NASLOVNA STRAN NAČRTA

INVESTITOR	
ime in priimek ali naziv družbe	**OBČINA LJUBNO**
naslov ali sedež družbe	**Cesta v Rastke 12, 3333 Ljubno ob Savinji**
OSNOVNI PODATKI O GRADNJI	
naziv gradnje	**Plazovi Tiršek na GC102054 Grozdej - Tiršek**
kratek opis gradnje	**Na obravnavanem območju se za sanacijo treh plazov izvedejo tri kamnite zložbe. Kamnita zložba na plazu tiršek se deloma izvde na predhodno zabitih jeklenih profilih HEA 200. Ostala izgradnja spodnih dveh sanacij pa se izvede v matično kamnino. Uredi se se tudi kompletno odvodnjavanje na mestu sanacij.**
vrste gradnje	**novogradnja – novozgrajen objekt**
vrsta dokumentacije	**INZI (Izvedbeni načrt za izvedbo)**
številka projekta	**GK 61- 2026**
PODATKI O NAČRTU	
strokovno področje načrta.	**ELABORAT PODNEBNIH SPREMEMB, OCENA TVEGANJA NA PODNEBNE SPREMEMBE**
številka načrta	**EPS 61- 2026**
datum izdelave	**Marec 2026**
PODATKI O IZDELOVALCU NAČRTA	
ime in priimek pooblaščenega arhitekta, pooblaščenega inženirja	**Uroš ARANĐELOVIĆ, univ.dipl.inž.geol.**
identifikacijska številka	**RG-0208**
	podpis pooblaščenega arhitekta, pooblaščenega inženirja ali druge osebe: UROŠ ARANĐELOVIĆ univ.dipl.inž.geol. IZS PI RG0208
PODATKI O PROJEKTANTU	
projektant (naziv družbe)	**LAM BIRO d.o.o.** **Šmartno ob Paki 134, 3327 Šmartno ob Paki**
odgovorna oseba projektanta	**Armin LAMBIZER**
	podpis odgovorne osebe projektanta: LAM BIRO d.o.o., Šmartno ob Paki 134, 3327 Šmartno ob Paki

S. SPLOŠNI DEL

S.1 KAZALO VSEBINE TEHNIČNEGA POROČILA:

S.1 KAZALO VSEBINE TEHNIČNEGA POROČILA: 2
S.2 KAZALO SLIK: 3
T.1 SPLOŠNO 5
T.1.1 Zakonska izhodišča 5
T.1.3 Projektne Rešitve 6
T.2. OCENA TVEGANJA NA PODNEBNE SPREMEMBE 7
T.2.1 Uvod 7
T.2.2 Metodologija izdelave 7
T.2.3 Modul 1: Analiza Občutljivosti 8
T.2.4 Modul 2A: Ocena izpostavljenosti projekta – obstoječe stanje 12
T.2.4.1 Uvod 12
T.2.4.2 Klimatske razmere na območju projekta 13
T.2.4.3 Ocena izpostavljenosti projekta 23
T.2.5 Modul 2b: ocena izpostavljenosti – prihodnje stanje 33
T.2.5.1 Uvod 33
T.2.5.2 Pričakovane spremembe podnebja 33
T.2.5.3 Ocena izpostavljenosti projekta za prihodnje stanje 40
T.2.6 MODUL 3: ANALIZA RANLJIVOSTI 45
T.2.6.1 Modul 3a: analiza ranljivosti – obstoječe stanje 45
T.2.6.2 Modul 3b/1: analiza ranljivosti – prihodnje stanje 46
T.2.7 MODUL 4: OCENA TVEGANJA 47
T.2.7.1 Uvod 47
T.2.7.2 Ocena tveganja 49
T.3 SKLEPNA OCENA 50
T.4. PREVERITEV PREPUSTOV 52
T.4.1 Vhodni podatki 52
T.4.2 Prispevne površine 53
T.4.3 Izračun prepustov 55
T.4.4 Zaključek 55
P.1 Ocena sprememb kratkotrajnih nalivov za naselje Savina 58

S.2 KAZALO SLIK:

Slika 1: Lokacija ceste 5

Slika 2: Povprečne mesečne temperature zraka in količina padavin v obdobju 1991 – 2020 za klimatološko postajo Gornji Grad (vir: Arhiv ARSO – Urad za meteorologijo RS) 14

Slika 3: Odklon povprečne temperature zraka (1991 – 2020) za klimatološko postajo Gornji Grad (vir: Arhiv ARSO – Urad za meteorologijo RS) 15

Slika 4:Letna povprečna višina padavin v Sloveniji (1981 - 2010), vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS 18

Slika 5: Vetrna roža za klimatološko postajo Velenje za obdobje 2006 – 2023, vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS 20

Slika 6: 12-urna višina padavin s povratno dobo 50 let (1961 – 2000), ARSO /10/ 24

Slika 7: Letno povprečje dnevne najvišje temperature zraka (1981-2010), ARSO-Urad za meteorologijo RS 25

Slika 8: Opozorilna karta erozije (vir: Geoportal ARSO) 27

Slika 9: Karta verjetnosti pojavljanja plazov (vir: Geoportal ARSO /14/) 28

Slika 10: Razvrstitev gozdov po stopnjah požarne ogroženosti 29

Slika 11: Letno povprečje dnevne najnižje temperature zraka (1981-2010), Arhiv ARSO–Urad za meteorologijo RS 30

Slika 12: Karta območij ogroženih zaradi žleda, obdobje 1961-2006 (vir: MOP-ARSO) 31

Slika 13: Ocenjene spremembe povprečne temperature (v °C) v obdobju 2041-2070 v primerjavi z obdobjem 1981-2010 (vir: MOP-ARSO) 34

Slika 14: Najvišja temperatura zraka (v °C) s povratno dobo 50 let v obdobju 1961 – 2005 (vir: MOP-ARSO) 35

Slika 15: Najnižja temperatura zraka (v °C) s povratno dobo 50 let v obdobju 1961 – 2005 (vir: MOP-ARSO) 36

Slika 16: Odstopanje povprečnih padavin obdobja 2041–2070 v primerjavi s povprečjem obdobja 1981–2010 37

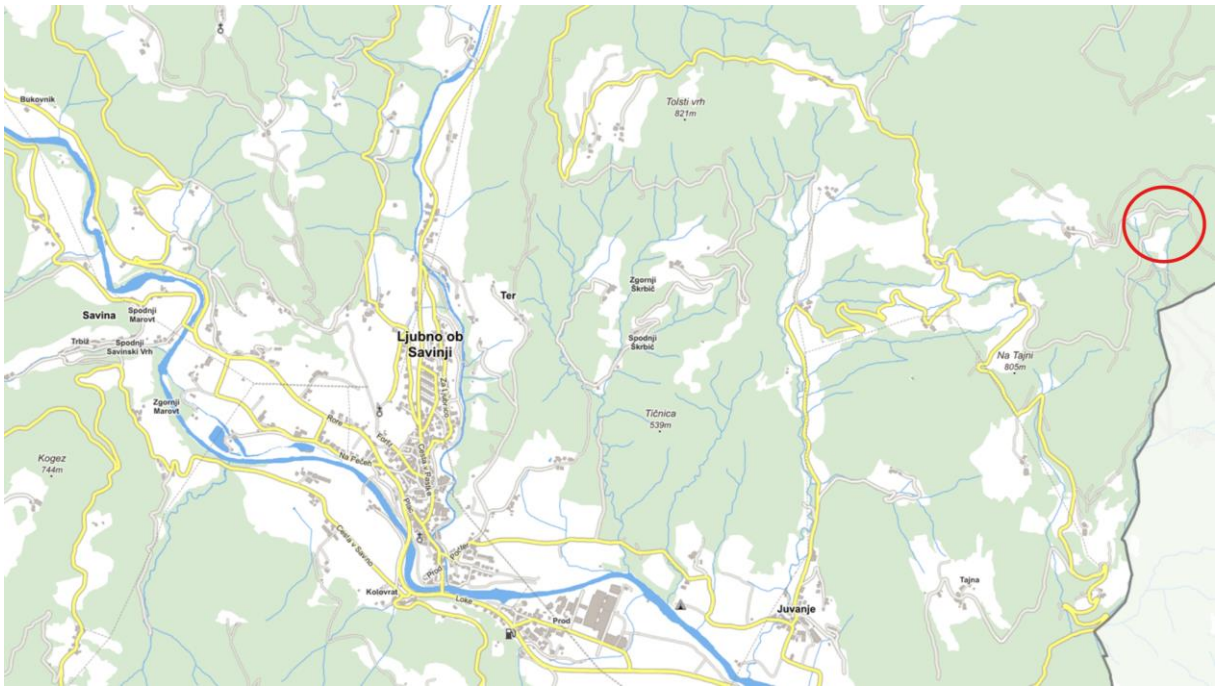
Slika 17: Prikaz prispevnih območij 53

Slika 18: Lokacije prepustov 54

T. TEHNIČNI DEL

T.1 SPLOŠNO

Naročnik je naročil izdelavo ocene tveganja na podnebne spremembe za izvedbo projekta »Plazovi Tiršek na GC102054 Grozdej - Tiršek)« Osnova za izdelavo tega poročila je INZI projekt št. GK 61 - 2026, ki ga je izdelalo podjetje LAM BIRO d.o.o., Šmartno ob Paki 134, 3327 Šmartno ob Paki.



Slika 1: Lokacija ceste

T.1.1 Zakonska izhodišča

Analiza tveganja izvedbe projekta na podnebne spremembe je izdelana na podlagi naslednjih zakonskih aktov in strateških dokumentov:

- Strategija Evropske unije za prilagajanje podnebnim spremembam (COM(2013))

- Strateški okvir prilagajanja podnebnim spremembam, Vlada Republike Slovenije, december 2016

- Strategiji razvoja prometa v Republiki Sloveniji, Vlada Republike Slovenije, sklep št.: 37000-3/2015/8, 29.07.2015

- Non-paper -Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient (European Commission, Directorate General, Climate action)

- Adaptation of transport to climate change in Europe -Challenges and options across transport modes and stakeholders (European Environment Agency Report No. 8/2014)

- Adapting infrastructure to climate change (SWD (2013) 137 final) –6. Annex, 6.1. Annex 1: Climate risk and impacts on transport infrastructure

T.1.2 Cilji projekta

Cilj projekta je sanacija plazu.

Projekt obravnava:

1. **Izvedbo treh kamnitih zložb**
2. **Ureditev odvodnjavanja**

T.1.3 Projektne Rešitve

Projektne rešitve so povzete iz tehničnega opisa projekta.

Na GC 102054 Grozdej – Tiršek je v času močnih neurij nastalo več plazov in usadov, ki so še vedno aktivni. Plazovi in usadi ogrožajo prevoznost gozdne ceste, ki je tudi edina cesta do objekta Ter 66, Ljubno ob Savinji. Cesta služi tudi kot šolska pot, ki pa se v vsakem večjem deževju poslabša.
Na spodaj podanih lokacijah so predvideni trije sanacijski ukrepi:

- Plaz Tiršek: Kamnita zložba na zabitih jeklenih profilih HEA 200
  - L= 32,0 m (os venca), h= 6,0 m + 0,25 m venec
  - Profili se zabijejo na zahodnem delu konstrukcije, kjer so bile meritve slabše
  - Izvede se tudi sistem drenažnih reber, za pobiranje zalednih voda

- Usad pod cesto (na zahodnem ovinku): Kamnita zložba
  - L= 33,0 m (os venca), h= 4,0 – 5,0 m + 0,25 m venec

- Usad nad cesto (pod plzom Tiršek): Kamnita zložba
  - L= 20,0 m (os venca), h= 4,0 – 5,0 m + 0,25 m venec

T.2. OCENA TVEGANJA NA PODNEBNE SPREMEMBE

T.2.1 Uvod

Uredba (EU) 1315/2013 o smernicah Unije za razvoj vseevropskega prometnega omrežja opredeljuje, da je potrebno pri projektnih skupnega interesa, ki se potegujejo za sredstva evropske unije, med drugim upoštevati analizo podnebnih in okoljskih stroškov in koristi, ki bi morala temeljiti na presoji vplivov na okolje, izvedeni v skladu z direktivo 2011/92/EU Evropskega parlamenta in Sveta. Države članice in drugi spodbujevalci projektov bi morali pri načrtovanju infrastrukture ustrezno upoštevati ukrepe za oceno tveganja in prilagoditve, ki bi ustrezno izboljšali odpornost na podnebne spremembe in okoljske nesreče.

Vlada Republike Slovenije je julija 2015 sprejela Strategijo razvoja prometa v Republiki Sloveniji (Strategija) in Okoljsko poročilo za celovito presojo vplivov na okolje za Strategijo razvoja prometa v Republiki Sloveniji (OP). V OP so skladno z Uredbo o okoljskem poročilu in podrobnejšem postopku celovite presoje vplivov na okolje (Uradni list RS, št. 73/05) opredeljeni, opisani in ovrednoteni vplivi izvedbe strategije na okolje, med drugim tudi na podnebne dejavnike. Strategija vključuje med drugim tudi Okoljsko sprejemljivost in obravnava blaženje podnebnih sprememb in prilagajanje podnebnim spremembam

Analiza tveganja na podnebne spremembe je izdelana skladno z Guidelines for Project Managers: Marking vulnerable investments climate resilient (Smernice):

- https://www.acclimatise.uk.com/login/uploaded/resources/non_paper_guidelines_project_managers_en.pdf

pri čemer so uporabljena izhodišča, navedena v »Background report to the IA, Part I1«

- https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/adaptation/what/docs/background_report_part1_en.pdf

Strokovna analiza vključuje oceno občutljivosti, izpostavljenosti, ranljivosti in tveganja projekta na podnebne spremembe upoštevajoč razpoložljive podatke glede na predstavljene in pričakovane scenarije podnebnih sprememb v Sloveniji in na območju projekta.

T.2.2 Metodologija izdelave

Metodologija izdelave analize tveganja projekta na podnebne spremembe v največji možni meri sledi metodologiji kot jo določajo Smernice. Ocena tveganja na podnebne spremembe v fazi pred izdelavo projektne dokumentacije IDP vključuje naslednje module:

- Modul 1: Analiza občutljivosti projekta

- Modul 2: Ocena izpostavljenosti projekta

- Modul 2a: Ocena izpostavljenosti za obstoječe stanje

- Modul 2b: Ocena izpostavljenosti za prihodnje stanje

- Modul 3 Analiza ranljivosti projekta

    - Modul 3a: Analiza ranljivosti za obstoječe stanje

    - Modul 3b: Analiza ranljivosti za prihodnje stanje

- Modul 4: Ocena tveganja

- Modul 5: Prilagoditveni ukrepi

V Modulu 1 je skladno s Smernicami analizirana občutljivost projekta. V Modulu 2 je ocenjena izpostavljenost projekta za obstoječe stanje ter izpostavljenost projekta za prihodnje stanje.

V Modulu 3 je analizirana ranljivost projekta za obstoječe in za prihodnje stanje na podlagi razpoložljivih podatkov ter ponovljena analiza ranljivosti projekta glede na podrobnejšo preučitev projekta in predvidenih prilagoditvenih ukrepov. V Modulu 4 je za poseg izvedena ocena tveganja za najbolj kritične podnebne dejavnike, vključno z oceno predvidenih prilagoditvenih ukrepov iz projekta IZN. V zaključnem delu je podana splošna ocena posega glede odpornosti na podnebne spremembe.

Podatki za analizo tveganja na podnebne spremembe so povzeti iz državnih baz podatkov o klimatskih dejavnikih in stanju okolja, dostopnih na spletni strani Agencije RS za okolje, podatki o možni izpostavljenost projekta iz projektne dokumentacije

Napoved pričakovanih sprememb podnebja je povzeta iz dokumentov:

ARSO podatkovna baza (www.arso.si),

http://www.eea.europa.eu/themes/climate/european-climate-adaptation-platform-climate-adapt

Ocena podnebnih sprememb kratkotrajnih nalivov za naselje Savina, februar 2024

Metodologija analiz in vrednotenja po posameznih modulih je opisana podrobneje v ustreznih poglavjih v nadaljevanju.

T.2.3 Modul 1: Analiza Občutljivosti

Cesta je občutljiva na ekstremne nevihte in z njimi povezane intenzivne padavine, na poplave, erozijo tal in nestabilnost tal. Po oceni bodo vplivi zaradi ekstremnih padavin in vročine na območju Južne in Srednje Evrope srednje negativni do leta 2025 in visoko negativni do leta 2080.

Pričakovana sprememba podnebnih dejavnikov na območju projekta v prihodnjem obdobju je naslednja:

- ekstremne padavine: srednje negativna do leta 2025 in visoko negativna do leta 2070,
- poletna vročina: srednje negativna do leta 2070,
- zmrzovanje: nevtralna do leta 2050 oz. do leta 2070.

Občutljivost je opredeljena po naslednjih stopnjah:

- velika občutljivost: podnebna spremenljivka/nevarnost ima lahko velik vpliv (rdeče),
- srednje občutljivost: podnebna spremenljivka/nevarnost lahko nekoliko vpliva (oranžno),
- neobčutljivost: podnebna spremenljivka/nevarnostnima nobenega učinka (zeleno).

ocena občutljivosti posega na podnebne spremenljivke, ki bi lahko vplivale na obravnavano investicijo glede na opredeljeno izpostavljenost širše srednjeevropske regije je v tabeli 1. Skladno s smernicami so bili za vsako spremenljivko ocenjeni sekundarni učinki oziroma nevarnosti, ki lahko predstavljajo tveganje in so lahko povezani z občutljivostjo posega na podnebne spremembe. Presoja nabora sekundarnih učinkov iz smernic obsega oceno vpliva na:

- »on site«, na mestu posega (lokacija posega),
- »outputs«, na izhodu (varnost, koristi uporabnikov,...),
- »transport links«.

Tabela 1: Potencialni vplivi podnebnih sprememb na predvidene posege

Podnebni dejavnik	Tveganja	Časovni okvir pičakovanih vplivov	Izpostavljeno območje
Ekstremne temperature,požari in suša (poletna vročina)	- uklon (raztezanje kovine) - utrujenost materiala zaradi notranjih napetosti - povečanje temperature ob zmanjšanju poletnih padavin pomeni večjo izpostavljenost za plazenje	Srednje negativni (2025; 2080) do visoko negativni (2080)	Južna Evropa srednje negativni do leta 2025 in visoko negativni do leta 2080. Zahodna, vzhodna in srednja Evropa srednje negativni do leta 2080. Območje posega srednje negativno do leta 2070.
Zimski mraz in žled (zmrzovanje	- uklon (krčenje kovine) - utrujenost materiala zaradi notranjih napetosti	Srednje negativni (2025; 2080);	Severna in srednja Evropa. Območje posega nevtralno do leta 2050 oz. 2070.
Ekstremne padavine v povezavi s poplavami, erozijo in plazenjem	- škoda na infrastrukturi zaradi poplav in/ali zemeljskih plazov - erozija in posledično plazenje - težave zaradi podrtih dreves, padajočih skal in objektov na infrastrukturi	Srednje negativni (2025) do visoko negativni (2080).	Celotno območje Evrope.Območje posega negativno do leta 2050 in visoko negativno doleta 2070
Ekstremne nevihte	- škoda na infrastrukturi - povečani stroški obnove in vzdrževanja - nevarnost za podiranje dreves in koncentracija odpadlega listja	Ni informacij	Ni informacij
Veter (povprečni in ekstremni	- nevarnost za podiranje dreves in lomljenje vej - škoda na infrastrukturi	Ni natančnih modelov za vetrne razmere	Ni informacij

Glede na stanje na širšem makro regionalnem nivoju je občutljivost posega na podnebne spremembe opredeljena ocenjena z:

a) **Veliko občutljivostjo na podnebne spremenljivke, ki so povezane z ekstremnimi padavinami.** Ekstremne padavine so pričakovane na območje celotne Evrope, vplivi pa opredeljeni kot srednje negativi do 2025 do visoko negativni do leta 2080. Ekstremne padavine lahko vplivajo na povečan obseg poplav, erozijo, zemeljske plazove, nestabilnosti npr. nasipov in s tem možnost povečanja povzročitve škode na infrastrukturi. Velika občutljivost posega je pričakovana na:

- ekstremne padavine

- poplave

- nestabilnost tal

- erozijo tal

b) Srednjo občutljivostjo na podnebne spremenljivke, ki so povezane s poletno vročino in zimskim mrazom: Poletna vročina lahko povzroči raztezanje konstrukcije, utrujenost materiala, povečano nestabilnost nasipov, pregrevanje opreme in povečanje možnosti nastanka uničujočih požarov, ki lahko

poškodujejo infrastrukturo. Zimski mraz (zmrzovanje) lahko povzroči krčenje kovinskih konstrukcij in mrež. Srednja občutljivost posega je pričakovana na naslednje podnebne spremenljivke:

- ekstremno povečanje temperatur
- nevihte
- gozdne požare
- zmrzovanje
- žled

Srednja občutljivost je opredeljena tudi za podnebne spremenljivke, ki so povezane z ekstremnimi nevihtami in sunki vetra. Ekstremne nevihte lahko povzročijo škodo na infrastrukturi (na primer zaradi padajočih dreves) in na splošno zmanjšano varnost ter povečane stroške obnove in vzdrževanja. Skladno z oceno je poseg srednje občutljiv tudi za:

- ekstremne sunke vetra
- nevihte

c) projekt ni občutljiv na:

- povprečno hitrost vetra: Glede na geografsko lego posega in najpogostejše vetrove na tem območju je poseg bolj izpostavljen maksimalni kot povprečni hitrosti vetra.
- sušo

Matrika ocene občutljivosti je v tabeli 2. Pomembne podnebne spremenljivke in z njimi povezane nevarnosti so tiste, ki štejejo za veliko ali srednjo občutljivost.

Predviden poseg je občutljiv predvsem na naslednje podnebne dejavnike:

- velika občutljivost: ekstremne padavine, poplave, nestabilnost tal, erozijo tal

- srednja občutljivost: ekstremno povečanje temperatur, nevihte, gozdne požare, zmrzovanje, žled, ekstremne sunke vetra in sušo

Tabela 2: Matrika analize občutljivosti predvidenih varovalnih ukrepov

OBČUTLJIVOST/PODNEBNI DEJAVNIK	EKSTREMNE TEMPERATURE	POVPREČNA HITROST VETRA	EKSTREMNI SUNKI VETRA	EKSTREMNE PADAVINE	NEVIHTE	POPLAVE	EROZIJA TAL	POŽARI	NESTABILNOST TAL/PLAZOVI	SUŠA	ZMRZOVANJE	ŽLED
Lokacija posega - obstoječe stanje (On-site)												
Koristi infrastrukture (varovanje)												
Prometne povezave												

Legenda:

Legenda:

Občutljivost	Ni občutljivosti	Srednja	Velika

T.2.4 Modul 2A: Ocena izpostavljenosti projekta – obstoječe stanje

T.2.4.1 Uvod

Iz analize občutljivosti sanacije plazu na podnebne spremembe sledi, da so pomembni dejavniki za vrednotenje izpostavljenosti posega v obstoječem stanju dejavniki, ki so bili ocenjeni kot visoko in/ali srednje občutljivi. To so naslednji podnebni dejavniki:

- ekstremne padavine
- poplave
- nestabilnost tal
- erozija tal
- ekstremno povečanje temperatur
- gozdni požari
- zmrzovanje
- žled
- nevihte
- ekstremne sunke vetra
- erozija tal

Za oceno izpostavljenosti so bile v prvi fazi preučene razmere na obstoječem območju na podlagi opredeljene občutljivosti po posameznem dejavniku pa je bila skladno s smernicami ocenjena izpostavljenost posega glede na razmere v obstoječem stanju.

T.2.4.2 Klimatske razmere na območju projekta

Uvod

Območje ima zmerno celinsko podnebje, za katerega so značilna zmerno topla poletja in mrzle zime. Letni režim padavin pozna dva viška: primarnega v juniju, ki je posledica konvektivnih padavin in sekundarnega septembru in oktobru, ki je posledica pogostejših frontalnih padavin.

Pri analizi klimatskih razmer so bili uporabljeni dolgoletni povprečni klimatski podatki ARSO-Urada za meteorologijo RS za obdobje med letoma 1950 in 2020 za klimatološko postajo Gornji Gradu, podatki o vetru so za obdobje med letoma 2006 in 2020 za klimatološko postajo Gornji Grad. V analizo so vključeni naslednji klimatski parametri:

-temperaturne razmere

-vlažnost zraka

-oblačnost in pogostost megle

-padavinske razmere

-vetrovne razmere

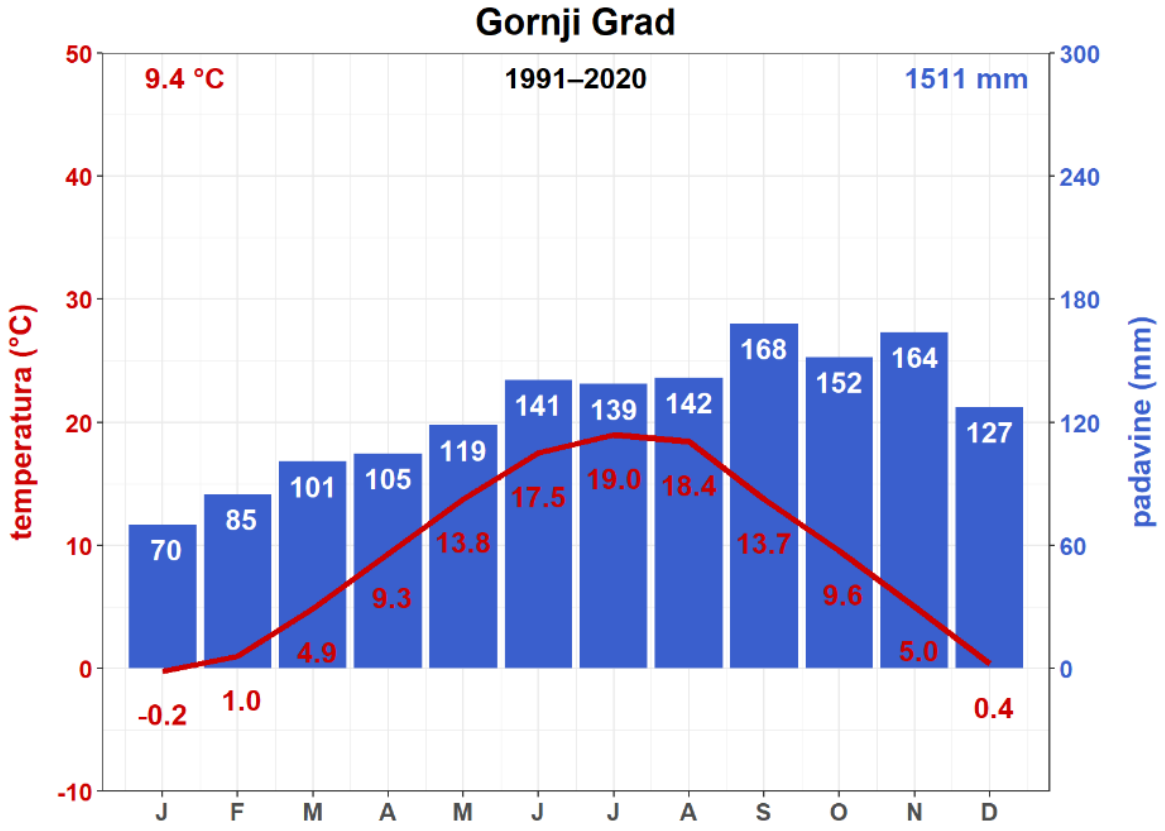
Temperaturne razmere

- Povprečna letna temperatura na območju je med 9,4°C.
- Najtoplejši mesec je julij, s povprečno mesečno temperaturo okoli 19,0°C.
- Najhladnejši mesec je januar (-0,2°C).
- Povprečne maksimalne mesečne temperature:
    - Pod 0°C v januarju (-0,2°C).
    - Najvišje so v juliju in avgustu.
- Povprečne minimalne mesečne temperature:
    - Najnižje so v januarju, decembru in februarju.
    - Tudi v najtoplejšem mesecu juliju so minimalne temperature med nad 12°C.

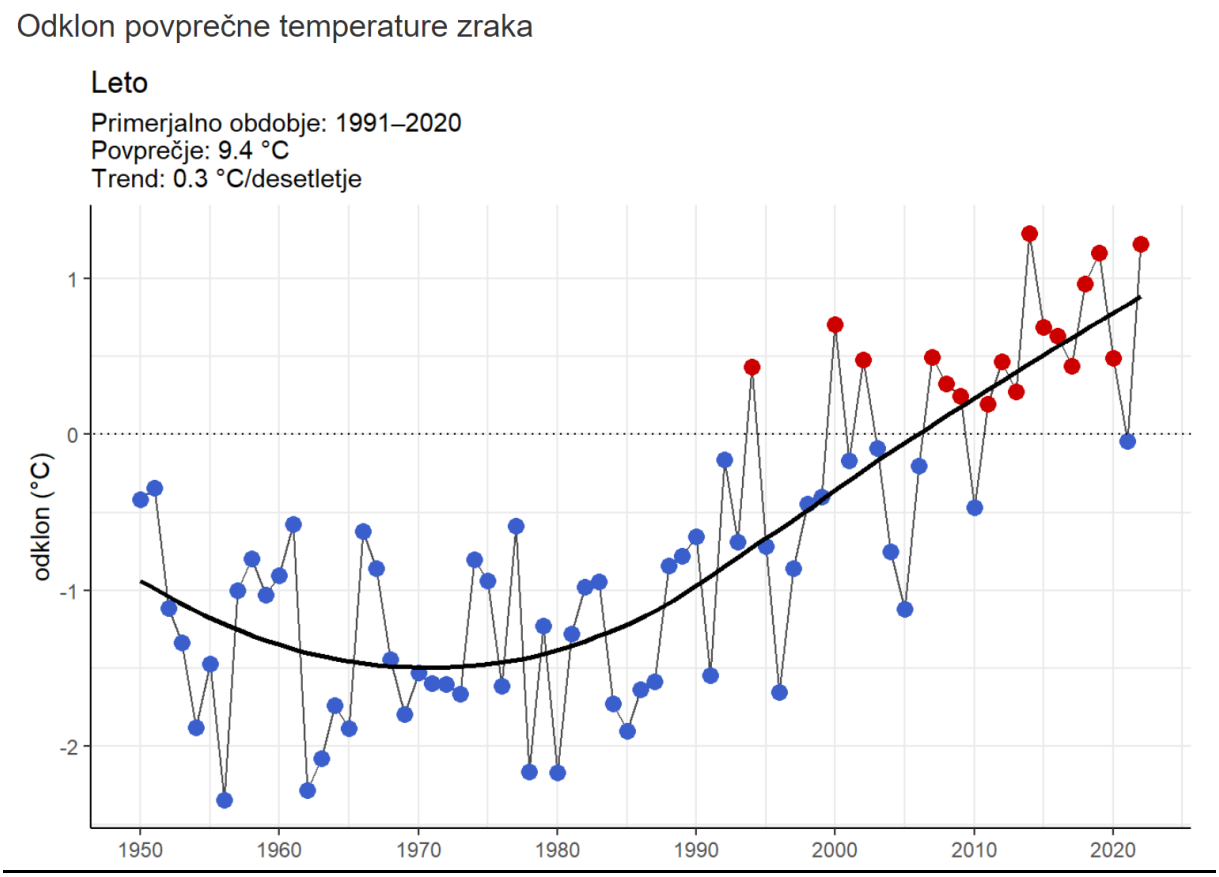
Tabela 3: Temperaturne razmere na klimatološki postaji Gornji Grad

Absolutni ekstremi v obdobju 1950–2020

Spremenljivka	največ	datum/mesec/leto	najmanj	datum/mesec/leto
Temperatura zraka				
temperatura zraka (°C)	37.3	8.8.2013	-24.3	8.1.1985
letno število mrzlih dni (Tmin ≤ -10 °C)	43	1963	0	1951, 1974, 2020, 2022
letno število hladnih dni (Tmin < 0 °C)	149	1965	52	2014
letno število ledenih dni (Tmax < 0 °C)	57	1963	0	1974
letno število toplih dni (Tmax ≥ 25 °C)	98	2003	20	1978
letno število vročih dni (Tmax ≥ 30 °C)	37	2003	0	8 takšnih let
letno število tropskih noči (Tmin ≥ 20 °C)	1	1958, 2021	0	71 takšnih let



Slika 2: Povprečne mesečne temperature zraka in količina padavin v obdobju 1991 – 2020 za klimatološko postajo Gornji Grad (vir: Arhiv ARSO – Urad za meteorologijo RS)



Slika 3: Odklon povprečne temperature zraka (1991 – 2020) za klimatološko postajo Gornji Grad (vir: Arhiv ARSO – Urad za meteorologijo RS)

Vlažnost zraka

- **Srednja letna relativna vlaga**
  - **Najvišja zjutraj (93 %)**: Vlažnost je najvišja v zgodnjih jutranjih urah, kar je običajno med 5. in 7. uro.
  - **Najnižja ob 14. uri (65 %)**: Vlažnost je najnižja sredi dneva, okoli 14. ure, ko so temperature najvišje in je izhlapevanje največje.
- **Relativna vlaga ob 7. uri**
  - **Med septembrom in marcem**: Relativna vlaga je v tem obdobju vedno blizu 90 %, kar pomeni, da je zrak zelo nasičen z vlago.
  - **Pogostost megle in zamegljenosti**: Visoka vlaga v jutranjih urah povzroča pogoste pojave megle in zamegljenosti.

- **Jutranja megla**
    - **Pozno poletje in zgodnja jesen**: V tem obdobju se jutranja megla hitro razkroji dopoldne, saj se temperature hitro dvignejo in vlaga izhlapi.
    - **Zima**: V zimskem času megla pogosto vztraja cel dan, kar pomeni, da se zaradi nizkih temperatur in stalne visoke vlažnosti ne razkroji hitro.
- **Vremenske situacije**
    - **Anticiklonalne situacije**: Med anticikloni, ko je zračni tlak visok in vreme stabilno, se megla zaradi kotlinskega tipa terena lahko zadržuje cel dan. To pomeni, da je zrak v kotlini ujet in se ne premika hitro, kar omogoča obstoj megle dlje časa.

Tabela 4: Relativna vlažnost zraka na klimatološki postaji Gornji Grad

Parameter	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
Pov. relativna vlaga ob 7. uri [%]	93	93	93	92	90	89	90	92	94	96	95	94	93
Pov. relativna vlaga ob 14. uri [%]	76	63	58	54	53	53	54	55	60	68	76	82	65

Oblačnost

- **Vpliv oblačnosti na podnebne razmere**:
    - Oblačnost vpliva na dnevne temperature z zmanjšanjem sončnega sevanja, ki doseže zemeljsko površje.
    - V oblačnih dneh je temperaturna razlika med dnevom in nočjo manjša, saj oblaki delujejo kot izolator, ki ponoči zadržuje toploto.
    - Višja oblačnost v jesenskih in zimskih mesecih pomeni tudi večjo verjetnost za padavine, kar lahko vpliva na prometne razmere in stanje infrastrukture.
- **Število oblačnih dni**:
    - V občini Ljubno je povprečno število jasnih dni 60, medtem ko je število oblačnih dni 152.
    - Največ oblačnih dni je v novembru, decembru in januarju, ko je povprečno vsak drugi dan v teh mesecih oblačen .

Padavinske razmere

Letna porazdelitev padavin

- **Režim padavin**:
    - Padavinski režim je značilen za zmerno kontinentalno podnebje, z dvema izrazitima vrhuncema v letu.
    - **Primarni vrhunec** padavin se pojavi junija, kar je posledica konvektivnih padavin, ki jih spremljajo nevihte in kratkotrajni močni nalivi.
    - **Sekundarni vrhunec** padavin se pojavi septembra, ko so padavine večinoma posledica frontalnih sistemov, ki prinašajo dolgotrajnejše in enakomernejše padavine.

- **Skupna letna količina padavin**:
    - Skupna letna količina padavin je okoli 1511 mm, kar je tipično za zmerno kontinentalno podnebje.
    - Letne količine padavin so razporejene sorazmerno enakomerno skozi leto, vendar z izrazitejšim viškom v poletnih in jesenskih mesecih.

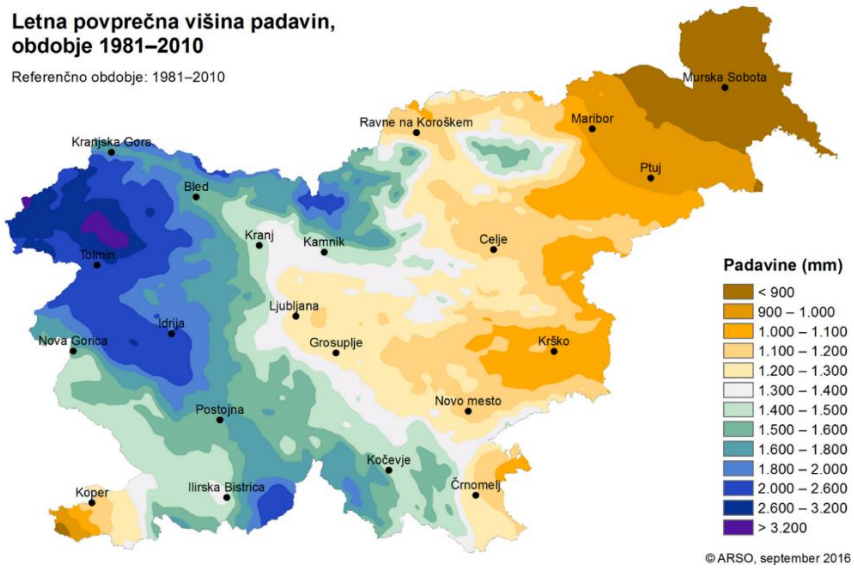
Tabela 5: Mesečna količina padavin (v mm) in število dni s padavinami na klimatološki postaji Gornji Grad

Parameter	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
Količina padavin [mm]	70	85	101	105	119	141	139	142	168	152	164	127	1.511
Št. dni s padavinami => 1,0 mm	11	10	12	13	14	14	12	13	12	13	14	12	150
Povprečno število dni s snežno odejo ob 7. uri	22	18	15	5	0	0	0	0	0	3	10	18	91

Intenzivnost padavin

- **Ekstremne padavine:**
    - Povprečne 12-urne višine padavin za območje projekta se gibljejo med 90 mm in 120 mm, kar nakazuje srednjo izpostavljenost projekta na ekstremne padavine.

- **Kategorije izpostavljenosti:**
  - < 90 mm: Ni/majhna izpostavljenost
  - 90–150 mm: Srednja izpostavljenost
  - 150 mm: Velika izpostavljenost



Slika 4:Letna povprečna višina padavin v Sloveniji (1981 - 2010), vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS

- **Porazdelitev ekstremnih padavin**:
  - Največje količine ekstremnih padavin so običajno zabeležene v poletnih mesecih, ko konvektivne nevihte prinašajo kratkotrajne, a zelo intenzivne padavine.
  - Frontalne padavine, ki prinašajo enakomernejše, vendar še vedno lahko zelo obilne padavine, so pogostejše v jesenskih mesecih.

Sezonske razlike

- **Pomlad**:
  - Spomladi se količina padavin postopoma povečuje, z bolj enakomernimi padavinami aprila in maja.
  - Konvektivne nevihte postajajo pogostejše proti koncu pomladi, kar povečuje intenzivnost padavin.

- **Poletje**:
    - Poletni meseci prinašajo sekundarni vrhunec padavin.
    - Nevihte in kratkotrajni močni nalivi so pogosti, kar lahko vodi do lokalnih poplav in erozije tal.

- **Jesen**:
    - Jesenski meseci prinašajo primarni vrhunec padavin v septembru oktobru in novembru.
    - Frontalni sistemi prinašajo dolgotrajnejše in enakomernejše padavine, kar povečuje tveganje za poplave v nižjih predelih.

- **Zima**:
    - Zimski meseci imajo manjšo skupno količino padavin, vendar so padavine pogosto v obliki snega.
    - Zimske padavine so manj intenzivne, vendar lahko kopičenje snega in njegova kasnejša talitev prispevata k spomladanskim poplavam.

Vetrovne razmere

Povprečna letna hitrost vetra – najbližja postaja za merjenje vetra se nahaja v Velenju

- **Velenje**:
    - Povprečna letna hitrost vetra je 0,9 m/s.
    - Prevladuje jugovzhodna in severozahodna smer vetra.

Hitrost sunkov vetra

- **Povprečna hitrost sunkov vetra**:
    - Povprečna hitrost sunkov vetra znaša 1,4 m/s.
    - Največji izmerjeni sunek vetra je dosegel 12,7 m/s.
- **Geografski vplivi**:
    - Relief ima pomemben vpliv na hitrost vetra, saj doline in planote vplivajo na pospeševanje ali zaviranje vetrov.

Brezveterje

- **Pojavnost brezveterja**:
    - Dnevi brezveterja predstavljajo 15,6% vseh dni v letu.

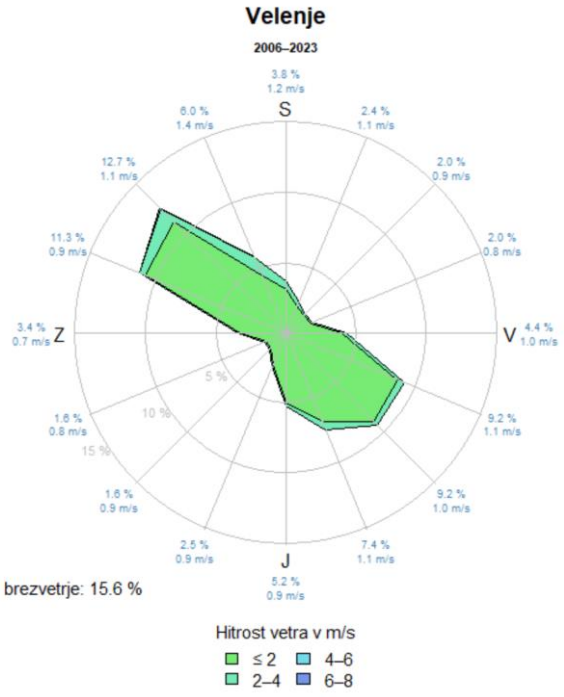
- Brezveterje je značilno predvsem v nočnih in jutranjih urah, ko se zaradi ohlajanja tal zrak umiri in vetrovi ponehajo.

Sezonske razlike

- **Poletni meseci**:
  - Poleti je hitrost vetra običajno manjša zaradi stabilnejšega vremena in manjših temperaturnih razlik.
  - Večji delež dni z brezveterjem, kar lahko vpliva na temperaturne razmere in kvaliteto zraka.
- **Zimski meseci**:
  - Pozimi lahko hitrost vetra naraste, zlasti ob prehodu hladnih front in ob nastanku ciklonov.
  - Manj brezveterja v primerjavi s poletnimi meseci, kar lahko izboljša razpršitev onesnaževal v zraku.

Tabela 6: Povprečna hitrost vetra (m/s) na klimatološki postaji Velenje (vir:Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS)

Parameter	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
Povprečna hitrost vetra [m/s]	0.7	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.9



Slika 5: Vetrna roža za klimatološko postajo Velenje za obdobje 2006 – 2023, vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS

Ekstremni vremenski dogodki

Najvišje in najnižje letne, mesečne in dnevne vrednosti izbranih meteoroloških spremenljivk v obdobju 1950 – 2020 za klimatološko postajo Velenje so v tabeli 7.

- **Najvišje temperature:**
  - Absolutno najvišja temperatura: 37,3 °C, izmerjena avgusta 2013.
  - Največje število vročih dni: leto 2003.
- **Padavine:**
  - Najvišja mesečna in dnevna količina padavin: leto 2014.
  - Najmanj dni z zabeleženimi padavinami: leto 2015.

- **Najnižje temperature:**
  - Ekstremno nizke temperature: dosežene leta 1985.
- **Sneg:**
  - Največ snega: 97 cm, izmerjenih leta 1952.
- **Povratne dobe za ekstremne padavine (obdobje 1970-2012):**
  - 25-letna povratna doba:
    - Višina padavin v 15 minutnem intervalu: 26 mm.
  - 50-letna povratna doba:
    - Količina padavin v 15 minutnem intervalu: 30 mm.
  - 100-letna povratna doba:
    - Količina padavin v 15 minutnem intervalu: 34 mm.

Tabela 7: Ekstremne vrednosti izbranih meteoroloških spremenljivk za klimatološko postajo Gornji Grad v obdobju 1950 - 2019

Spremenljivka	največ	datum/mesec/leto	najmanj	datum/mesec/leto
Temperatura zraka				
temperatura zraka (°C)	37.3	8.8.2013	-24.3	8.1.1985
letno število mrzlih dni (Tmin ≤ -10 °C)	43	1963	0	1951, 1974, 2020, 2022
letno število hladnih dni (Tmin < 0 °C)	149	1965	52	2014
letno število ledenih dni (Tmax < 0 °C)	57	1963	0	1974
letno število toplih dni (Tmax ≥ 25 °C)	98	2003	20	1978
letno število vročih dni (Tmax ≥ 30 °C)	37	2003	0	8 takšnih let
letno število tropskih noči (Tmin ≥ 20 °C)	1	1958, 2021	0	71 takšnih let
Padavine				
letna višina padavin (mm)	1999	2014	1102	1971
mesečna višina padavin (mm)	441	okt. 1964	0	jan. 1964, jan. 1989, dec. 2015
dnevna višina padavin (mm)	181	5.11.1998	–	–
letno število dni brez merljivih padavin (manj kot 0,1 mm)	260	2003	185	2014
letno število dni s padavinami (vsaj 1 mm)	153	1951	89	2015

Tabela 8: Povratne dobe za ekstremne padavine za obravnavano območje

Precipitation [mm]

Accumulation time \ Return period	5 years	10 years	25 years	50 years	100 years	250 years
5 min	10	11	12	13	14	15
10 min	15	17	21	23	26	30
15 min	18	22	26	30	34	39
20 min	21	25	30	35	39	46
30 min	25	30	36	42	47	55
45 min	30	35	43	49	55	65
60 min	33	39	47	54	61	71
90 min	38	44	53	60	68	79
2 h	42	49	58	66	74	86
3 h	49	56	66	74	83	96
4 h	55	63	73	82	91	105
5 h	61	69	80	89	99	113
6 h	65	74	86	96	106	121
9 h	77	87	101	112	124	141
12 h	87	98	113	126	139	158
15 h	95	107	124	138	152	173
18 h	101	114	133	147	163	184
24 h	111	126	146	162	179	203
48 h	137	156	181	201	221	249
72 h	154	175	203	224	246	277
96 h	165	188	218	241	264	296
120 h	175	199	230	254	279	312

T.2.4.3 Ocena izpostavljenosti projekta

Uvod

Smernice določajo, da se podnebni dejavniki, ki povzročajo veliko ranljivost projekta, presojajo podrobneje, nadaljnja obravnava podnebnih dejavnikov srednje ranljivosti pa po presoji. Podrobnejša analiza izpostavljenosti in ranljivosti je izvedena za podnebne dejavnike, za katere je projekt ocenjen kot srednje in visoko občutljiv:

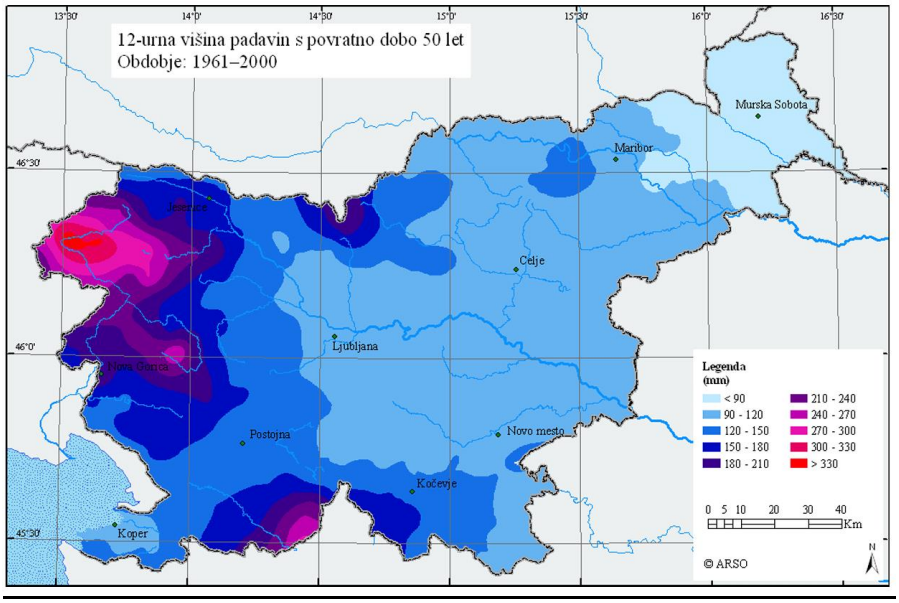
- ekstremne padavine
- poplave
- nestabilnost tal
- erozija tal
- ekstremno povečanje temperatur
- gozdni požari
- zmrzovanje
- žled
- nevihte
- ekstremne sunke vetra
- erozija tal

Ekstremne padavine

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na ekstremne padavine je v tabeli 10.

Tabela 9: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na ekstremne padavine (obstoječe stanje)

12-urna višina padavin s povratno dobo 50 let	Izpostavljenost
<90	ni/majhna izpostavljenost
90 - 150	srednja izpostavljenost
>150	velika izpostavljenost



Slika 6: 12-urna višina padavin s povratno dobo 50 let (1961 – 2000), ARSO /10/

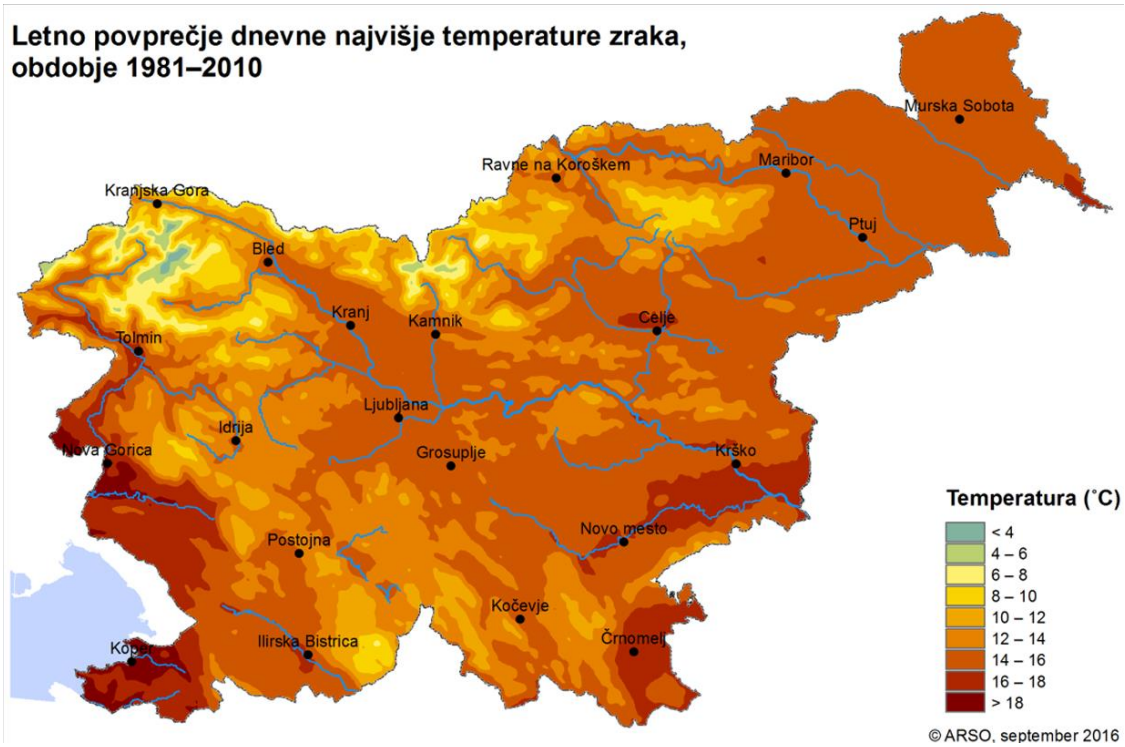
Ocenjena izpostavljenost projekta na ekstremne padavine je srednja.

Ekstremno povečanje temperature

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na ekstremne temperature je v tabeli 6.

Tabela 10: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na ekstremne temperature (obstoječe stanje)

Letno povprečje dnevne najvišje temperature zraka v ° C	Izpostavljenost
<12	ni/majhna izpostavljenost
12 - 18	srednja izpostavljenost
>18	velika izpostavljenost



Slika 7: Letno povprečje dnevne najvišje temperature zraka (1981-2010), ARSO-Urad za meteorologijo RS

Povprečna letna temperatura na širšem obravnavanem območje je 9,4°C, povprečna najvišja temperatura je 15,2°C. Na območju Postaje Velenje je bila absolutno najvišja temperatura izmerjena avgusta 2013 (37,3 °C).

Ocenjena izpostavljenost projekta na ekstremne temperature je srednja.

Ekstremni sunki vetra

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na sunke vetra je v tabeli 7.

Tabela 11: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na sunke vetra (obstoječe stanje)

Povprečni sunki vetra v m/s	Izpostavljenost
< 5	ni/majhna izpostavljenost
5 - 10	srednja izpostavljenost
>10	velika izpostavljenost

Na območju prevladujejo jugovzhodni vetrovi. Povprečna letna hitrost znaša 0,9 m/s, brezvetrje pa 15,6 %. Povprečna hitrost sunkov vetra (višina 10 m) je v Velenju v obdobju 1995-2004 dosegala 1,4 m/s, največji izmerjeni sunek bil 17,7 m/s.

Projekt leži na območju, kjer so povprečne hitrosti sunkov vetra 1,4 m/s, ocenjena izpostavljenost projekta na sunke vetra je majhna.

Nevihte

Močnejše nevihte lahko vplivajo na povzročitev škode na infrastrukturi. V primeru močnejših neurij (intenzivne padavine, sunki vetra, toča...) se lahko pojavi večja izpostavljenost infrastrukture, predvsem zaradi vplivov na geotehnične objekte. Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na nevihte je v tabeli 13.

Tabela 12: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na nevihte

Število dni z nevihto, maksimalna vrednost	Izpostavljenost
< 25	ni/majhna izpostavljenost
25 - 40	srednja izpostavljenost
>40	velika izpostavljenost

Najbližja klimatološka postaja s podatki o nevihtah je v Celju, kjer je bilo v obdobju med leti 1961 in 2004 letno povprečno 34 dni z nevihto in grmenjem, od tega največ v med majem in avgustom. toča pa povprečno pada en dan v letu.

Ocenjena izpostavljenost projekta na ekstremne nevihte je srednja.

Poplave

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na poplave je v tabeli 14. Območje ni poplavno ogroženo. izpostavljenost projekta na poplave je majhna.

Ocenjena izpostavljenost projekta na poplave je majhna.

Tabela 13: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na poplave (obstoječe stanje)

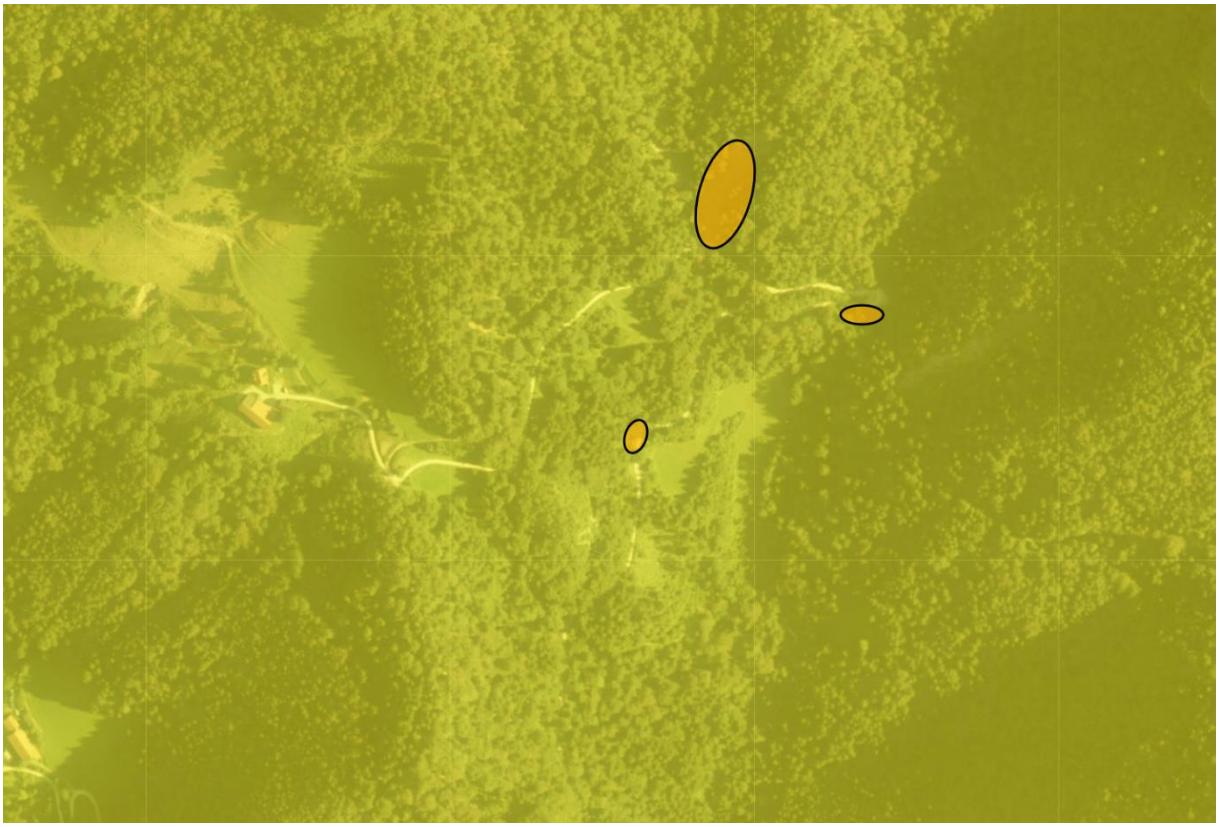
Območje pogostosti pojavljanja poplav	Izpostavljenost
Območje pogostih poplav	ni/majhna izpostavljenost
Območje redkih poplav	srednja izpostavljenost
Območje zelo redkih poplav	velika izpostavljenost

Nestabilnost tal in erozija

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na erozijo je v tabeli 15, na nestabilnost tal v tabeli 16.

Tabela 14: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na erozijo (obstoječe stanje)

Opozorilna karta erozije	Izpostavljenost
Območja običajnih zaščitnih ukrepov	ni/majhna izpostavljenost
Območja zahtevnejših zaščitnih ukrepov	srednja izpostavljenost
Območje strogega varovanja	velika izpostavljenost



Slika 8: Opozorilna karta erozije (vir: Geoportal ARSO)

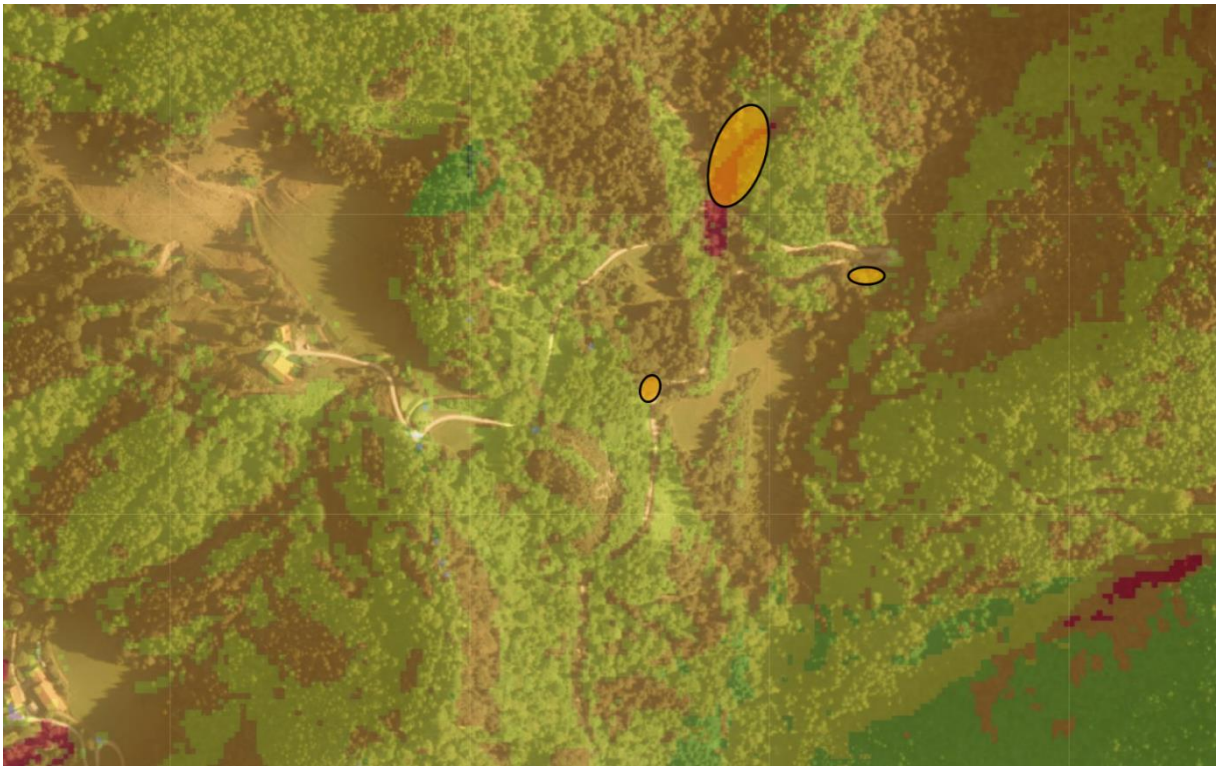
Na podlagi opozorilne karte erozije (Geoportal ARSO, slika 8) širše obravnavano območje spada v območje običajnih zaščitnih ukrepov.

Ocenjena izpostavljenost projekta na erozijo je majhna.

Tabela 15: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na nestabilnost tal (obstoječe stanje)

Verjetnost pojavljanja plazov	Izpostavljenost
Zelo majhna in majhna verjetnost	ni/majhna izpostavljenost
Srednja verjetnost	srednja izpostavljenost
Velika in zelo velika verjetnost	velika izpostavljenost

Karta verjetnosti pojavljanja plazov podaja potencialna plazovita območja za območje celotne Slovenije (slika 6) v petih razredih verjetnosti pojavljanja plazov (zelo velika, velika, srednja, majhna, zelo majhna verjetnost). Verjetnost je bila določena na podlagi litologije (30 %), naklona pobočja (25 %), tipa rabe tal (25 %), ukrivljenosti pobočja (10 %), oddaljenosti od strukturnih elementov (5 %) in usmerjenost pobočja (5 %). Glede na podatke GEOZS območje projekta leži na območju velike in zelo velike verjetnosti pojavljanja plazov.

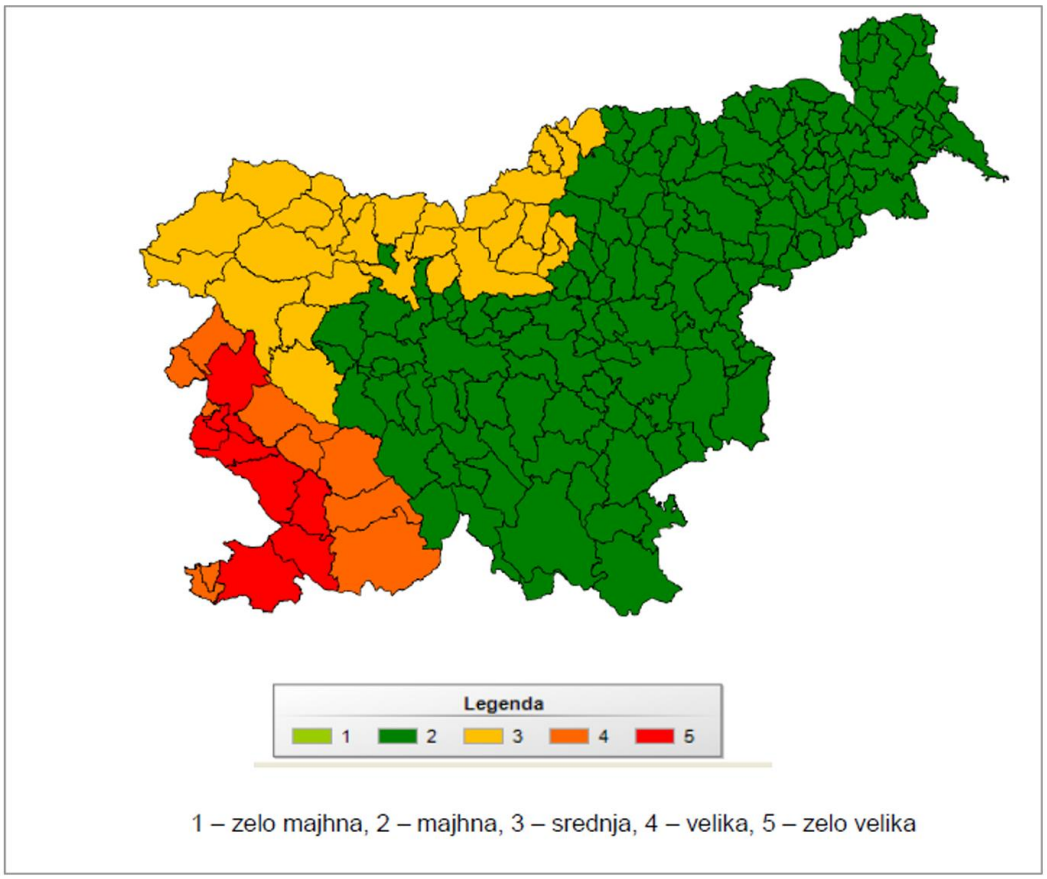


Slika 9: Karta verjetnosti pojavljanja plazov (vir: Geoportal ARSO /14/)

Ocenjena izpostavljenost projekta na nestabilnost tal je velika.

Gozdni požari

Gozdni požari vplivajo na osnovno infrastrukturo in posledično tudi na pomožno infrastrukturo, predvsem pa lahko povzročijo neprevoznost gozdnih cest. Zavod za gozdove Slovenije v skladu s 12. členom Pravilnika o varstvu gozdov (Uradni list RS, št. 114/2009) v okviru izdelave gozdnogospodarskih načrtov opravlja razvrstitev gozdov po stopnjah požarne ogroženosti v skladu z metodo iz Priloge 2 Pravilnika. Območje posega leži na območju majhne požarne ogroženosti. Razvrstitev gozdov po stopnjah požarne ogroženosti v Sloveniji je prikazana na sliki 10.



Slika 10: Razvrstitev gozdov po stopnjah požarne ogroženosti

Tabela 16: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na gozdne požare

Stopnja požarne ogroženosti	Izpostavljenost
1, 2 (zelo majhna ali majhna)	ni/majhna izpostavljenost
3 (srednja)	srednja izpostavljenost
4, 5 (velika ali zelovelika)	velika izpostavljenost

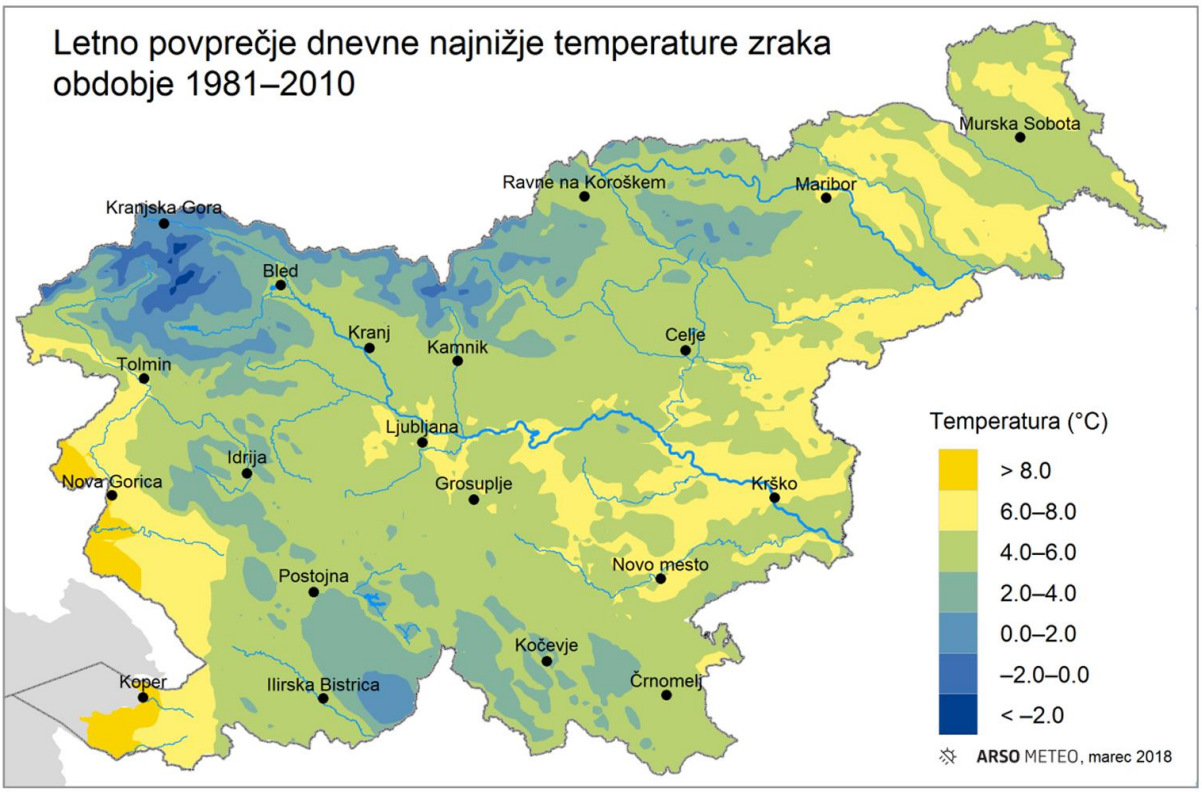
Ocenjena izpostavljenost projekta na gozdne požare je majhna.

Zmrzovanje

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na zmrzovanje je v tabeli 17, letno povprečje dnevne najnižje temperature zraka je prikazano na sliki 11.

Tabela 17: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na zmrzovanje (obstoječe stanje)

Letno povprečje dnevne najnižje temperature zraka v ˚C	Izpostavljenost
>5	ni/majhna izpostavljenost
5 - 0	srednja izpostavljenost
<0	velika izpostavljenost



Slika 11: Letno povprečje dnevne najnižje temperature zraka (1981-2010), Arhiv ARSO–Urad za meteorologijo RS

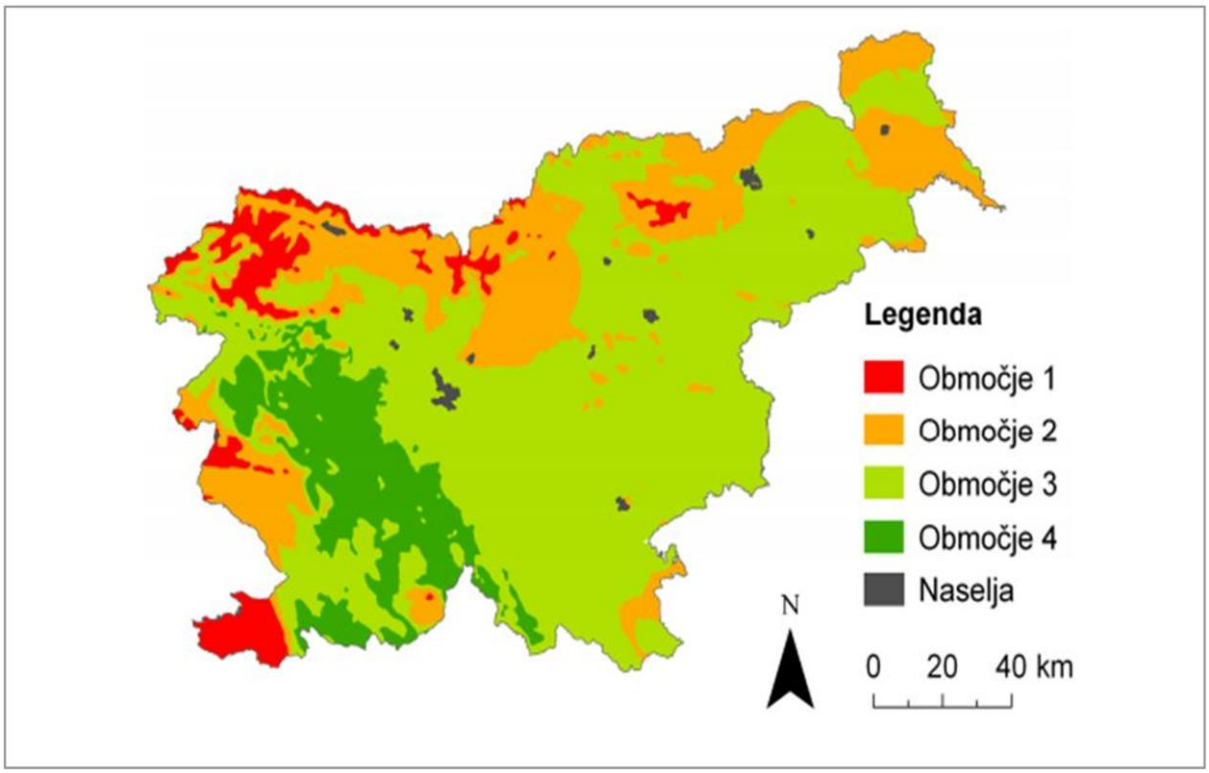
Povprečna letna temperatura na širšem območju je 9.4°C, povprečna najnižja temperatura je 4.6°C.Na območju padavinske postaje Gornji Grad je bila absolutno najnižja temperatura izmerjena leta 1985 (-24.3°C).

Projekt leži na območju, kjer so povprečne dnevne najnižje temperature zraka 4,6°C, ocenjena izpostavljenost projekta na zmrzovanje je srednja.

Žled

Za žled so najbolj občutljive gozdne ceste, saj so lahko zaradi podrtih dreves neprevozne. Srednje močan žled se v Sloveniji pojavlja vsakih nekaj let, močan žled, ki povzroča veliko gospodarsko škodo, pa približno na 10 do 20 let. Značilen je predvsem za jugozahodno Slovenijo, na območju severovzhodne Slovenije redkeje. Verjetnost pojavljanja žleda na območju SV Slovenije (slika 12) je povzeta po dokumentu:

- http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja% 20v%20Sloveniji/nesrece.pdf



Slika 12: Karta območij ogroženih zaradi žleda, obdobje 1961-2006 (vir: MOP-ARSO)

Ocenjena izpostavljenost projekta na žled je srednja.

Legenda:

- Območje 1: območje, kjer se žled ne pojavlja, ali se pojavlja zelo redko in v tanjših plasteh, tako da ne povzroča škode.

- Območje 2: območje, kjer se žled sicer pojavlja, vendar zelo redko povzroči manjšo škodo (enkrat na 10 let)

- Območje 3: območje, ker se žled pojavlja pogosto in v povprečju na 3 leta povzroči škodo.

- Območje 4: območje, kjer se žled, ki povzroča škodo, v povprečju pojavlja na 1-2 leti, razmeroma pogosto pa povzroči tudi večjo škodo.

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na žled je v tabeli 18.

Tabela 18: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na žled

Območje	Izpostavljenost
1, 2	ni/majhna izpostavljenost
3	srednja izpostavljenost
4	velika izpostavljenost

Ocena izpostavljenosti projekta za obstoječe stanje

Zaključujemo, da je izpostavljenost projekta v obstoječem stanju ocenjena kot:

- velika za nestabilnost tal/plazove

- srednja za ekstremne padavine, ekstremno povečanje temperatur, nevihte, zmrzovanje, žled

- majhna za ekstremne sunke vetra, poplave, erozijo tal in gozdne požare

Rezultati ocene izpostavljenosti projekta na podnebne spremembe v obstoječem stanju so v tabeli 20.

Tabela 19: Matrika izpostavljenosti za obstoječe stanje

Podnebni dejavnik	Izpostavljenost za obstoječe stanje
Ekstremne padavine	
Ekstremno povečanje temperature	
Ekstremni sunki vetra	
Nevihte	
Poplave	
Erozija tal	
Nestabilnost tal/plazovi	
Gozdni požari	
Zmrzovanje	
Žled	

Legenda:

	ni/majhna izpostavljenost
	srednja izpostavljenost
	velika izpostavljenost

T.2.5 Modul 2b: ocena izpostavljenosti – prihodnje stanje

T.2.5.1 Uvod

Izvedba projekta bila v Modulu 1 ocenjena kot na podnebne spremembe občutljiv infrastrukturni projekt. V Modulu 2a je za obstoječe stanje opredeljena srednja izpostavljenost na, ekstremne padavine, ekstremno povečanje temperatur, ekstremne sunke vetra, nevihte, poplave, nestabilnost tal/plazove, sušo, zmrzovanje, žled, medtem ko je ocena izpostavljenosti na gozdne požare majhna. Projekt ni visoko izpostavljen vplivu nobenega podnebnega dejavnika. Glede na to, da gre za občutljiv projekt s srednjo stopnjo izpostavljenosti, je skladno s smernicami ocenjena tudi izpostavljenost projekta v prihodnjem stanju, upoštevajoč pričakovane podnebne spremembe do sredine 21. stoletja.

V nadaljevanju so opisane pričakovane spremembe podnebja na območju projekta, na podlagi teh podatkov in opredeljene izpostavljenosti za obstoječe stanje je bila ocenjena izpostavljenost projekta za prihodnje stanje. Ocena pričakovanih sprememb podnebja je povzeta iz dokumentov:

- http://www.eea.europa.eu/themes/climate/european-climate-adaptation-platform-climate-adapt
- Ocena podnebnih sprememb do sredine 21. stoletja za obravnavano območje

Pričakovane spremembe podnebja so ocenjene na podlagi referenčnih podatkov regionalnih podnebnih modelov, ki jih ARSO uporablja pri primerljivih napovedih podnebnih sprememb upoštevajoč podatke o ekstremnih temperaturah in padavinah v 50 letni povratni dobi (www.arso.si).

T.2.5.2 Pričakovane spremembe podnebja

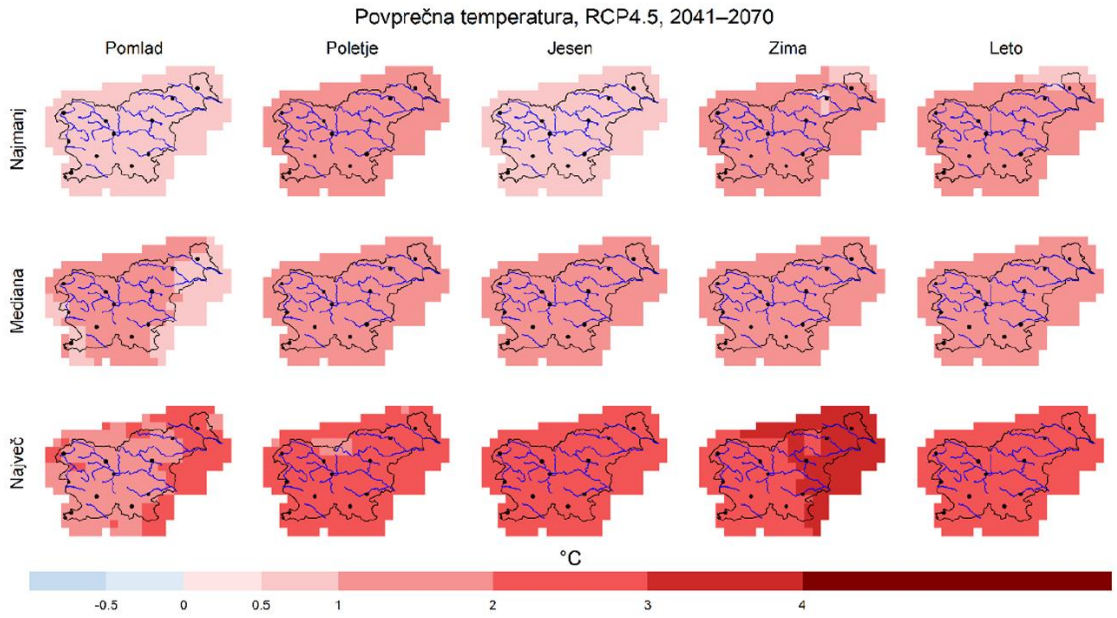
Pričakovane spremembe podnebja so podane na podlagi elaborata Ocena podnebnih sprememb do sredine 21. stoletja (ARSO). Dejavniki, ki vplivajo na podnebje, se delijo na naravne in človekove, pri čemer so slednji prispevali večji delež k trenutnim podnebnim spremembam in zelo verjetno bo tako tudi v prihodnje. S pomočjo določenih predpostavk o gibanju prebivalstva in ekonomsko-gospodarskem razvoju družbe lahko prek izpustov TGP in drugih projektov v okolje ocenimo človekov vpliv na podnebje v prihodnosti. Na tej podlagi lahko določimo možne scenarije podnebnih sprememb.

Podnebni scenarij je definiran kot verjeten in pogosto poenostavljen opis prihodnjega podnebja, ki temelji na razumljivih in smiselnih predpostavkah o povezavah med dejavniki podnebja in omogoča ocenjevanje predvidenih posledic človeško pogojenih sprememb podnebja. Pričakovana sprememba temperatur, padavin in vetrovnih razmer za sredino 21. stoletja za Slovenijo temelji na rezultatih regionalnih podnebnih modelov projekta EuroCordex. Vodoravna ločljivost regionalnih modelov je približno 14 km, obdobje modeliranja je za večino modelov 1961-2100, za nekatere 1971-2100. Povprečne vrednosti se v klimatologiji običajno podajajo za tridesetletno obdobje. Tako so za sredino stoletja povprečne vrednosti podane za obdobje 2041-2070, ekstremne vrednosti pa so ocenjene za leto 2050. Ocena pričakovanih podnebnih sprememb je izdelana za zmerno optimističen scenarij RCP4.5, ki predpostavlja znatne blažilne ukrepe glede izpustov TGP. Na ta način se upošteva tudi tveganje, da

države ne bodo zmogle v celoti izpolniti zavez glede izpustov TGP. V primeru vseh izpolnjenih zavez bi namreč potek izpustov TGP sledil optimističnemu scenariju RCP2.6.

Temperaturne razmere

Podnebni scenariji kažejo, da se bo Slovenija v prihodnosti še naprej ogrevala. V prihodnjem tridesetletju (2011–2040) se bo letna povprečna temperatura v primerjavi z obdobjem 1981–2010 dvignila za približno 1 °C. Do sredine 21. stoletja (obdobje 2041–2070) se bo Slovenija na letni ravni ogrela za 2 °C, pri čemer je negotovost spremembe ocenjena na ±0,5 °C.



Slika 13: Ocenjene spremembe povprečne temperature (v °C) v obdobju 2041-2070 v primerjavi z obdobjem 1981-2010 (vir: MOP-ARSO)

Podnebni scenariji in metodologija

- **Podnebni scenariji**:
  - Ocena pričakovanih podnebnih sprememb je izdelana za zmerno optimističen scenarij RCP4.5, ki predpostavlja znatne blažilne ukrepe glede izpustov toplogrednih plinov (TGP).
  - Povprečne vrednosti za sredino stoletja so podane za obdobje 2041–2070, ekstremne vrednosti pa so ocenjene za leto 2050.
  - Srednje vrednosti vseh modelskih ocen kažejo dokaj enakomeren dvig temperature poleti, jeseni in pozimi ter nekoliko manj izražen dvig temperature spomladi.

Ekstremne temperature

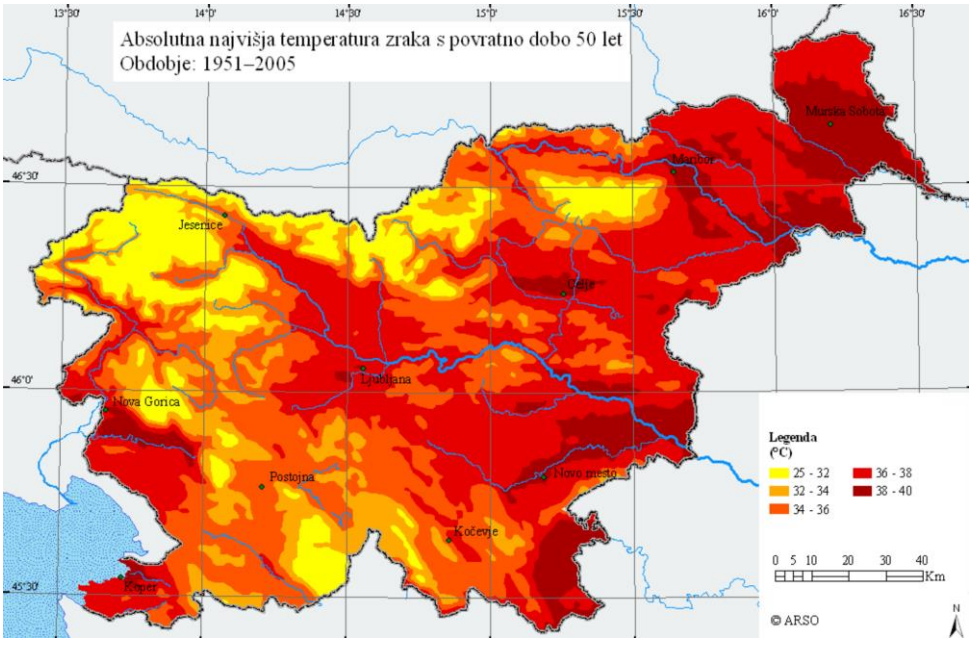
- **Povečanje ekstremnih temperatur:**
  - Najvišja dnevna temperatura s povratno dobo 50 let bo na območju v današnjem podnebju (obdobje 1961–2005) znašala med 35–38 °C.
  - Do leta 2050 se bo najvišja dnevna temperatura s povratno dobo 50 let povečala za približno 0,30 °C/desetletje, kar pomeni, da bo do sredine stoletja znašala med 38–41 °C.
  - Najnižja dnevna temperatura s povratno dobo 50 let se bo prav tako dvignila, vendar je ta sprememba manj izrazita.

Število vročih dni

- **Pričakovane spremembe v številu vročih dni:**
  - Vročih dni (dnevi z najvišjo dnevno temperaturo ≥ 30 °C) se bo povečalo za približno 20 dni letno do sredine stoletja.
  - Absolutna najvišja temperatura na območju v preteklosti je bila 37,3 °C, pričakuje se, da bodo v prihodnosti podobne vrednosti dosežene pogosteje.

Nočne temperature

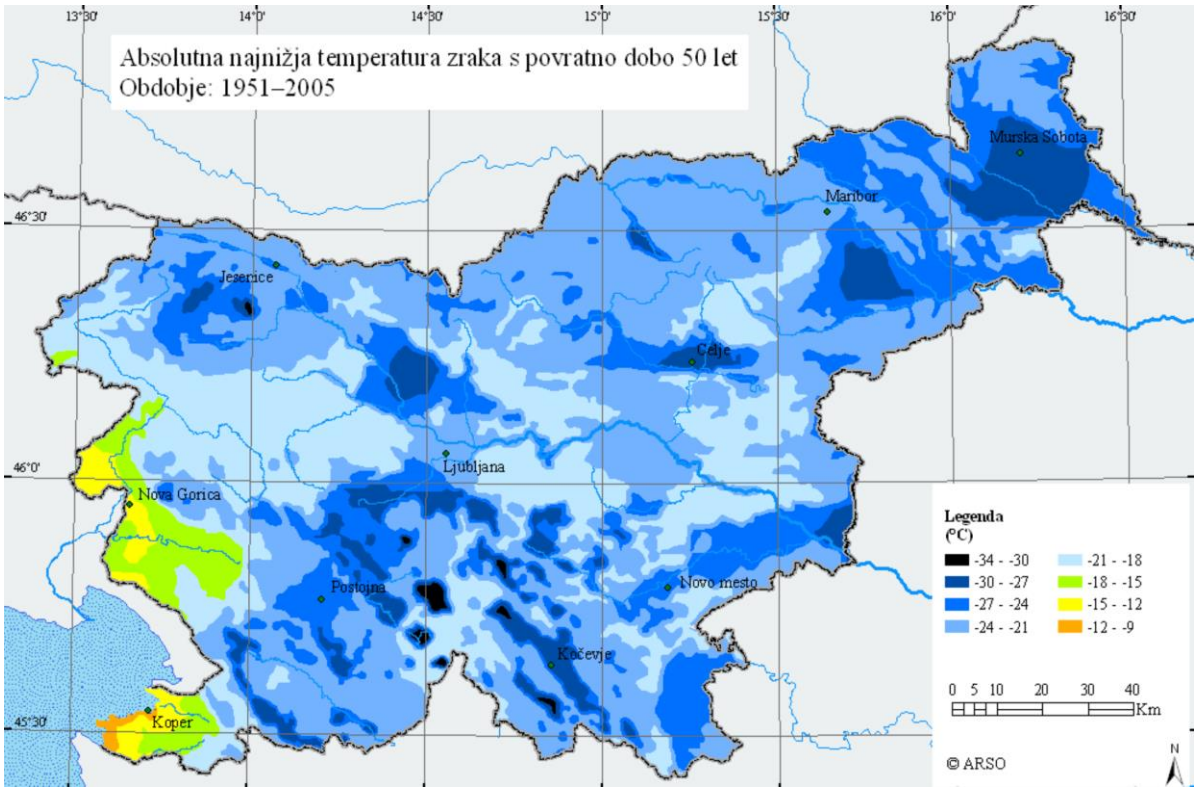
- **Povečanje nočnih temperatur:**
  - Povprečna najnižja temperatura bo prav tako narasla, kar bo vplivalo na število dni z minimalnimi temperaturami nad 20 °C (tropične noči).
  - Povečanje najnižjih nočnih temperatur bo vplivalo na kvaliteto spanja in povečalo obremenitve zaradi toplotnega stresa.



Slika 14: Najvišja temperatura zraka (v °C) s povratno dobo 50 let v obdobju 1961 – 2005 (vir: MOP-ARSO)

Tabela 20: Ocene za najvišjo temperaturo zraka s povratno dobo 50 let po scenariju RCP4.5 leta 2050 glede na vrednosti najvišje temperature v današnjem podnebju

T_{danes} (°C)	Ocena T_{2050} (°C)	Srednja vrednost ocene T_{2050} (°C)
35-36	35,8-38,3	36,5-37,5
36-37	36,8-39,3	37,5-38,5
37-38	37,8-40,3	38,5-39,5



Slika 15: Najnižja temperatura zraka (v °C) s povratno dobo 50 let v obdobju 1961 – 2005 (vir: MOP-ARSO)

Tabela 21: Ocene za najnižjo temperaturo zraka s povratno dobo 50 let po scenariju RCP4.5 leta 2050 glede na vrednosti najnižje temperature v današnjem podnebju

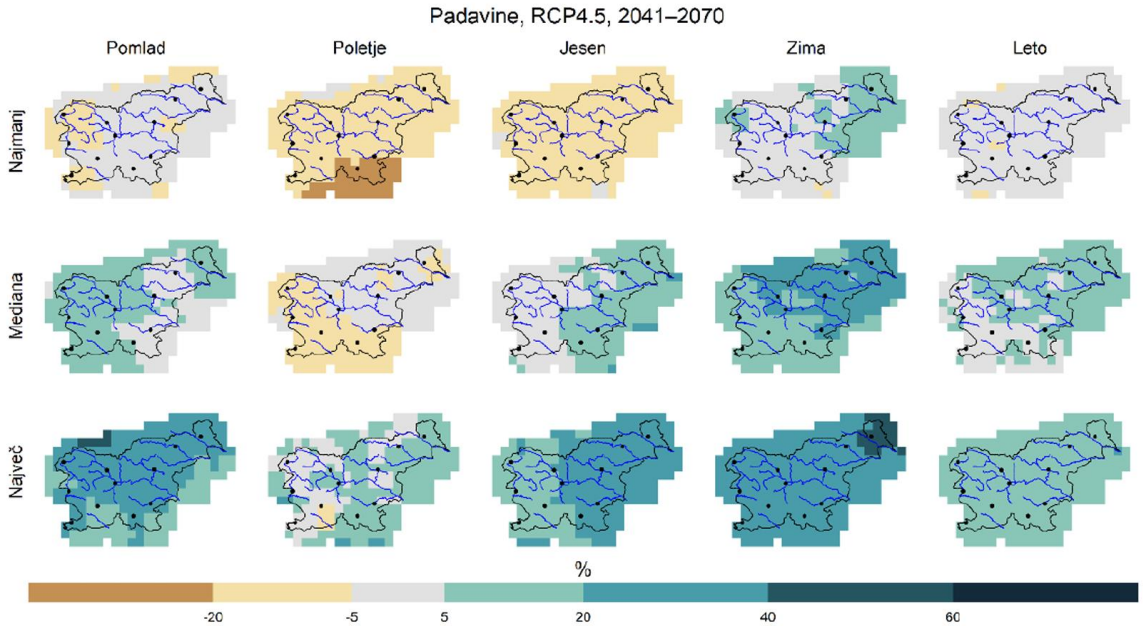
T_{danes} (°C)	Ocena T_{2050} (°C)	Srednja vrednost ocene T_{2050} (°C)
-35 - -32	-34,5 - -29,1	-33,4 - -30,3
-32 - -29	-31,5 - -26,1	-30,4 - -27,3
-29 - -26	-28,5 - -23,1	-27,4 - -24,3
-26 - -23	-25,5 - -20,1	-24,4 - -21,3

Padavine

Podnebni scenariji kažejo, da se bodo padavinski vzorci v Sloveniji v prihodnosti pomembno spremenili. Pričakovane spremembe temeljijo na regionalnih podnebnih modelih projekta EuroCordex, ki predvidevajo tako letne kot sezonske spremembe padavin do sredine 21. stoletja (obdobje 2041-2070).

Pričakovane spremembe padavin

- **Letne spremembe**:
  - Na letni ravni se spremembe padavin kažejo šele v drugem tridesetletnem obdobju (2041-2070), ko se bo količina padavin povečala v vzhodni polovici Slovenije.
  - Pričakovano je povečanje letne količine padavin, predvsem v zimskih mesecih, medtem ko se poleti pričakuje rahlo zmanjšanje.
- **Sezonske spremembe**
  - **Zima**:
    - Količina padavin se bo pozimi povečala, kar bo vplivalo na pogostost in intenzivnost snežnih padavin ter morebitno povečanje zimske erozije in poplav.
  - **Poletje:**
    - Poleti se pričakuje rahlo zmanjšanje količine padavin, vendar pa se bo povečala intenzivnost kratkotrajnih nalivov, kar povečuje tveganje za poletne poplave in erozijo tal.
  - **Jeseni in pomladi**:
    - Pričakovane spremembe so manj izrazite, vendar se predvideva povečanje intenzivnosti padavin v jesenskih mesecih, kar lahko vodi do povečane erozije tal in poplav.



Slika 16: Odstopanje povprečnih padavin obdobja 2041–2070 v primerjavi s povprečjem obdobja 1981–2010

Ekstremne padavine

- **12-urne in 24-urne padavine:**
    - Pričakovane spremembe v ekstremnih padavinah so ocenjene s pomočjo povratnih dob, ki kažejo na povečanje intenzivnosti ekstremnih padavin.
    - Ekstremne 12-urne padavine s povratno dobo 100 let se bodo povečale iz 139 mm na 142 mm.
    - Ekstremne 24-urne padavine s povratno dobo 100 let se bodo povečale iz 176 mm na 179 mm.
- **Kratkotrajni nalivi:**
    - Analize kažejo, da se bodo kratkotrajni nalivi (15 minut do nekaj ur) povečali z naraščanjem temperature. Na podlagi fizikalnega zakona (Clausius-Clapeyronova enačba) se pričakuje, da bo kapaciteta ozračja za zadrževanje vlage naraščala približno s stopnjo 7 % za vsako stopinjo povečanja temperature.

Ocene prihodnjih vrednosti ekstremnih padavin

- **15-minutni nalivi:**
    - Sedanja vrednost za 15-minutne nalive s povratno dobo 100 let je 35 mm. Pričakuje se, da se bo ta vrednost do leta 2050 povečala na 37-43 mm.

Vetrovne razmere

Podnebni scenariji in analize kažejo, da bodo spremembe v vetrovnih razmerah vplivale na obravnavano območje. Zaradi hitrejšega ogrevanja polarnih od ekvatorialnih območij in posledično manjšega gradienta temperature in tlaka, je za svetovno raven ocenjeno, da se bo povprečna hitrost vetra v celotni troposferi do konca 21. stoletja znižala do 15 %. Na nivoju Evrope resnih študij o spremembi povprečne hitrosti vetra ni objavljenih, saj večina podnebnih modelov ne daje jasnega signala za spremembe.

Pričakovane spremembe vetrovnih razmer

- **Povprečna hitrost vetra:**
    - Za območje Evrope ni pričakovati bistvenih sprememb v povprečni hitrosti vetra, saj podnebni modeli ne kažejo jasnega trenda.
    - Na svetovni ravni se pričakuje znižanje povprečne hitrosti vetra za do 15 % do konca 21. stoletja.

- **Ekstremne hitrosti vetra:**
    - Pričakovati je povečanje pogostosti in intenzivnosti ekstremnih vetrov, ki so povezani z lokalnimi vremenskimi pojavi, kot so nevihte.

- Ekstremni vetrovi v Sloveniji so večinoma povezani z lokalnimi procesi, ki jih sodobni regionalni podnebni modeli težko simulirajo.
- Za območje Slovenije ni pričakovati bistvenih sprememb v pogostosti ali intenzivnosti ekstremnih vetrov, razen v primerih lokalnih poletnih neurij, burje v Primorski in karavanškega fena pod Karavankami.

Nevihte

Podnebne spremembe bodo vplivale tudi na pogostost in intenzivnost neviht na območju. Analize kažejo, da bodo nevihte, ki jih spremljajo ekstremne padavine in močni sunki vetra, postale pogostejše in bolj intenzivne.

Pričakovane spremembe neviht

- **Pogostost in intenzivnost neviht:**
  - Negotovost scenarijev sprememb ekstremnih vremenskih dogodkov je še nekoliko večja kot pri spremembah povprečij.
  - Na osnovi modelskih simulacij se ocenjuje, da se bo pogostost razmer, ki so primerne za razvoj močnih neviht, povečala.
  - Pričakuje se povečanje števila dni z močnimi nevihtami

Vpliv neviht na projekt

- **Ekstremne padavine:**
  - Nevihtni dogodki prinašajo ekstremne padavine, ki lahko povzročijo poplave in erozijo tal.
  - Projekt leži na območju, kjer so povprečne 12-urne višine padavin s povratno dobo 50 let med 90 in 120 mm, kar predstavlja srednjo izpostavljenost.
  - Ekstremne padavine lahko povzročijo poškodbe cestne infrastrukture, zamašitev drenažnih sistemov in potrebo po dodatnih ukrepih za obvladovanje poplav.
- **Sunki vetra:**
  - Močni sunki vetra, ki spremljajo nevihte, lahko poškodujejo infrastrukturo, vključno z mostovi, viadukti in drugimi visokimi konstrukcijami.
  - Povprečna hitrost sunkov vetra na obravnavanem območju je 1,4 m/s, največji izmerjeni sunek pa 17,7 m/s.
  - Pričakuje se, da bo izpostavljenost projekta na sunke vetra v prihodnjem stanju ostala srednja, vendar bo potrebno upoštevati možnost povečanja ekstremnih vetrovnih dogodkov.

Poplave, erozija in plazovi

Ekstremne padavine močno vplivajo na poplave, erozijo tal in zemeljske plazove, kar lahko povzroči škodo na infrastrukturi. Hidrološke študije zadnjih dveh desetletij kažejo na porast visokih voda, kar nakazuje spremembe v padavinskih ekstremih. Te spremembe so najbolj očitne poleti, ko se v večini Slovenije, razen na severozahodu, zmanjšuje višina ekstremnih padavin. Statistično značilno zmanjšanje je opazno v osrednji in vzhodni Sloveniji. Na nekaterih postajah je zmanjšanje dvodnevnih ekstremnih padavin zelo veliko, do 10 % na desetletje. Spomladi in pozimi so spremembe bolj raznolike: spomladi je najmočnejše zmanjšanje na severozahodu, medtem ko na jugu in vzhodu rahlo narašča. Jeseni je rahlo povečevanje dvodnevnih ekstremov, pozimi pa sprememb ni.

Analiza padavinskih dogodkov z vsaj 20 mm padavin v enem dnevu kaže, da se spomladi in poleti število takih dni zmanjšuje po vsej državi, vendar te spremembe niso statistično značilne. Poleti je upad dni z vsaj 20 mm padavin večji, na nekaterih postajah za en do dva dni na desetletje. Jeseni je na zahodu države zaznati zmanjšanje števila dni z vsaj 20 mm padavin, vendar to ni statistično značilno, medtem ko v vzhodni polovici ni zaznati trenda zmanjševanja. Pozimi je na severozahodu opazno zmanjšanje števila dni z vsaj 20 mm padavin, drugod po Sloveniji pa pozimi ni sprememb v številu takih dni.

T.2.5.3 Ocena izpostavljenosti projekta za prihodnje stanje

Ekstremne padavine

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na ekstremne padavine je enaka kot za obstoječe stanje.

Tabela 22: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na ekstremne padavine (prihodnje stanje)

12-urna višina padavin s povratno dobo 50 let	Izpostavljenost
<90	ni/majhna izpostavljenost
90 - 150	srednja izpostavljenost
>150	velika izpostavljenost

Projekt se nahaja na območju, kjer so povprečne 12-urne višine padavin s povratno dobo 50 let med 90 in 120 mm. Izpostavljenost projekta na ekstremne padavine v obstoječem stanju je ocenjena kot srednja.

V prihodnosti se pričakuje povečanje 12-urnih padavin, vendar bo izpostavljenost projekta ostala srednja.

Ekstremno povečanje temperature

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na ekstremne temperature je enaka kot za obstoječe stanje in je v tabeli 27.

Tabela 23: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na ekstremne temperature (prihodnje stanje)

Letno povprečje dnevne najvišje temperature zraka v ˚ C	Izpostavljenost
<12	ni/majhna izpostavljenost
12 - 18	srednja izpostavljenost
>18	velika izpostavljenost

Projekt leži na območju, kjer so obstoječe povprečne dnevne najvišje temperature zraka do 15.2°C, ocenjena obstoječa izpostavljenost projekta na ekstremne temperature je srednja.

Ob povečanju maksimalne temperature do 2.2°C do leta 2100, ocenjujemo, da bo izpostavljenost projekta na ekstremne temperature tudi v prihodnjem stanju srednja.

Ekstremni sunki vetra

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na sunke vetra je enaka kot za obstoječe stanje in je v tabeli 27.

Tabela 24: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na sunke vetra (prihodnje stanje)

Povprečni sunki vetra v m/s	Izpostavljenost
< 5	ni/majhna izpostavljenost
5 - 10	srednja izpostavljenost
>10	velika izpostavljenost

Povprečni sunki vetra v obstoječem stanju so 1,4 m/s. Izpostavljenost projekta na sunke vetra v prihodnosti ostane majhna, saj ni pričakovati bistvenih sprememb v povprečni hitrosti vetra.

Na nivoju Evrope relevantnih študij o spremembi povprečne hitrosti vetra ni, izpostavljenost projekta na vetrovne razmere v prihodnjem stanju tako ostane majhna.

Nevihte

Negotovost scenarijev sprememb ekstremnih vremenskih dogodkov je še nekoliko večja kot pri spremembah povprečij.

Ocenjena izpostavljenost projekta na ekstremne nevihte v prihodnem stanju je predvsem v povezavi z ekstremnimi padavinami in sunki vetra ocenjena kot srednja.

Tabela 25: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na nevihte (prihodnje stanje)

Število dni z nevihto, maksimalna vrednost	Izpostavljenost
< 25	ni/majhna izpostavljenost
25 - 40	srednja izpostavljenost
>40	velika izpostavljenost

Poplave

Ocenjena izpostavljenost projekta na poplave je majhna. Intenzivnost ekstremnih padavin se bo v prihodnosti povečala tako, vendar ocenjujemo, da bo izpostavljenost ostala majhna.

Tabela 26: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na poplave (prihodnje stanje)

Območje pogostosti pojavljanja poplav	Izpostavljenost
Območje pogostih poplav	ni/majhna izpostavljenost
Območje redkih poplav	srednja izpostavljenost
Območje zelo redkih poplav	velika izpostavljenost

Nestabilnost tal in erozija

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na erozijo je v tabeli 31, na nestabilnost tal v tabeli 32.

Tabela 27: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na erozijo (prihodnje stanje)

Opozorilna karta erozije	Izpostavljenost
Območja običajnih zaščitnih ukrepov	ni/majhna izpostavljenost
Območja zahtevnejših zaščitnih ukrepov	srednja izpostavljenost
Območje strogega varovanja	velika izpostavljenost

Na podlagi opozorilne karte erozije (Geoportal ARSO, slika 9) širše obravnavano območje spada v območje običajnih zaščitnih ukrepov. **Kljub povečani intenziteti v prihodnosti ocenjujemo, da bo ostala izpostavljenost na erozijo tal majhna.**

Tabela 28: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na nestabilnost tal (prihodnje stanje)

Verjetnost pojavljanja plazov	Izpostavljenost
Zelo majhna in majhna verjetnost	ni/majhna izpostavljenost
Srednja verjetnost	srednja izpostavljenost
Velika in zelo velika verjetnost	velika izpostavljenost

Glede na podatke GEOZS območje projekta leži na območju velike in zelo velike verjetnosti pojavljanja plazov.

Ocenjujemo, da bo ostala izpostavljenost na nestabilnost tal velika.

Gozdni požari

Območje posega leži na območju majhne požarne ogroženosti. Ocenjujemo, da bo izpostavljenost projekta na požare ostala **majhna**.

Tabela 29: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na gozdne požare

Stopnja požarne ogroženosti	Izpostavljenost
1, 2 (zelo majhna ali majhna)	ni/majhna izpostavljenost
3 (srednja)	srednja izpostavljenost
4, 5 (velika ali zelovelika)	velika izpostavljenost

Zmrzovanje

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na zmrzovanje je v tabeli 32.

Tabela 30: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na zmrzovanje (prihodnje stanje)

Letno povprečje dnevne najnižje temperature zraka v ˚C	Izpostavljenost
>5	ni/majhna izpostavljenost
5 - 0	srednja izpostavljenost
<0	velika izpostavljenost

Projekt leži na območju, kjer so povprečne dnevne najnižje temperature zraka 4.6°C, ocenjena izpostavljenost projekta na zmrzovanje je srednja. **Zaradi povečanja najnižjih temperatur do leta 2050, ocenjujemo, da bo izpostavljenost projekta na zmrzovanje v prihodnjem stanju majhna.**

Žled

Območje projekta leži v območju 3 ogroženosti zaradi žleda. Po oceni se na tem območju žled pojavlja pogosto v povprečju na 3 leta in v povprečju na 3 leta povzroči škodo. Ocenjena izpostavljenost projekta na žled je srednja.

Ocenjena izpostavljenost projekta na žled je srednja.

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na žled je v tabeli 28.

Tabela 31: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na žled

Območje	Izpostavljenost
1, 2	ni/majhna izpostavljenost
3	srednja izpostavljenost
4	velika izpostavljenost

Ocena izpostavljenosti

Izpostavljenost projekta za prihodnje stanje je bila ocenjena ob upoštevanju razpoložljivih podatkov in predhodno opredeljenih izpostavljenosti v obstoječem stanju. Izpostavljenost projekta na prihodnje stanje je prikazana v tabeli 32.

Tabela 32: Matrika izpostavljenosti za prihodnje stanje

Podnebni dejavnik	Izpostavljenost za obstoječe stanje
Ekstremne padavine	
Ekstremno povečanje temperature	
Ekstremni sunki vetra	
Nevihte	
Poplave	
Erozija tal	
Nestabilnost tal/plazovi	
Gozdni požari	
Zmrzovanje	
Žled	

Legenda:

	ni/majhna izpostavljenost
	srednja izpostavljenost
	velika izpostavljenost

Izpostavljenost projekta se z upoštevanjem pričakovanih podnebnih sprememb glede na obstoječe stanje ne bo bistveno povečala oziroma spremenila.

Glede na to, da se v prihodnosti zaradi podnebnih sprememb pričakuje predvsem več ekstremnih vremenskih pojavov, na katere je projekt izpostavljen že sedaj, je ocenjeno, da bo projekt v prihodnosti izpostavljen enakim podnebnim dejavnikom kot v obstoječem stanju:

Zaključujemo, da je izpostavljenost projekta v prihodnjem stanju ocenjena kot:

- velika za nestabilnost tal/plazove

- srednja za ekstremne padavine, ekstremno povečanje temperatur, nevihte, nestabilnost tal/plazove, žled

- majhna za ekstremne sunke vetra, poplave, erozijo tal, zmrzovanje in gozdne požare

V prihodnjem stanju je sprememba le glede izpostavljenosti na mraz, ki bo majhna.

T.2.6 MODUL 3: ANALIZA RANLJIVOSTI

T.2.6.1 Modul 3a: analiza ranljivosti – obstoječe stanje

Ranljivost je opredeljena z matrikami glede na stopnjo občutljivosti in izpostavljenost izhodiščnim podnebnim dejavnikom/sekundarnim učinkom. Izhodiščna matrika za oceno ranljivosti projekta na podnebne dejavnike je v tabeli 35.

Tabela 33: Metodološka matrika ranljivosti

Stopnja ranljivosti		Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		Ni	Srednja	Velika
	Ni			
	Srednja			
	Velika			

Pri oceni ranljivosti se upošteva, da je stopnja ranljivosti srednja ali velika, če projekt vsaj deloma posega na območje z veliko ali srednjo občutljivostjo in je vsaj v delu območja projekta ocenjena srednja ali velika izpostavljenost.

Ranljivost (R) se izračuna kot: R = O x I

kjer je [O] stopnja občutljivosti projekta in [I] izpostavljenosti podnebnim dejavnikom. Analiza ranljivosti je izdelana za vse dejavnike, na katere je izvedba projekta pomembneje občutljiva:

Tabela 34: Matrike ranljivosti projekta za obstoječe stanje

Ekstremne padavine	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Ekstremno povečanje temperature	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Ekstremni sunki vetra	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Nevihte	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Poplave	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Erozija tal	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Nestabilnost tal	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Gozdni požari	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Zmrzovanje	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Žled	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Podatki o analizi ranljivosti projekta na podnebne dejavnike za obstoječe stanje so v tabeli 36. Pri oceni ranljivosti projekta za obstoječe stanje je upoštevano obstoječe stanje na območju projekta, obstoječe naravne danosti in obstoječe klimatske razmere.

T.2.6.2 Modul 3b/1: analiza ranljivosti – prihodnje stanje

Podobno kot v pri analizi ranljivosti za obstoječe stanje je ocenjena tudi ranljivost projekta z upoštevanjem podatkov o pričakovanih podnebnih spremembah v dolgoročnem obdobju. Ranljivost je opredeljena z matrikami glede na stopnjo občutljivosti in ocenjeno izpostavljenostjo za pričakovani podnebni scenarij v prihodnjem obdobju. Podatki o analizi ranljivosti projekta na podnebne dejavnike za obstoječe stanje so v tabeli 34, za prihodnje stanje v tabeli 35. Izpostavljenost projekta se z

upoštevanjem pričakovanih podnebnih sprememb glede na obstoječe stanje ne bo bistveno povečala oziroma spremenila.

Tabela 35: Matrike ranljivosti projekta za prihodnje stanje

Ekstremne padavine	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Ekstremno povečanje temperature	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Ekstremni sunki vetra	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Nevihte	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Poplave	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Erozija tal	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Nestabilnost tal	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Gozdni požari	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Zmrzovanje	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

Žled	Ni	Srednja	Velika
	IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST	Ni	Srednja	Velika
Ni			
Srednja			
Velika			

T.2.7 MODUL 4: OCENA TVEGANJA

T.2.7.1 Uvod

Ocena tveganja je izvedena z ocenjevanjem verjetnosti pojavov in posledic pojavov, ki so povezana z nevarnostmi, opredeljenimi v analizi izpostavljenosti in analizi ranljivosti s poudarkom na prepoznavanju tveganj, ki so povezana z ocenjeno pomembnejšo ranljivostjo posega.

Glede na rezultate analize ranljivosti je za dejavnika ekstremne padavine in nestabilnost tal ranljivost ocenjena kot velika.

Ocena posledic je opredeljena kot:

1 – nepomembna

2 – majhna

3 – srednja

4 – velika

5 – uničujoča

Tabela 36: Matrika ocene posledic pojava

	1	2	3	4	5
	nepomembne	**majhne**	**srednje**	**velike**	**uničujoče**
Opis	Minimalen vpliv, ki se izniči skozi normalno delovanje	Dogodek, ki vpliva na projektno delovanje in ima lokalen vpliv z začasnim trajanjem	Resen dogodek, ki zahteva dodatne ukrepe za uravnavanje delovanja in se kaže v zmernem vplivu	Kritičen dogodek, ki zahteva izvenserijsko prilagoditev, ki se odraža v prostorsko večjem obsegu ali časovno daljšem vplivu	Nesreča, s potencialom, da se delovanje ustavi ali poškoduje infrastruktura in ustvari večjo in dolgotrajno škodo

Ocena verjetnosti pojava:

1 – redko

2 – malo verjetno

3 – možno

4 – verjetno

5 – zagotovo

Tabela 37: Matrika ocene verjetnosti pojava

	1	2	3	4	5
	redko	**malo verjetno**	**možno**	**verjetno**	**zagotovo**
Opis	Velika verjetnost, da se dogodek ne zgodi	V okviru sedanjih informacij in postopkov se pojav verjetno ne bo zgodil	Dogodek se dogaja v podobnih okoljih in razmerah.	Dogodek se bo zgodil z večjo verjetnostjo kot neverjetnostjo.	Dogodek se bo skoraj zagotovo zgodil, možno tudi večkrat

Podrobnejša metodologija določanja posledic in verjetnosti je navedena v nadaljevanju za vsako področje posebej. Tveganje je opredeljeno skladno z matriko, kot jo opredeljujejo Smernice v Annex VI: Example risk matrix.

Tabela 38: Matrika ocene tveganja

	Verjetnost	Redko	Malo verjetno	Možno	Verjetno	Zagotovo
Posledica		1	2	3	4	5
Neznatno	1	1	2	3	4	5
Majhno	2	2	4	6	8	10
Srednje	3	3	6	9	12	15
Veliko	4	4	8	12	16	20
Uničujoče	5	5	10	15	20	25

Legenda:

1-3	Zanemarljivo tveganje
4-6	Majhno tveganje
7-10	Zmerno tveganje
11-17	Veliko tveganje
18-25	Izjemno tveganje

T.2.7.2 Ocena tveganja

Območje leži v srednji izpostavljenosti za:

- ekstremne padavine
- ekstremno povečanje temperature
- nevihte
- nestabilnost tal/plazove
- žled

Območje leži v majhni izpostavljenosti za:

- ekstremni sunki vetra
- gozdni požari
- zmrzovanje
- poplave
- erozija tal

Ocena tveganja je za ekstremne sunke vetra, zmrzovanje, gozdne požare in žled ocenjena kot zanemarljiva, za ekstremno povečanje temperature , ekstremne padavine, erozijo tal, nevihte in nestabilnost tal/plazove pa kot majhna.

Tabela 39: Ocena tveganja

	Verjetnost	Redko	Malo verjetno	Možno	Verjetno	Zagotovo
Posledica		1	2	3	4	5
Neznatno	1	poplave,	gozdni požari, zmrzovanje	ekstremni sunki vetra, žled	nevihte, erozija tal,	ekstremne padavine, ekstremno povečanje temperature, nestabilnost tal
Majhno	2					
Srednje	3					
Veliko	4					
Uničujoče	5					

T.3 SKLEPNA OCENA

Ocena tveganja je bila izdelana z namenom priprave potrebnih ukrepov za zagotovitev odpornosti posega na pričakovane podnebne spremembe. Izvedena je bila analiza občutljivosti, izpostavljenosti, ranljivosti in tveganja posega na podnebne spremembe. Upoštevani so bili vsi razpoložljivi podatki glede na pričakovane scenarije podnebnih sprememb v območju posega.

Projekt je občutljiv na naslednje dejavnike:

- velika občutljivost: ekstremne padavine, poplave, erozija tal, nestabilnost tal/plazovi
- srednja občutljivost: ekstremne padavine, ekstremni sunki vetra, nevihte, požari, zmrzovanje in žled
- majhna občutljivost: povprečna hitrost vetra, suša

Ocena izpostavljenosti posega v obstoječem stanju:

- velika za nestabilnost tal/plazove

- srednja za ekstremne padavine, ekstremno povečanje temperatur, nevihte, nestabilnost tal/plazove, žled in zmrzovanje

- majhna za ekstremne sunke vetra, poplave, erozijo tal in gozdne požare

Ocena izpostavljenosti posega v prihodnjem stanju:

- velika za nestabilnost tal/plazove

- srednja za ekstremne padavine, ekstremno povečanje temperatur, nevihte, nestabilnost tal/plazove, žled

- majhna za ekstremne sunke vetra, poplave, erozijo tal, zmrzovanje in gozdne požare

Ocena izpostavljenosti za prihodno stanje je enaka za vse dejavnike, razen za zmrzovanje, ki je v prihodnjem stanju ocenjena kot majhna, zaradi trenda višanja najnižjih temperatur.

Pri oceni ranljivosti so upoštevane obstoječe klimatske razmere za obstoječe stanje, za prihodnje stanje je ranljivost posega ocenjena glede na oceno sprememb do sredine 21. stoletja (ARSO). Ocena ranljivosti je enaka v obstoječem in v prihodnjem stanju.

Ocena tveganja je za ekstremne sunke vetra, zmrzovanje, gozdne požare in žled ocenjena kot zanemarljiva, za ekstremno povečanje temperature , ekstremne padavine, erozijo tal, nevihte in nestabilnost tal/plazove pa kot majhna.

Tabela 40: Povzetek občutljivosti, izpostavljenosti, ranljivosti in ocene tveganja na podnebne spremembe

Podnebni dejavnik	Občutljivost	Izpostav. Obstoječa	Izpostav. Predvidena	Ranljivost obstoječa	Ranljivost prihodnja	Ocena tveganja
Ekstremno povečanje temperature						Majhno
Povprečna hitrost vetra						Zanemarljivo
Ekstremne padavine						Majhno
Ekstremni sunki vetra						Zanemarljivo
Nevihte						Majhno
Poplave						Zanemarljivo
Erozija tal						Majhno
Nestabilnost tal/plazovi						Majhno
Suša						Zanemarljivo
Gozdni požari						Zanemarljivo
Zmrzovanje						Zanemarljivo
Žled						Zanemarljivo

Skupna ocena tveganja za predviden projekt je ocenjena z **majhnim tveganjem**.

T.4. PREVERITEV PREPUSTOV

V sklopu analize ocene tveganja na podnebne spremembe smo izvedli preveritev prepustnosti projektiranih prepustov.

T.4.1 Vhodni podatki

Izbira obdobja preveritve

Predvidena življenjska doba ceste je 50 let, zato se pri preveritvi prepustov upošteva naraščanje ekstremnih padavin za leto 2056.

Tabela povratnih dob za ekstremne padavine

Podatki o ekstremnih padavinah so pridobljeni s spletne strani Crossrisk, za koordinate kjer se nahaja plaz:

https://www.crossrisk.eu/sl/climate?period=100y&accumulation=24h

Ocena sprememb kratkotrajnih nalivov za naselje Savina (ARSO)

Oceno sprememb kratkotrajnih nalivov je v februarju 2024 izdelala Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) in je priložena temu poročilu.

Ocena sprememb dolgotrajnih nalivov za Slovenijo (ARSO)

Spremembe jakosti dolgotrajnih ekstremnih padavin je bila ocenjena v okviru projekta »Ocena podnebnih sprememb do konca 21. stoletja (OPS21)« v obliki linearnih trendov nivojev z različnimi povratnimi dobami. Te ocene so podrobno opisane v sinteznem poročilu projekta, ki se nahaja na spletni strani:

http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS21_Porocilo.pdf

V poglavju 5.3.3 (na strani 122–127) se nahajajo zemljevidi s trendi za različne scenarije izpustov TGP. Trendi so ocenjeni za eno-, tri- in petdnevne padavine. Za 12 ur do 2 dni trajajoče nalive so reprezentativni trendi za enodnevne padavine, za do 4 dni trajajoče nalive trendi za tridnevne padavine in za dlje trajajoče nalive trendi za petdnevne padavine. Iz zemljevida na strani 124 sinteznega poročila razberemo, da je na obravnavanem območju trend ekstremnih dnevnih padavin pri scenariju izpustov RCP4.5 zanesljiv in da te naraščajo za 1–1,5 mm/desetletje. Sredi stoletja (leta 2050) se bodo dnevne ekstremne padavine povečale za 8 mm. Torej je za sredino stoletja potrebno upoštevati, da bo vrednost 24-urnih padavin s povratno dobo 100 let 138 - 147 mm, oziroma 17 l/s/ha, oziroma se povečajo za 6,25%.

T.4.2 Prispevne površine

Na sliki 17 je prikazana lokacija predvidenih prepustov. V poglavju T.4.4 je prikazan izračun prispevnih površin in prepustnosti prepustov. V odvisnosti od naklona brežine je pri izračunu upoštevan odtočni koeficient. Za tip tal je izbran D. Območje je poraščeno z gozdom, nakloni pa so strmi, zato smo izbrali odtočni koeficient 0.3.

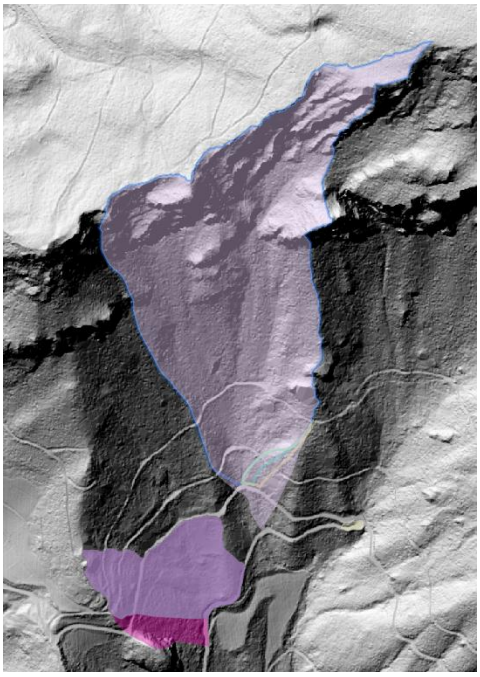
Odtočni koeficient (povzeto po: »Chow, V. T., Maidment, D. R., Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill«):

TABLE 2
RATIONAL RUNOFF COEFFICIENTS
By Hydrologic Soils Group and Overland Slope (%)

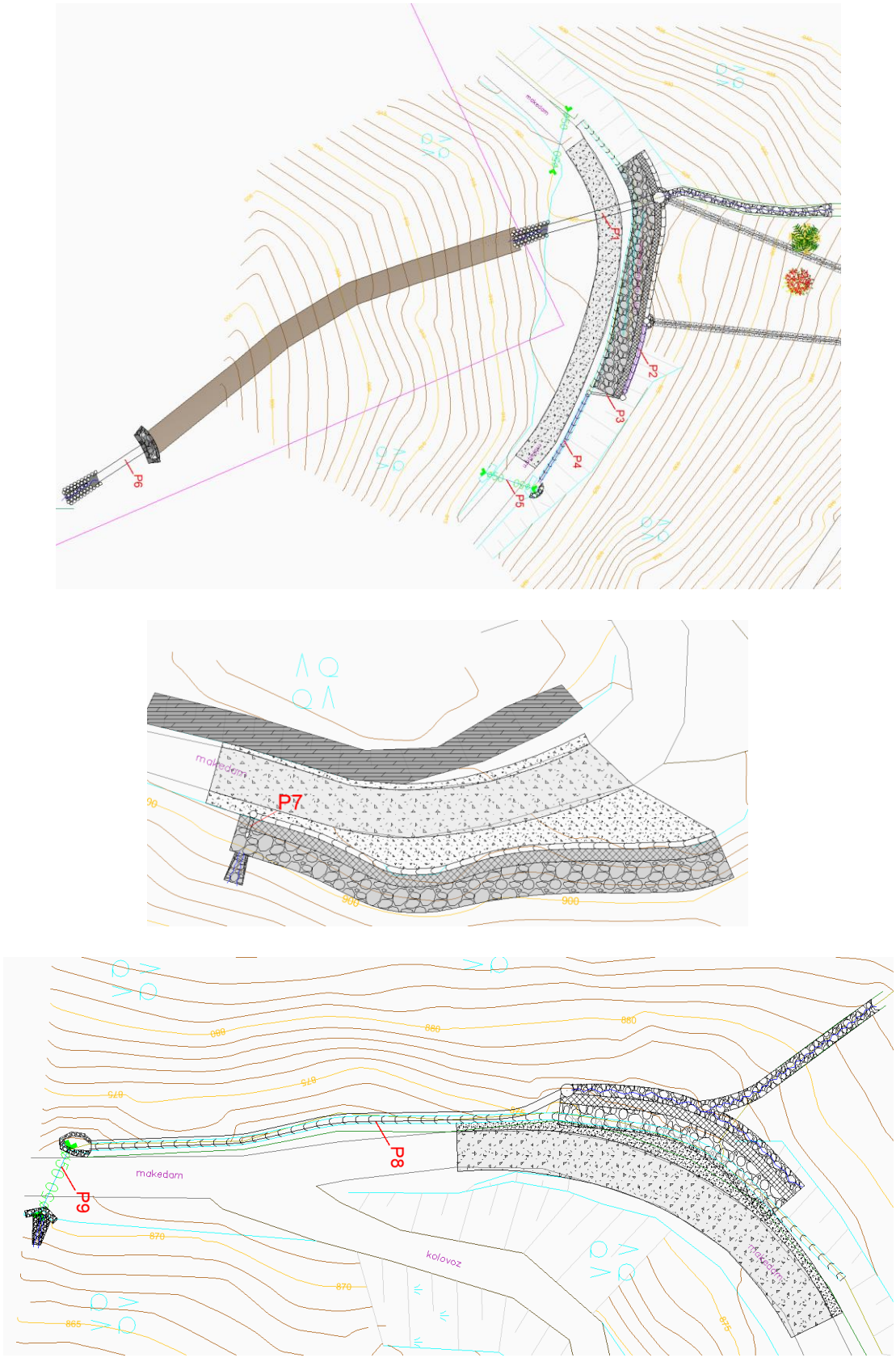
	A			B			C			D		
Land Use	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+
Cultivated Land	0.08[a]	0.13	0.16	0.11	0.15	0.21	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.31
	0.14[b]	0.18	0.22	0.16	0.21	0.28	0.20	0.25	0.34	0.24	0.29	0.41
Pasture	0.12	0.20	0.30	0.18	0.28	0.37	0.24	0.34	0.44	0.30	0.40	0.50
	0.15	0.25	0.37	0.23	0.34	0.45	0.30	0.42	0.52	0.37	0.50	0.62
Meadow	0.10	0.16	0.25	0.14	0.22	0.30	0.20	0.28	0.36	0.24	0.30	0.40
	0.14	0.22	0.30	0.20	0.28	0.37	0.26	0.35	0.44	0.30	0.40	0.50
Forest	0.05	0.08	0.11	0.08	0.11	0.14	0.10	0.13	0.16	0.12	0.16	0.20
	0.08	0.11	0.14	0.10	0.14	0.18	0.12	0.16	0.20	0.15	0.20	0.25

Določili smo 9 prispevnih površin za 9 prepustov.

Prispevno območje smo določili s programsko opremo ArcGis, ki na podlagi Lidar posnetka obravnavanega območja določi velikost in lastnosti prispevnega območja (naklon območja in hidravlična dolžina).



Slika 17: Prikaz prispevnih območij



Slika 18: Lokacije prepustov

T.4.3 Izračun prepustov

V poglavju T.4.4 je prikazana računska preveritev prepustnosti prepustov za leti 2026 in 2056. Upoštevane so prispevne površine iz točke T.3 in 5 minutni, 10 minutni, 15 minutni ter 24 urni nalivi za povratno dobo 100 let (Q100). Za vsak naliv (5min, 10min, 15min, 24h) je priložena svoja tabela. Odtok iz prispevnih površin je izračunan po racionalni metodi. Pri preveritvi za leto 2056 je upoštevano povečanje kratkotrajnih in dolgotrajnih nalivov iz T.4.3.1. Iz rezultatov izračuna je razvidno, da tako sedaj kot tudi leta 2056 ne prihaja do zapolnitve prepustov in s tem do povečane nevarnosti preplavitve in poškodbe vozišča ceste.

T.4.4 Zaključek

Preverjena je bila prepustnost novih prepustov predvidenih v projektu. Za prepuste je bilo določenih 9 prispevnih površin korigiranih z upoštevanjem odtočnih koeficientov in hitrostjo vode na terenu. Za določitev trenda naraščanja ekstremih kratkoročnih padavin je bila s strani ARSO izdelana Ocena sprememb kratkotrajnih nalivov za naselje Savina. Preveritev je bila opravljena za sedanji čas (2026) in sredino stoletja (2056) za 5 minutni, 10 minutni, 15 minutni in 24 urni naliv.

Projektirani prepusti so ustrezni tako za leto 2026 kot tudi za leto 2056.

Povratne dobe za ekstremne padavine

Precipitation [mm]

Accumulation time	Return period					
	5 years	10 years	25 years	50 years	100 years	250 years
5 min	10	11	12	13	14	15
10 min	15	17	21	23	26	30
15 min	18	22	26	30	34	39
20 min	21	25	30	35	39	46
30 min	25	30	36	42	47	55
45 min	30	35	43	49	55	65
60 min	33	39	47	54	61	71
90 min	38	44	53	60	68	79
2 h	42	49	58	66	74	86
3 h	49	56	66	74	83	96
4 h	55	63	73	82	91	105
5 h	61	69	80	89	99	113
6 h	65	74	86	96	106	121
9 h	77	87	101	112	124	141
12 h	87	98	113	126	139	158
15 h	95	107	124	138	152	173
18 h	101	114	133	147	163	184
24 h	111	126	146	162	179	203
48 h	137	156	181	201	221	249
72 h	154	175	203	224	246	277
96 h	165	188	218	241	264	296
120 h	175	199	230	254	279	312

Prispevne površine prepustov in izračun prepustov (danes)

Prispevno območje	Površina m²	Čas odtoka min	q 5 mm	Odtočni koef.	Q 5 min m³/s	V dotoka m³	Prepust	Q 5 min l/s	dolžina cevi m	padec %	premer m	hitrost (polna cev) m/s	prepustnost l/s	polnjenje %
F1	119678	5	16	0.3	1.914848	574.4544	P1	1914.848	16	2	1.000	4.3	3375.5	56.72783291
F2	971	5	16	0.3	0.015536	4.6608	P2	15.536	10	2	0.217	1.8	66.536757	23.34949989
F3	2009	5	16	0.3	0.032144	9.6432	P3	32.144	4	2	0.217	1.5	55.4472975	57.97216717
F4	2752	5	16	0.3	0.044032	13.2096	P4	44.032	14	2	0.217	2.1	77.6262165	56.72310462
F5	3877	5	16	0.3	0.062032	18.6096	P5	62.032	6	2	0.500	2.3	451.375	13.7428967
F6	125476	5	16	0.3	2.007616	602.2848	P6	2007.616	9	2	1.000	3.8	2983	67.30191083
F7	351	5	16	0.3	0.005616	1.6848	P7	5.616	2	2	0.217	1.3	48.0543245	11.68677337
F8	21411	5	16	0.3	0.342576	102.7728	P8	342.576	38	2	0.555	3.5	846.2986875	40.47932545
F9	26613	5	16	0.3	0.425808	127.7424	P9	425.808	6	2	0.555	2.7	652.8589875	65.22204766

Prispevno območje	Površina m²	Čas odtoka min	q 10 mm	Odtočni koef.	Q 10 min m³/s	V dotoka m³	Prepust	Q 10 min l/s	dolžina cevi m	padec %	premer m	hitrost (polna cev) m/s	prepustnost l/s	polnjenje %
F1	119678	10	28	0.3	1.675492	1005.295	P1	1675.492	16	2	1.000	4.3	3375.5	49.6368538
F2	971	10	28	0.3	0.013594	8.1564	P2	13.594	10	2	0.217	1.8	66.536757	20.4308124
F3	2009	10	28	0.3	0.028126	16.8756	P3	28.126	4	2	0.217	1.5	55.4472975	50.72564628
F4	2752	10	28	0.3	0.038528	23.1168	P4	38.528	14	2	0.217	2.1	77.6262165	49.63271654
F5	3877	10	28	0.3	0.054278	32.5668	P5	54.278	6	2	0.500	2.3	451.375	12.02503462
F6	125476	10	28	0.3	1.756664	1053.998	P6	1756.664	9	2	1.000	3.8	2983	58.88917197
F7	351	10	28	0.3	0.004914	2.9484	P7	4.914	2	2	0.217	1.3	48.0543245	10.2259267
F8	21411	10	28	0.3	0.299754	179.8524	P8	299.754	38	2	0.555	3.5	846.2986875	35.41940977
F9	26613	10	28	0.3	0.372582	223.5492	P9	372.582	6	2	0.555	2.7	652.8589875	57.06929171

Prispevno območje	Površina m²	Čas odtoka min	q 15 mm	Odtočni koef.	Q 15 min m³/s	V dotoka m³	Prepust	Q 15 min l/s	dolžina cevi m	padec %	premer m	hitrost (polna cev) m/s	prepustnost l/s	polnjenje %
F1	119678	15	35	0.3	1.396243333	1256.619	P1	1396.243333	16	2	1.000	4.3	3375.5	41.36404483
F2	971	15	35	0.3	0.011328333	10.1955	P2	11.32833333	10	2	0.217	1.8	66.536757	17.025677
F3	2009	15	35	0.3	0.023438333	21.0945	P3	23.43833333	4	2	0.217	1.5	55.4472975	42.2713719
F4	2752	15	35	0.3	0.032106667	28.896	P4	32.10666667	14	2	0.217	2.1	77.6262165	41.36059712
F5	3877	15	35	0.3	0.045231667	40.7085	P5	45.23166667	6	2	0.500	2.3	451.375	10.02086218
F6	125476	15	35	0.3	1.463886667	1317.498	P6	1463.886667	9	2	1.000	3.8	2983	49.07430998
F7	351	15	35	0.3	0.004095	3.6855	P7	4.095	2	2	0.217	1.3	48.0543245	8.521605584
F8	21411	15	35	0.3	0.249795	224.8155	P8	249.795	38	2	0.555	3.5	846.2986875	29.51617481
F9	26613	15	35	0.3	0.310485	279.4365	P9	310.485	6	2	0.555	2.7	652.8589875	47.55774309

Prispevno območje	Površina m²	Čas odtoka min	q 1440 mm	Odtočni koef.	Q 1440 min m³/s	V dotoka m³	Prepust	Q 1440 min l/s	dolžina cevi m	padec %	premer m	hitrost (polna cev) m/s	prepustnost l/s	polnjenje %
F1	119678	1440	176	0.3	0.073136556	6318.998	P1	73.13655556	16	2	1.000	4.3	3375.5	2.166688063
F2	971	1440	176	0.3	0.000593389	51.2688	P2	0.593388889	10	2	0.217	1.8	66.536757	0.891821176
F3	2009	1440	176	0.3	0.001227722	106.0752	P3	1.227722222	4	2	0.217	1.5	55.4472975	2.214214718
F4	2752	1440	176	0.3	0.001681778	145.3056	P4	1.681777778	14	2	0.217	2.1	77.6262165	2.166507468
F5	3877	1440	176	0.3	0.002369278	204.7056	P5	2.369277778	6	2	0.500	2.3	451.375	0.524902305
F6	125476	1440	176	0.3	0.076679778	6625.133	P6	76.67977778	9	2	1.000	3.8	2983	2.570559094
F7	351	1440	176	0.3	0.0002145	18.5328	P7	0.2145	2	2	0.217	1.3	48.0543245	0.446369816
F8	21411	1440	176	0.3	0.0130845	1130.501	P8	13.0845	38	2	0.555	3.5	846.2986875	1.546085347
F9	26613	1440	176	0.3	0.0162635	1405.166	P9	16.2635	6	2	0.555	2.7	652.8589875	2.491119876

Prispevne površine prepustov in izračun prepustov (2056)

Prispevno območje	Površina m²	Čas odtoka min	q 5 mm	Odtočni koef.	Q 5 min m³/s	V dotoka m³	Prepust	Q 5 min l/s	dolžina cevi m	padec %	premer m	hitrost (polna cev) m/s	prepustnost l/s	polnjenje %
F1	119678	5	20	0.3	2.39356	718.068	P1	2393.56	16	2	1.000	4.3	3375.5	70.90979114
F2	971	5	20	0.3	0.01942	5.826	P2	19.42	10	2	0.217	1.8	66.536757	29.18687486
F3	2009	5	20	0.3	0.04018	12.054	P3	40.18	4	2	0.217	1.5	55.4472975	72.46520897
F4	2752	5	20	0.3	0.05504	16.512	P4	55.04	14	2	0.217	2.1	77.6262165	70.90388078
F5	3877	5	20	0.3	0.07754	23.262	P5	77.54	6	2	0.500	2.3	451.375	17.17862088
F6	125476	5	20	0.3	2.50952	752.856	P6	2509.52	9	2	1.000	3.8	2983	84.12738854
F7	351	5	20	0.3	0.00702	2.106	P7	7.02	2	2	0.217	1.3	48.0543245	14.60846672
F8	21411	5	20	0.3	0.42822	128.466	P8	428.22	38	2	0.555	3.5	846.2986875	50.59915681
F9	26613	5	20	0.3	0.53226	159.678	P9	532.26	6	2	0.555	2.7	652.8589875	81.52755958

Prispevno območje	Površina m²	Čas odtoka min	q 10 mm	Odtočni koef.	Q 10 min m³/s	V dotoka m³	Prepust	Q 10 min l/s	dolžina cevi m	padec %	premer m	hitrost (polna cev) m/s	prepustnost l/s	polnjenje %
F1	119678	10	34	0.3	2.034526	1220.716	P1	2034.526	16	2	1.000	4.3	3375.5	60.27332247
F2	971	10	34	0.3	0.016507	9.9042	P2	16.507	10	2	0.217	1.8	66.536757	24.80884363
F3	2009	10	34	0.3	0.034153	20.4918	P3	34.153	4	2	0.217	1.5	55.4472975	61.59542762
F4	2752	10	34	0.3	0.046784	28.0704	P4	46.784	14	2	0.217	2.1	77.6262165	60.26829866
F5	3877	10	34	0.3	0.065909	39.5454	P5	65.909	6	2	0.500	2.3	451.375	14.60182775
F6	125476	10	34	0.3	2.133092	1279.855	P6	2133.092	9	2	1.000	3.8	2983	71.50828025
F7	351	10	34	0.3	0.005967	3.5802	P7	5.967	2	2	0.217	1.3	48.0543245	12.41719671
F8	21411	10	34	0.3	0.363987	218.3922	P8	363.987	38	2	0.555	3.5	846.2986875	43.00928329
F9	26613	10	34	0.3	0.452421	271.4526	P9	452.421	6	2	0.555	2.7	652.8589875	69.29842564

Prispevno območje	Površina m²	Čas odtoka min	q 15 mm	Odtočni koef.	Q 15 min m³/s	V dotoka m³	Prepust	Q 15 min l/s	dolžina cevi m	padec %	premer m	hitrost (polna cev) m/s	prepustnost l/s	polnjenje %
F1	119678	15	43	0.3	1.715384667	1543.846	P1	1715.384667	16	2	1.000	4.3	3375.5	50.81868365
F2	971	15	43	0.3	0.013917667	12.5259	P2	13.91766667	10	2	0.217	1.8	66.536757	20.91726031
F3	2009	15	43	0.3	0.028795667	25.9161	P3	28.79566667	4	2	0.217	1.5	55.4472975	51.93339976
F4	2752	15	43	0.3	0.039445333	35.5008	P4	39.44533333	14	2	0.217	2.1	77.6262165	50.81444789
F5	3877	15	43	0.3	0.055570333	50.0133	P5	55.57033333	6	2	0.500	2.3	451.375	12.31134496
F6	125476	15	43	0.3	1.798489333	1618.64	P6	1798.489333	9	2	1.000	3.8	2983	60.29129512
F7	351	15	43	0.3	0.005031	4.5279	P7	5.031	2	2	0.217	1.3	48.0543245	10.46940115
F8	21411	15	43	0.3	0.306891	276.2019	P8	306.891	38	2	0.555	3.5	846.2986875	36.26272905
F9	26613	15	43	0.3	0.381453	343.3077	P9	381.453	6	2	0.555	2.7	652.8589875	58.42808436

Prispevno območje	Površina m²	Čas odtoka min	q 1440 mm	Odtočni koef.	Q 1440 min m³/s	V dotoka m³	Prepust	Q 1440 min l/s	dolžina cevi m	padec %	premer m	hitrost (polna cev) m/s	prepustnost l/s	polnjenje %
F1	119678	1440	187	0.3	0.07770759	6713.936	P1	77.70759028	16	2	1.000	4.3	3375.5	2.302106067
F2	971	1440	187	0.3	0.000630476	54.4731	P2	0.630475694	10	2	0.217	1.8	66.536757	0.94756
F3	2009	1440	187	0.3	0.001304455	112.7049	P3	1.304454861	4	2	0.217	1.5	55.4472975	2.352603138
F4	2752	1440	187	0.3	0.001786889	154.3872	P4	1.786888889	14	2	0.217	2.1	77.6262165	2.301914185
F5	3877	1440	187	0.3	0.002517358	217.4997	P5	2.517357639	6	2	0.500	2.3	451.375	0.557708699
F6	125476	1440	187	0.3	0.081472264	7039.204	P6	81.47226389	9	2	1.000	3.8	2983	2.731219038
F7	351	1440	187	0.3	0.000227906	19.6911	P7	0.22790625	2	2	0.217	1.3	48.0543245	0.47426793
F8	21411	1440	187	0.3	0.013902281	1201.157	P8	13.90228125	38	2	0.555	3.5	846.2986875	1.642715681
F9	26613	1440	187	0.3	0.017279969	1492.989	P9	17.27996875	6	2	0.555	2.7	652.8589875	2.646814868

P.1 Ocena sprememb kratkotrajnih nalivov za naselje Savina

ARSO VREME

Ocena sprememb nalivov na območju naselja Savina

ARSO VREME

Vsebina

Uvod ... 3
Padavinske razmere ... 5
Ekstremne padavine ... 5
Največja dnevna količina padavin na območju naselja Savina ... 6
Nalivi na območju naselja Savina ... 6
Viri ... 8

ARSO VREME

Uvod

Podnebni modeli kvantitativno simulirajo interakcijo pomembnih dejavnikov podnebja, kot so ozračje, oceani, zemeljska površina in led. Upoštevajo prejeto energijo s Sonca kot kratkovalovno (predvsem vidno in kratkovalovno infrardeče) sevanje in oddano dolgovalovno infrardeče sevanje. Vsako neravnovesje v prejeti in oddani energiji se pokaže kot sprememba v temperaturi. Upoštevati poskušajo čim več podatkov o podnebnem sistemu, kot so gibanje zračnih mas, nastajanje oblakov, tvorjenje padavin, večanje in manjšanje ledu na polih, spreminjanje vegetacije itn. Pogosto zato sklapljajo ozračje, oceane in led z reševanjem enačb za prenos energije, snovi in izmenjavo sevanja.

Ena od omejitev globalnih podnebnih modelov je sorazmerno groba prostorska ločljivost. Za izračun lokalnih značilnosti podnebja potrebujemo podatke v večji ločljivosti, kot jo lahko ponudijo globalni modeli. Regionalni podnebni modeli so ena od treh možnosti, ki so na voljo za to (drugi dve sta zagon globalnih modelov v večji ločljivosti, kar je računalniško zelo zahtevno, ali uporaba statističnih tehnik za preračun v večjo ločljivost). Regionalni modeli računajo na manjšem območju in kot vhodni robni podatek jemljejo podatke iz globalnih modelov. Globalni modeli definirajo pojave na večji skali, kot so sprememba podnebja zaradi toplogrednih plinov ali izbruhov vulkanov ipd., regionalni modeli pa poskrbijo za vpliv lokalnih dejavnikov kot so relief, raba zemljišč ipd. na podnebje oz. vreme. Dajejo nam vremenske in podnebne informacije v prostorski ločljivosti od 50 km pa vse do 10 km. Regionalni modeli dajejo med seboj različne realizacije vremena, zanašamo pa se na to, da so osnovne značilnosti podnebja (npr. letni hodi in sezone, trendi itn.) pravilno realizirane.

Za oceno podnebnih sprememb na ARSO (Bertalanič, 2018) uporabljamo rezultate regionalnih podnebnih modelov projekta EURO-CORDEX (Jacob, 2014). Prostorska ločljivost regionalnih modelov, ki smo jih uporabili, je okrog 12 km, obdobje modeliranja je za vse modele 1961–2100, za nekatere pa 1971–2100. Uporabili smo modelske rezultate s časovni korak en dan. Od približno 15 kombinacij globalnih in regionalnih podnebnih modelov, ki so imeli na voljo vse želene spremenljivke, smo izbrali šest takih, ki so si med seboj čimbolj različni in se obenem čim bolje skladajo z izmerjenimi vrednostmi podnebnih spremenljivk v preteklosti. Te smo obravnavali kot ansambel in iz šestih rezultatov za vsako spremenljivko izračunali mediano sprememb in razpon nedoločenosti.

Podnebni modeli vsebujejo sistematične napake. Te nastanejo med drugim zaradi omejene prostorske ločljivosti, poenostavljenih enačb za nekatere fizikalne procese, numeričnih shem, nepopolnega razumevanja vseh podnebnih procesov itn. V splošnem je potrebno sistematične napake modelov pred uporabo njihovih rezultatov popraviti. Rezultati modelov naj bi čim bolje predstavili preteklost. Za to primerjamo modelske rezultate z meritvami in jih ustrezno popravimo. To se da storiti na več načinov, na ARSO smo uporabili metodo preslikav kvantilov. Popravke smo naredili za obdobje 1981–2100 (Bertalanič, 2018).

Seznam modelov prikazuje preglednica 1. Globalni podnebni model je dal robne pogoje (gcm), regionalni podnebni model (rcm) pa preračun na 12 km skalo.

ARSO VREME

Preglednica 1. Seznam modelov, katerih podatke smo uporabili v analizi. Podani so: globalni model (gcm) in regionalni model (rcm).

gcm	rcm
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	CLMcom-CCLM4
MPI-M-MPI-ESM-LR	CLMcom-CCLM4
ICHEC-EC-EARTH	DMI-HIRHAM5
IPSL-IPSL-CM5A-MR	IPSL-INERIS
MOHC-HadGEM2-ES	KNMI-RACMO22E
MPI-M-MPI-ESM-LR	SMHI-RCA4

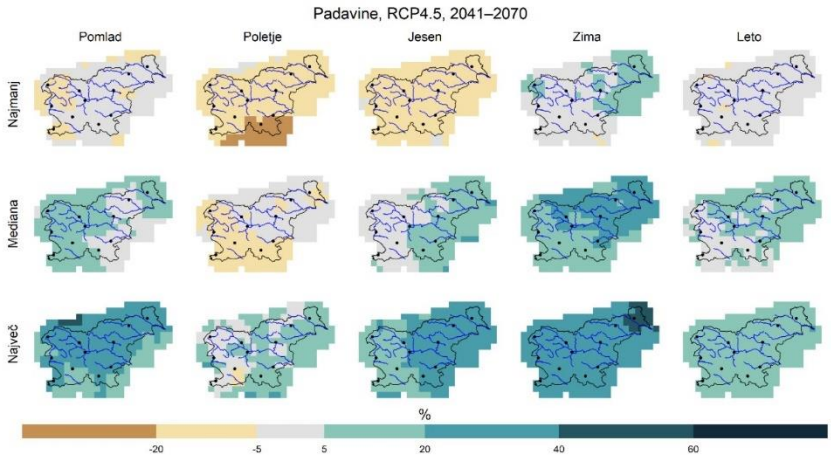
Kaj se bo v prihodnosti dogajalo s podnebjem, je zelo odvisno od socialno-ekonomskega razvoja sveta. Od tega je namreč odvisen potek izpustov toplogrednih plinov v prihodnosti. Za Peto poročilo (ang. *Fifth Assesment Report*, AR5) IPCC (Medvladni odbor za podnebne spremembe) (Kirtman, 2013) je znanstvena skupnost določila nabor štirih novih scenarijev, ki se imenujejo značilni poteki vsebnosti (ang. Representative Concentration Pathways – RCP) (van Vuuren, 2011). Razlikujejo se po skupnem sevalnem prispevku leta 2100 glede na leto 1750. Podatke smo pripravili **za zmerno optimističen scenarij RCP4.5**, ki predpostavlja znatne blažilne ukrepe glede izpustov toplogrednih plinov. Na ta način upoštevamo tudi riziko, da države sveta ne bodo zmogle v celoti izpolniti zavez, ki so jih dale glede izpustov toplogrednih plinov (Pariški dogovor). V primeru vseh izpolnjenih zavez bi namreč potek izpustov toplogrednih plinov sledil optimističnemu scenariju RCP2.6.

Vsi podatki so pripravljeni za sredino 21. stoletja. Povprečne vrednosti se v klimatologiji običajno podajajo za tridesetletno obdobje. Tako so za sredino stoletja povprečne vrednosti podane za obdobje 2041–2070 s sredino obdobja okoli leta 2055. Ekstremne vrednosti pa so ocenjene za obdobje okrog leta 2050.

ARSO VREME

Padavinske razmere

Za padavine podnebni scenariji kažejo veliko negotovost, se pa signali z odmikom v prihodnost stopnjujejo. Na letni ravni se premembe kažejo šele v drugem tridesetletnem obdobju (2041–2070), ko se bo količina padavin povečala v vzhodni polovici Slovenije. Večje spremembe je zaznati na sezonski ravni. V zimskem času kaže, da se bo količina padavin povečala, poleti pa zmanjšala (slika 1).



Slika 1. Ocenjene spremembe povprečnih padavin (v %) v obdobju 2041–2070 v primerjavi z obdobjem 1981–2010. Podani so mediana vseh modelskih ocen ter najnižja in najvišja modelska ocena.

Ekstremne padavine

Modelski rezultati regionalni podnebnih modelov projekta EURO–CORDEX, katere smo uporabili znotraj projekta OPS21, nam zaradi časovnega koraka, dolžine enega dneva, dajejo samo dnevne vrednosti vremenskih spremenljivk. Zato lahko analiziramo samo vrednosti za dnevno ali večdnevno višino padavin. Na nalive s krajšim trajanjem iz teh podatkov ne moremo neposredno sklepati. Spremembo kratkih (15-minutnih) nalivov ocenjujemo iz študij, ki jih najdemo v literaturi.

Iz fizikalnega zakona (*Clausius-Clapeyronova* enačba) (Wikipedija: Clausius-Clapeyronova enačba) sledi, da kapaciteta ozračja za zadrževanje vlage narašča približno s stopnjo 7 % za vsako stopinjo v temperaturi ozračja. Trendi opazovane relativne vlažnosti kažejo, da bo relativna vlažnost v prihodnje ostala približno enaka v celotni troposferi, zato bo ozračje ob

povečani temperaturi vsebovalo več absolutne vlage. Za 20. stoletje je na osnovi spremenjene temperature zraka pri tleh ocenjeno, da se je absolutna vlažnost nad oceani povečala za 5 %. Ker padavine prihajajo večinoma iz vremenskih sistemov, ki jih poganja vsebnost vlage v ozračju, je v splošnem intenzivnost padavin narasla. S tem se je povečala verjetnost močnejših padavinskih in snežnih dogodkov. Teorija, simulacije s podnebnimi modeli in empirični dokazi potrjujejo, da toplejše podnebje zaradi povečane vsebnosti vlage v ozračju vodi k intenzivnejšim padavinskim dogodkom, tudi če se letna količina padavin nekoliko zmanjša. Pri povečani letni količini padavin pa je verjetnost za močnejše padavinske dogodke še večja. Toplejše ozračje povečuje verjetnost za sušo, ko ne dežuje, in poplave, ko dežuje. Seveda ne ob istem času in kraju (Trenberth, 2007).

Največja dnevna količina padavin na območju naselja Savina

Modelski rezultati izbranih šestih regionalnih podnebnih modelov nad Slovenijo v modelski točki, znotraj katere se nahaja naselje Savina, kažejo, da povprečen trend šestih modelov znaša **0,64 mm/desetletje** (z 95-odstotnim intervalom zaupanja med –0,52 in 2,29 mm/desetletje). Za krajše, 12-urne padavine, predvidevamo podobno spremembo, kot za enodnevne. V preglednici 2 so podane ocene za ekstremne 24-urne padavine s 100-letno povratno dobo v današnjem in prihodnjem podnebju. Vrednost s povratno dobo 100 let označuje tisto intenziteto padavin, ki je v povprečju dosežena ali presežena enkrat na 100 let.

Preglednica 2. Ocene za ekstremne 24-urne padavine s povratno dobo 100 let za območje naselja Savina. Ocene so podane za današnje podnebje (P_{danes}) in za podnebje v sredini 21. stoletja (P_{2050}) po scenariju RCP4.5. Za prihodnje podnebje je podan 95-odstotni interval zaupanja za oceno, ki temelji na izračunu šestih različnih podnebnih modelov (preglednica 1) in srednja vrednost ocene.

Območje	**Trajanje padavin (ure)**	**P_{danes} (mm)**	**Ocena P_{2050} (mm)**	**Srednja vrednost ocene P_{2050} (mm)**
Savina	24	176	173–187	179

Nalivi na območju naselja Savina

Posledice ogrevanja ozračja na intenzivnost padavin z različno dolžino trajanja je tema, ki še vedno ni popolnoma rešena. Sprememba ekstremih enodnevnih višin padavin in nalivov s krajšim trajanjem (ena ura ali manj) zaradi ogrevanja ozračja ni enaka. Torej na podlagi scenarijev za spremembe dnevnih ekstremnih padavin ne moremo sklepati na spremembe krajših nalivov. Analiza odvisnosti dnevnih in urnih ekstremnih padavin od dnevne povprečne temperature (kot posredne spremenljivke, ki označuje temperaturo zračne mase) na podlagi meritve na Nizozemskem in Švici kažejo, da so spremembe dnevnih padavinskih ekstremov konsistentne s 7-odstotnim naraščanjem na 1 °C spremembe v temperaturi ozračja, da pa so spremembe dvakrat večje (14 % na stopinjo spremembe temperature ozračja) za enourne

ARSO VREME

ekstremne nalive, ko povprečna dnevna temperatura zraka preseže 12 °C. Na podlagi rezultatov regionalnega podnebnega modela velja to tudi za večji del Evrope. Za severni del Slovenije simulacije kažejo na 5–10 % povečanje nalivov pri temperaturnem dvigu za 1 °C (Lenderink in van Meijgaard, 2008).

Poznejše študije so pokazale 14-odstotno stopnjo naraščanja enournih ekstremnih padavin v odvisnosti od temperature rosišča za podatke nizozemskih meteoroloških postaj in tudi za podatke območja, ki ima vlažno subtropsko podnebje (Hongkong). Stopnja je bila enaka za obe vrsti podatkov in je veljala za temperaturo rosišča do 23 oz. 24 °C (Lenderink, 2011).

Analize odvisnosti 15-minutnih nalivov s povratno dobo 50 let od povprečne dnevne temperature zraka so za naše postaje z dolgimi nizi (Ljubljana, Maribor in Kočevje) konsistentne z Lenderink, 2008. Od 0 do 18 °C narašča višina ekstremnih padavin s stopnjo od 12 do 15 % za vsako stopinjo toplejšega ozračja.

Iz literature in podatkov naših merilnih postaj torej pričakujemo rast 15-minutnih do nekajurnih ekstremnih padavin s stopnjo **do 7 %**, obstaja pa **velika verjetnost**, da je ta stopnja dvakrat večja, torej **14 %** na vsako stopinjo ogrevanja ozračja.

Stopnja naraščanja povprečne temperature zraka iz modelskih rezultatov izbranih regionalnih podnebnih modelov na območju naselja Savina znaša okrog **0,20 °C/desetletje,** s 95-odstotnim intervalom zaupanja med 0,14 in 0,32 °C/desetletje. Od tod lahko pričakujemo naraščanje v ekstremnih padavinah od **0,98 %/desetletje** (po stopnji 7 %/°C) oz. **4,48 %/desetletje** (po stopnji 14 %/°C) oz. za **4,90 %** in **22,40 %** v prihodnjih 50 letih. Ocene sedanjih in prihodnjih vrednosti največje višine 5, 10 in 15-minutnih nalivov s povratno dobo 100 let prikazuje preglednica 3. Vrednost s povratno dobo 100 let označuje tisto intenziteto padavin, ki je v povprečju dosežena ali presežena enkrat na 100 let.

Preglednica 3. Ocene za ekstremne 5-, 10- in 15-minutne nalive (v mm) s povratno dobo 100 let na območju naselja Savina. Ocene so podane za današnje podnebje (danes) in za podnebje v sredini 21. stoletja (2050) po scenariju RCP4.5. Za prihodnje podnebje je podan interval verjetnih vrednosti, dobljen iz teoretičnih ocen po stopnjah 7%/°C in 14 %/°C.

Območje	Dolžina naliva (minute)	Obdobje	Povratni nivo (mm)
Savina	5	danes	16
		2050	17–20
	10	danes	28
		2050	29–34
	15	danes	35
		2050	37–43

ARSO VREME

Viri

- Bertalanič, R., et all, 2018, Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja, Sintezno poročilo – prvi del. ISBN 978-961-6024-80-8 (zv. 1).
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O., Bouwer, L., . . . Gobiet, A. (2014). EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. RegionalEnvironmental Challenges, 14 (2), 563-578.
- Kirtman, B., Power, S. B., Adedoyin, J. A., Boer, G. J., Bojariu, R., Camilloni, I., . ..Wang, H. J. (2013). Nearterm Climate Change: Projections and Predictability. V T. F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, . . . (ur.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge in New York: Cambridge University Press.
- van Vuuren, D., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., . . . Rose, S. (2011). The representative concentration pathways: an overview. Climatic Change, 109, 5-31
- Wikipedija: Clausius–Clapeyronova enačba. Pridobljeno 15. septembra 2023 s splettne strani: https://sl.wikipedia.org/wiki/Clausius-Clapeyronova_ena%C4%8Dba
- Trenberth, K.E. et al, 2007: Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S. et al (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Lenderink, G., van Meijgaard, E., 2008. Increase in hourly precipitation extremes beyond expectations from temperature changes, Nat. Geosci 1, 511-514, doi:10.1038/ngeo262.
- Lenderink, G. et. al, 2011. Scaling and trends of hourly precipitation extremes in two different climate zones – Hong Kong and the Netherlands, Hydrol. Earth Syst. Sci., doi:10.5194/hess-15-3033-2011.

ARSO VREME

Pripravil: Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo
Datum: 20. februar 2024

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE, PODNEBJE IN ENERGIJO
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

9