍK

Hodnotenie rizík je v prípade infraštruktúrnych stavieb a produktovodov doplňujúcim aspektom pochopenia nepriaznivých dopadov zmeny klímy v širších súvislostiach. Zatiaľ čo v prípade hodnotenia zraniteľnosti bol dôraz kladený na potenciálny dopad infraštruktúrneho charakteru (poškodenie komponentov infraštruktúry alebo súvisiacich prevádzkových procesov), hodnotenie rizík predpokladá zváženie dopadov na iné odvetvia, komunity, sociálne prostredie alebo životné prostredie, ekonomiku a pod.

Z metodologického hľadiska tento prístup odporúča vo svojich metodických materiáloch aj Európska komisia (2021).

V súlade s teóriou riadenia rizika (ISO 31000) je hodnotenie rizika chápané ako proces stanovenia miery rizika a určovania jeho akceptovateľnosti alebo neakceptovateľnosti vo vzťahu k zvoleným kritériám. Aby bolo možné riziká hodnotiť, je potrebné ich najskôr identifikovať a analyzovať. Tento proces sa v terminológii nazýva posudzovaním rizika.

V ďalšej časti sú bližšie vysvetlené jednotlivé fázy posudzovania rizík (identifikácia, analýza, hodnotenie) infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov z hľadiska zmeny klímy.

### KROK 20: IDENTIFIKÁCIA A POCHOPENIE RIZÍK

Identifikácia rizík je proces hľadania, rozpoznávania a určovania procesov a činností, ktoré môžu negatívne ovplyvniť bezpečnosť záujmového subjektu. Cieľom identifikácie rizík je vytvorenie zoznamu možných udalostí, ktoré by mohli bezpečnosť tohto subjektu a prebiehajúce procesy narušiť alebo významne ovplyvniť.

Ak chceme pochopiť riziká infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov musíme poznať ich zdroje a vplyvy. Pri identifikácii rizík infraštruktúrnych líniových stavieb je potrebné položiť si otázku, čo spôsobí poškodenie vybraného objektu stavby alebo prerušenie prevádzky a aké to môže mať dopady na rôzne (záujmové, preferované) sféry spoločenského života.

Efektívnym nástrojom ako identifikovať a pochopiť riziká je využitie spomínanej metódy reťazca dopadov. Metóda umožňuje lepšie vizualizovať, systemizovať a uprednostňovať určujúce faktory rizika a špecifikovať, ktoré faktory spôsobujú negatívne dopady. Tento analytický nástroj identifikácie rizík využíva ako podporný nástroj metódu diskusie a brainstorming v rámci širšej skupiny hodnotiteľov, čím minimalizuje subjektívne vnímanie rizika jednotlivcom.

Pri začatí identifikácie rizika hodnotiaci tím prihliada na predchádzajúce výsledky hodnotenia zraniteľnosti a orientuje sa na tie zraniteľnosti, ktoré boli vyhodnotené ako veľké alebo extrémne.

Pri definovaní potenciálnych dopadov je potrebné zamerať sa na konkrétne oblasti spoločenského života, politické aspekty, životné prostredie a pod. alebo analýzu dopadov orientovať len na vybranú preferovanú oblasť (napr. ekonomický dopad).

### KROK 21: ANALÝZA PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU NEŽIADUJEJ UDALOSTI

Pravdepodobnosť vzniku nežiaducej udalosti (identifikovaného potenciálneho dopadu) je prvou z dvoch zložiek vysvetľujúcich mieru rizika.

Cieľom analýzy pravdepodobnosti je určiť pravdepodobnosť, s akou sa jednotlivé prírodné riziká ovplyvnené zmenou klímy vyskytnú (v danej frekvencii a intenzite) na území vedenia líniovej stavby alebo umiestnenia konkrétneho objektu stavby a spôsobia jej poškodenie.

Určenie pravdepodobnosti je v tomto prípade spojené s vysokou dávkou neurčitosti, nie len z hľadiska neurčitosti spojenej s projekciami budúceho vývoja zmeny klímy a očakávanej úrovne rizikových faktorov prírodných rizík v budúcnosti, ale rovnako aj z hľadiska neurčitosti, či sa takéto prejavy prírodného rizika vyskytnú počas životnosti stavby. Niektoré prognózy však vzhľadom na predchádzajúce merania klimatických premenných bývajú relatívne presné (napríklad určenie pravdepodobnosti dosiahnutia výdatnosti zrážok nad 200 l/s/ha pre T= 15 min.).

Pre určenie pravdepodobnosti teda možno použiť kvalitatívne metódy založené na stanovení miery pravdepodobnosti prostredníctvom hodnotiacej



stupnice (príklad hodnotiacej stupnice uvádza Tab. 5-7) alebo využiť odborné posúdenia a špecializované prognózy viažuce sa priamo na záujmovú lokalitu. Tieto kvantitatívne metódy

analýzy pravdepodobnosti vzniku nežiaducej udalosti sú časovo a finančne náročnejšie, avšak v rozhodujúcich otázkach určenia miery rizika môžu byť nevyhnutné.

Tab. 5-6 Hodnotiacia stupnica pre vyjadrenie pravdepodobnosti výskytu javu (Zdroj: DG CLIMA, 2013);

Miera	Charakteristika pravdepodobnosti výskytu javu		
1	Vzácná	Vysoko nepravdepodobné, že k tomu dôjde	5 % pravdepodobnosť, že sa vyskytne za rok
2	Nepravdepodobná	Vzhľadom na existujúce metódy a postupy je táto udalosť nepravdepodobná	20 % pravdepodobnosť, že sa vyskytne za rok
3	Mierna	K danému javu došlo v podobnej krajine	50 % pravdepodobnosť, že sa vyskytne za rok
4	Pravdepodobná	Výskyt daného javu je pravdepodobný	80 % pravdepodobnosť, že sa vyskytne za rok
5	Takmer istá	Je veľmi pravdepodobné, že sa daný jav vyskytne, prípadne aj niekoľkokrát	95 % pravdepodobnosť, že sa vyskytne za rok

## KROK 22: ANALÝZA ZÁVAŽNOSTI DÔSLEDKOV

Závažnosť dôsledkov je druhou z dvoch zložiek vysvetľujúcich výslednú mieru rizika.

Cieľom analýzy závažnosti dôsledkov je určiť, aké závažné narušenie alebo negatívne ovplyvnenie subjektu alebo systému môže poškodenie infraštruktúrnej líniovej stavby a produktovodu, jednotlivých objektov a technologických súčasti spôsobiť.

Negatívny vplyv je možné hodnotiť všeobecne prostredníctvom kvalitatívneho vyjadrenia závažnosti využitím hodnotiacej stupnice (Tab. 5-7), alebo kvalitatívnym hodnotením rozšíreným na jednotlivé oblasti možného dopadu (poškodenie majetku, obmedzenie prevádzky, vplyv na bezpečnosť a zdravie, životné prostredie, komunitu, ekonomické dôsledky). Príklad takejto rozšírenej hodnotiacej stupnice pre závažnosť dôsledkov je uvedený v tabuľke (Tab. 5-8).

Kvantitatívne metódy sa najčastejšie využívajú pri vyjadrení dôsledkov v peňažných jednotkách (straty na životoch, škody na majetku, socioekonomické dôsledky).

Tab. 5-7 Hodnotiacia stupnica pre vyjadrenie závažnosti dôsledkov (Zdroj: DG CLIMA, 2013);

Miera	Charakteristika závažnosti dôsledkov	
1	Bezvýznamná	Bez dopadu
2	Nižšia	Štandardné riešenie v rámci technického návrhu alebo prevádzky
3	Mierna	Dôležitá úprava technického riešenia alebo krízové riadenie prevádzky
4	Významná	Potreba zásadnej zmeny technického riešenia alebo mimoriadne krízové riadenie prevádzky
5	Katastrofická	Trvalé uzatvorenie prevádzky až zničenie stavby

Tab. 5-8 Hodnotiaca stupnica pre vyjadrenie závažnosti dôsledkov v rôznych oblastiach (Zdroj: DG CLIMA, 2013)

Miera	Popis	Poškodenie majetku / obmedzenie prevádzky	Bezpečnosť a zdravie	Životné prostredie	Spoločnosť	Finančné dôsledky
1	<b>Bezvýznamná</b>	Vplyv sa absorbuje v rámci normálnej aktivity	Prvá pomoc	Žiadny vplyv. Lokalizovaný na zdrojový bod, nepožaduje sa obnova	Žiadny vplyv	Príklady ukazovateľov: x % IRR <2 % Obratu
2	<b>Nižšia</b>	Nežiaduca udalosť, ktorá sa dá absorbovať prostredníctvom kontinuity činnosti	Drobné zranenia, práceneschopnosť	Obmedzené v rámci hraníc. Obnova do 1 mesiaca.	Obmedzené, dočasné sociálne vplyvy	Príklady ukazovateľov: x % IRR <10 % Obratu
3	<b>Mierna</b>	Závažná udalosť, ktorá si vyžaduje ďalšie núdzové činnosti súvisiace s kontinuitou prevádzky	Vážne zranenia, dlhodobá práceneschopnosť	Mierne poškodenie s možným širším dosahom. Obnova za 1 rok	Obmedzené, dlhodobé sociálne vplyvy	Príklady ukazovateľov: x % IRR 10-25 % Obratu
4	<b>Významný</b>	Kritická udalosť, ktorá si vyžaduje mimoriadne / núdzové činnosti súvisiace s kontinuitou prevádzky	Vážne / viacnásobné zranenia, trvalé následky, zdravotné postihnutia	Významná škoda s lokálnym vplyvom. Obnova viac ako 1 rok. Zlyhanie dodržiavania ekologických predpisov.	Neschopnosť chrániť slabé alebo zraniteľné skupiny.	Príklady ukazovateľov: x % IRR 25-50 % Obratu
5	<b>Katastrofická</b>	Katastrofa s potenciálom viesť k zastaveniu činností alebo kolapsu systému	Jedno až viacnásobné úmrtia	Významná škoda so širokosiahlym účinkom. Obnova viac ako 1 rok. Limitovaná možnosť úplného zotavenia	Strata licencie na prevádzku. Protesty.	Príklady ukazovateľov: x % IRR >50 % Obratu

## KROK 23: VYHODNOTENIE RIZÍK

Vyhodnotenie rizík predpokladá určenie miery rizika a posúdenie jeho akceptovateľnosti alebo neakceptovateľnosti.

Bez ohľadu na použitú metódu stanovenia zložiek rizika – (kvalitatívna, semikvantitatívna, kvantitatívna), je potrebné riziko vyjadriť ako súčin pravdepodobnosti a dôsledkov a výsledky zaznamenať do výstupnej matice rizík (Tab. 5-9).

Okrem matice rizík sa odporúča spracovať aj kontrolný zoznam rizík s podrobnejším popisom zložiek rizika.

Tab. 5-9 Príklad - výsledná matica rizík

		Závažnosť (veľkosť) dôsledkov klimatického javu/rizika				
		Bezvýznamná	Nižšia	Mierna	Významná	Katastrofická
Pravdepodobnosť	Vzácná	Riziko 1,2		Riziko 6,7,8	Riziko 11	
	Nepravdepodobná	Riziko 4	Riziko 5, 12, 13	Riziko 9, 10		
	Mierna				Riziko 3	
	Pravdepodobná					
	Takmer istá					

Legenda:
Nízke riziko
Stredné riziko
Veľké riziko
Extrémne riziko

# ZÁVEREČNÁ SYNTÉZA HODNOTENIA – III. FÁZA

Závěrečná fáza hodnotenia zraniteľnosti a rizík infraštruktúrnych líniových stavieb z hľadiska rizík súvisiacich so zmenou klímy predpokladá spracovanie výstupnej dokumentácie hodnotenia zraniteľnosti, prezentáciu a disemináciu výsledkov hodnotenia medzi zainteresované subjekty a inštitúcie a v neposlednom rade nastavenie pravidiel pre výkon monitorovania a kontroly aktuálnosti realizovaného hodnotenia zraniteľnosti.

## KROK 24: SPRÁVA O HODNOTENÍ ZRANITEĽNOSTI A RIZÍK

Vzhľadom na zámer ďalšej prezentácie a diseminácie výsledkov realizovaného hodnotenia zraniteľnosti a rizík infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov z hľadiska zmeny klímy je potrebné v tomto kroku venovať pozornosť spracovaniu správy o hodnotení. Správa by mala prehľadným a štruktúrovaným spôsobom dokumentovať nielen samotné výsledky vyhodnotenia ale aj iné, pre potenciálne zainteresované subjekty, dôležité informácie týkajúce sa vymedzenia kontextu a cieľov hodnotenia a ďalších odporúčaní.

Správa o hodnotení zraniteľnosti a rizík infraštruktúrnych stavieb by mala obsahovať:

- kontext základných východísk realizovaného hodnotenia zraniteľnosti a rizík,
- metodické a metodologické zásady hodnotenia,
- popis a zhodnotenie výsledkov hodnotenia,
- ďalšie odporúčania a postupy.

V rámci prvého súboru informácií je potrebné zhromaždiť hlavné východiská hodnotenia spracované v prípravnej fáze (kontext a súvislosti hodnotenia, ciele hodnotenia, rozsah hodnotenia a ustanovený hodnotiaci tím, ktorí sa podieľal na hodnotení). Tieto informácie možno čerpať zo spracovaného realizačného plánu hodnotenia, poprípade niektoré časti zrevidovať a aktualizovať, ak bol zaznamenaný odklon od pôvodne stanoveného plánu.

Druhou skupinou dôležitých informácií, ktoré je potrebné v správe uviesť, je použitý metodologický rámec a zvolená metodika, použité zdroje a metodické príručky.

Sumarizácia dosiahnutých výsledkov a zhodnotenie výsledkov hodnotenia zraniteľnosti a rizík infraštruktúrnych líniových stavieb je prirodzene najdôležitejšou časťou správy. Okrem záverečných výsledkov hodnotenia zraniteľnosti a rizík infraštruktúrnych líniových stavieb je potrebné uvádzať aj výsledky analýzy citlivosti a expozície, potenciálnych dopadov, poprípade adaptívnej kapacity. Na dokumentovanie dosiahnutých zistení možno použiť jednotlivé hodnotiace tabuľky spracované pre každý z komponentov zraniteľnosti v priebehu hodnotenia. Výslednú zraniteľnosť a riziká hodnotenej infraštruktúrnej líniovej stavby a produktovodu je potrebné vhodným a prehľadným spôsobom ilustrovať. Voľbu formy prezentácie výsledkov je potrebné prispôbiť rozsahu hodnotenia a množstvu dosiahnutých zistení a výsledkov. Okrem grafickej ilustrácie výsledných zraniteľností a rizík je vhodné najvýznamnejšie zraniteľnosti a riziká slovne popísať. Súčasťou tejto časti správy by mali byť tiež ponaučenia, zistené nedostatky (napr. informácie, vedomosti), výzvy a príležitosti identifikované v rôznych čiastkových krokoch.

Osobitná kapitola v správe o hodnotení zraniteľnosti a rizika by mala byť venovaná odporúčaniam a ďalším krokom vyplývajúcim z realizácie daného hodnotenia. Môže ísť napríklad o disemináciu výsledkov, možnosti ďalšieho využitia dosiahnutých výsledkov, nastavenie plánu monitorovania a kontroly hodnotenia, ktoré sú podrobnejšie rozpracované v ďalších krokoch tejto záverečnej fázy hodnotenia.

## KROK 25: PREZENTÁCIA A DISEMINÁCIA VÝSLEDKOV HODNOTENIA

Tento krok záverečnej fázy hodnotenia je dôležitý najmä z hľadiska pochopenia možností využitia výsledkov hodnotenia zraniteľnosti a rizík v praxi. Okrem cieľových skupín, ktoré boli stanovené ako prijímatelia zistení z uskutočnenej analýzy a hodnotenia zraniteľnosti a rizík v prípravnej fáze hodnotenia, môžu byť dosiahnuté výsledky uplatniteľné aj pre iné subjekty alebo procesy v dopravnom a energetickom sektore. Nižšie uvádzame niekoľko oblastí, v ktorých diseminácia výsledkov z realizovaného hodnotenia zraniteľnosti a rizík infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov môže priniesť pozitívny úžitok a poznatky:

✓ **identifikácia a implementácia adaptačných opatrení**

Výsledky hodnotenia zraniteľnosti sú prepokladom nastavenia účinnej adaptácie projektu na riziká súvisiace so zmenou klímy. Bez vykonania tohto posúdenia by nebolo možné zaoberať sa identifikáciou, hodnotením a implementáciou adaptačných opatrení.

✓ **plánovanie a prioritizácia investícií**

Pri zvažovaní investičných možností a priorit v rámci dopravného alebo energetického sektora poskytnete poznanie zraniteľností územia/objektov rozsiahlu bázu informácií o potenciálnych ohrozeniach týchto plánovaných investícií súvisiacich s nepriaznivým dopadom zmeny klímy. Uvedené zohľadnenie potenciálnych rizík infraštruktúrnych stavieb v návrhovej fáze životného cyklu projektu je žiaduce nielen z hľadiska aktuálnej politiky EU a SR v oblasti adaptácie na zmenu klímy, ale aj z pohľadu významnej úspory finančných prostriedkov pre potenciálneho investora.

✓ **projektovanie odolnejších objektov**

Aj napriek tomu, že aktuálna infraštruktúra je projektovaná v súlade so stavebnotechnickými normami stanovujúcimi určitú minimálnu odolnosť voči prírodným rizikám, poznanie potenciálnej citlivosti a očakávanej expozície (t.j. uvedenie si nárastu zraniteľnosti týchto existujúcich objektov) prispeje k zohľadneniu tohto negatívneho trendu pri projektovaní nových objektov.

✓ **riadenie prevádzky a údržby**

Výsledky hodnotenia zraniteľnosti a rizík infraštruktúrnych líniových stavieb a produktovodov možno efektívne využiť aj pri plánovaní riadenia prevádzky a údržby – napríklad plánovanie pracovnej

sily, zvýšenie frekvencií plánovanej údržby, zvýšenie rozpočtu na údržbu, určenie budúcich materiálových a technických potrieb údržby a pod.

Hodnotiaci tím v tejto fáze môže presne špecifikovať potenciálne oblasti diseminácie výsledkov hodnotenia, ktoré budú všeobecne prospešné pre udržanie prevádzkyschopnosti infraštruktúrnej stavby na rôznych administratívnych úrovniach riadenia.

## **KROK 26: MONITOROVANIE A KONTROLA**

Proces prispôsobovania sa zmene klímy je iteratívnym procesom vyžadujúcim si nastavenie priebežného monitorovania a kontroly aktuálnosti výsledkov hodnotenia zraniteľnosti a rizík vo vzťahu k adaptačným cieľom. Z uvedeného dôvodu je potrebné proces monitorovania hodnotenia chápať ako nevyhnutnú súčasť hodnotenia zraniteľnosti a rizík súvisiacich so zmenou klímy, ktorý umožní priebežné prehodnocovanie dosiahnutých výsledkov v súlade s novými poznatkami, údajmi a informáciami.

Správne nastavenie procesov monitorovania a kontroly predpokladá:

- ✓ vytvorenie plánu monitorovania
- ✓ zapojenie zainteresovaných subjektov
- ✓ monitorovanie a priebežný zber údajov o ukazovateľoch zraniteľnosti
- ✓ opätovné prehodnotenie výsledkov hodnotenia zraniteľnosti vzhľadom na nové poznatky.

## 6 ZÁVER

Globálna potreba adaptácie spoločnosti na negatívne dôsledky klimatických zmien je jedna z najväčších výziev súčasnosti. Aktuálnosť riešenej problematiky zdôrazňuje aj medzinárodné odborné podujatie v poradí už 28. svetového samitu COP 28 (medzinárodná klimatická konferencia The Conference of the Parties), ktoré sa koná práve v mesiaci, kedy je publikovaná aj táto metodická príručka zameraná na hodnotenie rizík a zraniteľnosti líniových stavieb a produktovodov. Extrémne meteorologické javy s výskytom v rámci celého sveta a ich zvýšená frekvencia spôsobujú straty nielen na ľudských životoch, ale aj rozsiahle ekonomické a hospodárske škody.

Výpadky v energetickom zásobovaní v prípade narušenia konštrukčnej integrity a prevádzkovej spôsobilosti produktovodov, alebo prerušenie dopravnej dostupnosti územia pri poškodení líniových objektov cestnej a železničnej infraštruktúry, sú pre spoločnosť negatívne javy vznikajúce v kauzálnej súvislosti s mimoriadnymi udalosťami v dôsledku prejavov prírodných síl deštruktívnej úrovne, ktoré súvisia práve s postupným extrémnym vývojom determinujúcich klimatických premenných.

Zabraňovanie alebo aspoň zmierňovanie negatívnych prejavov prírodných rizík je cieľom systematického hodnotenia rizikovosti kritických infraštruktúr s priamou väzbou na prijímanie adekvátnych protipatrení za účelom zachovania udržateľnosti a funkčnosti kľúčových sektorov pre chod štátu ako sú doprava a energetika. Narastajúca intenzita a frekvencia mimoriadnych meteorologických prejavov prírodných rizík môže spôsobiť ohrozenie spôsobilosti sieťovej infraštruktúry plniť svoju primárnu funkciu, v horšom prípade spôsobiť poškodenie alebo zničenie niektorých citlivých stavebných prvkov a objektov.

Pripravenosť na úrovni štátu a správcov líniových stavieb na budúce dôsledky klimatických zmien predovšetkým znamená implementovať proaktívny prístup k systematickému posudzovaniu zraniteľnosti prvkov nosnej siete infraštruktúry a potenciálnych rizík aplikáciou konsolidovaných, a v rámci sektorov unifikovaných, metodických postupov. Tie by mali byť založené na zaužívaných a praxou verifikovaných multidisciplinárnych znalostiach nielen o faktoroch životného prostredia, ale aj informáciách o citlivosti a zraniteľnosti infraštruktúr a ostatných objektov s ich určujúcimi vlastnosťami konkrétneho stavebného prevedenia.

Takýto jednotný metodický aparát poskytuje aj spracovaná predkladaná príručka pre oblasť dopravných stavieb a produktovodov. Generálnou aplikáciou metodických zásad a postupov navrhovaných v nosnej 5. kapitole na celej sieti existujúcich dopravných stavieb a produktovodov, je možné dosiahnuť požadovanú úroveň poznania o interakcii výhľadových rizikových faktoroch prostredia s líniovými prvkami dopravnej a energetickej infraštruktúry.

Na základe ratingu rizikovosti je možné zostaviť prioritizačný zoznam takých stavebných úsekov sietí, ktorých prevádzkyschopnosť a bezpečnosť je významným spôsobom ohrozená s potrebou prijatia adekvátnych adaptačných/mitigačných opatrení. Cieľom bude nájsť rovnováhu medzi potenciálnou hodnotou spoločenských strát vážených nákladovosťou zavedených protipatrení na zníženie rizikovosti pre dané časti infraštruktúrnych sietí.

Získané skúsenosti a poznatky z plošného skríningu je možné v ďalšej fáze výskumu v oblasti hodnotenia zraniteľnosti a rizík integrovať do vhodných modelovacích nástrojov. Tvorba dynamických a interaktívnych simulačných scenárov pre konkrétne územie a infraštruktúru umožní verifikovať dopady predpokladaných negatívnych udalostí vyplývajúcich z projektovaných klimatických premenných vo výhľadovom referenčnom období. Následne je v simulovaných podmienkach možné overovať aj opodstatnenosť a funkčnosť navrhnutých adaptačných/mitigačných infraštruktúrnych opatrení.

# PRÍLOHY:

Príloha 1: Modelový príklad: Hodnotenie rizík a zraniteľnosti líniovej stavby z pohľadu dopadov zmeny klímy (Rýchlostná cesta R1 Ružomberok, juh – križovatka I/18)

# 7 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] Atlas krajiny Slovenskej republiky. L. Miklós et al., eds. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky; Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 2002, 342 s., ISBN 80-88833-27-2 (viaz.)
- [2] C40 CITIES: CLIMATE CHANGE RISK ASSESSMENT GUIDANCE. August 2018. Dostupné na: [https://cdn.locomotive.works/sites/5ab410c8a2f42204838f797e/content\\_entry5ab410fb74c4833febe6c81a/5b17dd2614ad660612c5dc54/files/C40\\_Cities\\_Climate\\_Change\\_Risk\\_Assessment\\_Guidance.pdf?1541689629](https://cdn.locomotive.works/sites/5ab410c8a2f42204838f797e/content_entry5ab410fb74c4833febe6c81a/5b17dd2614ad660612c5dc54/files/C40_Cities_Climate_Change_Risk_Assessment_Guidance.pdf?1541689629)
- [3] CDIAC, Carbon Dioxide Information Analysis Center: <https://data.ess-dive.lbl.gov/portals/CDIAC>
- [4] CENELEC: TAILORED GUIDANCE FOR STANDARDIZATION TECHNICAL COMMITTEES: HOW TO INCLUDE ADAPTION TO CLIMATE CHANGE (ACC) IN EUROPEAN INFRASTRUCTURE STANDARDS. Marec 2022. Dostupné na: [https://boss.cen.eu/media/BOSS%20CEN/ref/climate\\_adpatation\\_in\\_standards\\_guidance.pdf](https://boss.cen.eu/media/BOSS%20CEN/ref/climate_adpatation_in_standards_guidance.pdf)
- [5] Climate-Reanalyzer: <https://climatereanalyzer.org/>
- [6] Copernicus: <https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-september-2023?fbclid=IwAR18NkOxWKFSH-K1nyQt7JMGcagLeqzlhYEjLMXSmPoupEOPzGvoTPUqXto>
- [7] Damborská, Ingrid – Lapin, Milan: Changes and variability of evapotranspiration sums in Slovakia in 1951–2021. Contributions to Geophysics and Geodesy Vol. 53/3, 2023, p. 241-270. Online ISSN (e-ISSN): 1338-0540. Online: <https://journal.geo.sav.sk/cgg/article/view/470>
- [8] DG CLIMA: Non-paper Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient. 2013. [on-line]. Dostupné na: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/guidances/non-paper-guidelines-for-project-managers-making-vulnerable-investments-climate-resilient/guidelines-for-project-managers.pdf>
- [9] Directorate-General for Climate Action: EU-level technical guidance on adapting buildings to climate change. Marec 2023. Brussels. Dostupné na: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7cca7ab9-cc5e-11ed-a05c-01aa75ed71a1/language-en>
- [10] EEA: Adaptation of transport to climate change in Europe. Challenges and options across transport modes and stakeholders. ISSN 1977-8449.
- [11] EUROPEAN COMMISSION Brussels, 21.12.2010 SEC(2010) 1626 final COMMISSION STAFF WORKING PAPER Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management, Available at: [https://ec.europa.eu/echo/files/about/COMM\\_PDF\\_SEC\\_2010\\_1626\\_F\\_staff\\_working\\_document\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/echo/files/about/COMM_PDF_SEC_2010_1626_F_staff_working_document_en.pdf)
- [12] European Commission, DG Climate Action: Study on Adaptation Modelling Comprehensive Desk Review: Climate Adaptation Models and Tools. CLIMA/A.3/ETU/2018/0010 Final Report. 4th December 2020. Dostupné na: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9383d16e-7651-11eb-9ac9-01aa75ed71a1/language-en>



- [13] European Commission: European Commission: Climate Change and Major Projects. Outline of the climate change related requirements and guidance for major projects in the 2014 - 2020 programming period. Ensuring resilience to the adverse impacts of climate change and reducing the emission of greenhouse gases. 2016. [on-line]. Dostupné na: , ISBN 978-92-79-59943-9, doi:10.2834/965600. [https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-11/major\\_projects\\_en.pdf](https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-11/major_projects_en.pdf)
- [14] EUROPEAN COMMISSION: COMMISSION NOTICE. Technical guidance on the climate proofing of infrastructure in the period 2021-2027 (2021/C 373/01). Official Journal of the European Union. 16.09.2021
- [15] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. OFFICE OF PLANNING, ENVIRONMENT, & REALTY: Vulnerability Assessment and Adaptation Framework. Third Edition. December 2017. Dostupné na: [https://www.fhwa.dot.gov/environment/sustainability/resilience/adaptation\\_framework/](https://www.fhwa.dot.gov/environment/sustainability/resilience/adaptation_framework/)
- [16] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION: MnDOT Flash Flood Vulnerability and Adaptation Assessment Pilot Project. District 1. Vulnerability Assessment. November 2014. Dostupné na: [https://www.dot.state.mn.us/climate/pdf/D1VulnerabilityAssessment\\_Updated.pdf](https://www.dot.state.mn.us/climate/pdf/D1VulnerabilityAssessment_Updated.pdf)
- [17] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION: MnDOT Flash Flood Vulnerability and Adaptation Assessment Pilot Project. District 6. Vulnerability Assessment. November 2014. Dostupné na: [https://www.dot.state.mn.us/climate/pdf/D6VulnerabilityAssessment\\_Jan20.pdf](https://www.dot.state.mn.us/climate/pdf/D6VulnerabilityAssessment_Jan20.pdf)
- [18] Federation of Canadian Municipalities: CONSIDERING CLIMATE CHANGE IN RISK MANAGEMENT. Dostupné na: <https://fcm.ca/sites/default/files/documents/programs/mamp/considering-climate-change-in-risk-management.pdf>
- [19] Fendeková, M., Poorová, J., Slivová, V. (Eds.) (2018). Hydrologické sucho na Slovensku a prognóza jeho vývoja (Hydrological drought in Slovakia and its forecast). Univerzita Komenského, Bratislava, 300 pp., ISBN 978-80-223-4510-1
- [20] Gera, M., Damborská, I., Lapin, M., Melo, M. (2019). Climate Changes in Slovakia: Analysis of Past and Present Observations and Scenarios of Future Developments. In: Water Resources in Slovakia: Part 2: Climate Change, Drought and Floods. Vol. 1. ISBN 978-3-319-92864-7. Cham: Springer International Publishing AG, 2019. p. 21-47
- [21] GISS (NASA): <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>,
- [22] GIZ and EURAC 2017: Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook. Guidance on how to apply the Vulnerability Sourcebook's approach with the new IPCC AR5 concept of climate risk. Bonn: GIZ. Dostupné na: [https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2017/10/GIZ-2017\\_Risk-Supplement-to-the-Vulnerability-Sourcebook.pdf](https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2017/10/GIZ-2017_Risk-Supplement-to-the-Vulnerability-Sourcebook.pdf)
- [23] GIZ and EURAC and ADELPHI: The Vulnerability Sourcebook Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments. August 2014. Dostupné na: [https://www.adaptationcommunity.net/download/va/vulnerability-guides-manuals-reports/vuln\\_source\\_2017\\_EN.pdf](https://www.adaptationcommunity.net/download/va/vulnerability-guides-manuals-reports/vuln_source_2017_EN.pdf)
- [24] Guide WMO No 100: <https://public.wmo.int/en/resources/library/guide-climatological-practices-wmo-100>
- [25] GWI: <https://www.globalwarmingindex.org/>

- [26] HadCRU: <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>,
- [27] Hlavčová, K., Szolgay, J., Čunderlík, J., Parajka, J. & Lapin, M., 1999: Impact of climate change on the hydrological regime of rivers in Slovakia, Publication of the Slovak Committee for Hydrology No. 3. NCH UNESCO, SUT, Bratislava, 101 pp.
- [28] IPCC, 2014: Climate change 2013. The physical science basis: Cambridge University Press, 1552 pp., ISBN: 9781107661820, url: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- [29] IPCC, 2021: Climate Change 2021, The Physical Science Basis, url: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>
- [30] IPCC: IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptation. 2014. CGER-I015-'94. Dostupné na: <https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/ipcc-technical-guidelines-1994n.pdf>
- [31] Kahlenborn, W. - Porst, L. – Voss, M. – Fritsch, U. – Renner, K. – Zebisch, M. – Wolf, M. – Schönthaler, K. – Schausser, I.: Climate Impact and Risk Assessment 2021 for Germany. ISSN 0000 0000. Dessau-Roßlau, October 2021. Dostupné na: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
- [32] Klimatické a fenologické pomery Západoslovenského kraja (Š. Petrovič, Ed.), Hydrometeorologický ústav Praha, 1968, 343 s.
- [33] Klimatické normály 1961-1990 meteorologických prvkov teplota vzduchu a atmosférické zrážky. Záverečná správa výskumnej úlohy. SHMÚ 2008, text správy na DVD.
- [34] Lapin M., Bašták I., Gera M., Hrvol' J., Kremler M., Melo M., 2012: New climate change scenarios for Slovakia based on global and regional general circulation models. Acta Meteorologica Universitatis Comenianae. 37. 25–73. Bratislava. Comenius University.
- [35] Lapin M., Damborská I., 2021: Úloha vodnej pary v procese zmeny klímy na Slovensku. Meteorologický časopis, Vol. 24, No. 2, 2021, p. 67 – 74 ISSN 1335-339X
- [36] Lapin M., Damborská I., Gera M., Hrvol' J., Melo M., 2015: Trends of evapotranspiration in Slovakia, including scenarios up to 2100. International Bioclimatological Conference: Toward Climatic Services. Slovak. Bioclimatological Society SAS, Nitra, 5 pp.
- [37] Lapin, M. & Melo, M., 2004, Methods of climate change scenarios projection in Slovakia and selected results, Journal of Hydrology and Hydromechanics, vol. 52, no. 4, pp. 224-238.
- [38] Lapin, M., Šťastný, P., Turňa, M., Čepčková, E., 2016: High temperatures and heat waves in Slovakia. Slovak Meteorological Journal (Meteorologický časopis), Vol. 19, No. 1, p. 3-10. ISSN 1335-339X
- [39] Lapin, Milan - Pindják, Pavol - Podobová, Beáta: Príspevok k mezoklíme Bratislavy. In: Meteorologické zprávy. Vol. 40, No. 5 (1987), p. 138-142.
- [40] Lapin, Milan: Climate Change, Its Impacts and Possible Measures in Slovakia. Acta Horticulturae et Regiecturae. Vol. 24, No. 1 (2021), p. 90-96. ISSN (online) 1338-5259 ISSN (print) 1335-2563, On-line: <https://sciendo.com/article/10.2478/ahr-2021-0014>
- [41] Luise Porst, Maike Voß, Walter Kahlenborn (adelphi research gGmbH, Berlin) Dr. Inke Schausser (German Environment Agency, Dessau-Roßlau): Climate Risk Assessments at the Municipal Level

Recommendations for the Implementation of ISO 14091. Version: July 2022 ISSN 2363-832X. Dostupné na: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/climate-risk-assessments-at-the-municipal-level>

- [42] Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky: Medzinárodné zmluvy a dohovory: Parížska dohoda, [https://www.minzp.sk/files/oblasti/politika-zmeny-klimy/paris-agreement\\_sk\\_final.pdf](https://www.minzp.sk/files/oblasti/politika-zmeny-klimy/paris-agreement_sk_final.pdf)
- [43] Ministerstvo životného prostredia SR: STRATÉGIA ADAPTÁCIE SLOVENSKEJ REPUBLIKY NA ZMENU KLÍMY. Aktualizácia 2018. Dostupné na: <https://www.minzp.sk/files/odbor-politiky-zmeny-klimy/strategia-adaptacie-sr-zmenu-klimy-aktualizacia.pdf>
- [44] Národná diaľničná spoločnosť: Sieť diaľnic a rýchlostných ciest na Slovensku. 2023. Dostupné na: <https://ndsas.sk/stavby/dialnicna-siet>
- [45] Národné správy SR o klimatickej zmene (1995, 1997, 2001, 2006, 2009, 2014, 2017). Zväzok 1 – 7. MŽP SR a SHMÚ, Bratislava. url: <https://www.minzp.sk/klima/globalna/dokumenty/> , <http://ghg-inventory.shmu.sk/documents.php>
- [46] NOAA: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202309>
- [47] OECD: Climate-resilient Infrastructure. Policy Perspectives. OECD ENVIRONMENT POLICY PAPER NO. 14. ISSN 2309-7841. 2018. Dostupné na: <https://www.oecd.org/environment/cc/policy-perspectives-climate-resilient-infrastructure.pdf>
- [48] Oppenheimer, M. - Campos, M. - Warren, R.: Emergent Risks and Key Vulnerabilities. Dostupné na: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap19\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap19_FINAL.pdf)
- [49] Paleček, M. a kol.: Postupy a metodiky analýz a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií. Praha 2000. Dostupné na: <https://www.vubp.cz/soubory/prevence-zavaznych-havarii/metodiky/postupy-a-metodiky-analyz-a-hodnoceni-rizik.pdf>
- [50] Secretary of State for Environment, Food and Rural Affairs by Command of Her Majesty: Climate Resilient Infrastructure: Preparing for a Changing Climate. Máj 2011. Dostupné na: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a79daa840f0b670a8025e9f/climate-resilient-infrastructure-full.pdf>
- [51] Slovenská elektrizačná a prenosová sústava: TECHNICKÉ PODMIENKY PRÍSTUPU A PRIPOJENIA, PRAVIDLÁ PREVÁDZKOVANIA PRENOSOVEJ SÚSTAVY. Dokument O. vydanie č.6., 40 s.,
- [52] Správy IPCC: <https://www.ipcc.ch/reports/>
- [53] The North Jersey Transportation Planning Authority a kol.: Climate Change Vulnerability and Risk Assessment of New Jersey's Transportation Infrastructure. New York. Dostupné na: [https://www.nj.gov/dep/aqes/docs/NJTPA\\_Climate%20Vulnerability%20and%20Risk%20in%20NJ.pdf](https://www.nj.gov/dep/aqes/docs/NJTPA_Climate%20Vulnerability%20and%20Risk%20in%20NJ.pdf)
- [54] Výskumný ústav dopravný, a.s.: Metodická príručka posudzovania dopadov zmeny klímy na veľké projekty v sektore doprava. Máj 2018. Dostupné na: [https://www.opii.gov.sk/download/f/zmena\\_klimy/metodicka\\_prirucka\\_posudzovania\\_dopadov\\_zmeny\\_klimy.pdf](https://www.opii.gov.sk/download/f/zmena_klimy/metodicka_prirucka_posudzovania_dopadov_zmeny_klimy.pdf)
- [55] W. Neil Adger, Iain Brown and Swenja Surminski: Advances in risk assessment for climate change adaptation policy, Published: 30 April 2018. Dostupné na: <https://doi.org/10.1098/rsta.2018.0106> <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2017.0298#d1e1085>

- [56] Wikipedia (2023): Greenhouse Effect. [https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_effect)
- [57] Wilbanks, T., & Fernandez, S. (Coordinating Lead Authors). (2013). Climate Change and Infrastructure, Urban Systems, and Vulnerabilities: Technical Report for the U.S. Department of Energy in Support of the National Climate Assessment. Washington, DC: Island Press. Dostupné na: [https://www.ourenergypolicy.org/wp-content/uploads/2014/03/document\\_cw\\_01.pdf](https://www.ourenergypolicy.org/wp-content/uploads/2014/03/document_cw_01.pdf)
- [58] Willows, R.I. and Connell, R.K. (Eds.). (2003). Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making. UKCIP Technical Report. UKCIP, Oxford. ISBN 0-9544830-0-6
- [59] Železnice Slovenskej republiky: Podmienky používania železničnej siete pre GVD 2017/2018. dostupné na: <https://www.zsr.sk/files/dopravcovia/zeleznicna-infrastruktura/podmienky-pouzivania-zel-infrastruktury/podmienky-pouzivania-zel-siete-2021/podmpouzivaniazelsiete2021.pdf>





Aktivita je realizovaná v rámci projektu  
*Metodiky pre hodnotenie investičných rizík spojených s nepriaznivými dôsledkami zmeny klímy (ITMS 2014+: 310021BSY3).*  
Projekt je financovaný z Operačného programu Kvalita životného prostredia.