PRILOGA 1B

NASLOVNA STRAN NAČRTA

OSNOVNI PODATKI O GRADNJI	
naziv gradnje	**SANACIJA PLAZU ZAPLANINA 21 - BRVAR**
kratek opis gradnje	**Sanacija plazu s podporno AB sidrano pilotno steno dolžine 36.30m in maksimalne višine 13.50m, z obnovo vozišča in ureditvijo odvodnjavanja**
Seznam objektov, ureditev površin in komunalnih naprav z navedbo vrste gradnje.	
vrste gradnje	☐ **novogradnja - novozgrajen objekt**
Označiti vse ustrezne vrste gradnje	☐ **novogradnja - prizidava**
	☑ **rekonstrukcija**
	☐ **sprememba namembnosti**
	☐ **odstranitev**
DOKUMENTACIJA	
vrsta dokumentacije	**PZI (projektna dokumentacija za izvedbo gradnje)**
(IZP, DGD, PZI, PID)	
številka projekta	**1012**
	☐ **sprememba dokumentacije**
PODATKI O NAČRTU	
strokovno področje načrta	**Elaborat vpliva podnebnih sprememb**
številka načrta	**1012 Evps**
datum izdelave	**maj 2024**
PODATKI O IZDELOVALCU NAČRTA	
ime in priimek pooblaščenega arhitekta, pooblaščenega inženirja	**Mitja BIRSA, univ.dipl.inž.grad.**
identifikacijska številka	**G-0969**
podpis pooblaščenega arhitekta, pooblaščenega inženirja	
PODATKI O PROJEKTANTU	
projektant (naziv družbe)	**GRADING podjetje za gradbeni inženiring d.o.o.**
naslov	**Obrežna ulica 1, 2000 Maribor**
vodja projekta	**Mitja BIRSA, univ.dipl.inž.grad.**
identifikacijska številka	**G-0969**
podpis vodje projekta	
odgovorna oseba projektanta	**Manica Škrabl**
podpis odgovorne osebe projektanta	

PRILOGA 3

KAZALO VSEBINE PROJEKTA

PZI

po potrebi dodaj vrstice

PID

navesti tiste načrte, ki so dopolnjeni ali izdelani na novo

naziv načrta	številka načrta	naziv načrta	številka načrta
Vodilni načrt	**1012**		
Načrt gradbenih konstrukcij - sanacija plazu	**1012 K**		
Geološko geomehanski nadzor	**1012 Geo**		
Elaborat vpliva podnebnih sprememb	**1012 Evps**		
Geodetski načrt	**03 24**		

po potrebi dodaj vrstice

KAZALO IZKAZOV

PZI

po potrebi dodaj vrstice

naziv izkaza	št. izkaza

po potrebi dodaj vrstice

KAZALO VSEBINE ELABORATA

KAZALO ELABORATA VPLIVA PODNEBNIH SPREMEMB

naziv elaborata		naziv načrta	oznaka
S	**SPLOŠNI DEL**		
	Naslovna stran elaborata		**S.1**
	Kazalo vsebine projekta		**S.3.1**
	Kazalo vsebine elaborata		**S.3.2**
T	**TEHNIČNI DEL**		
	Tehnično poročilo		**T.1.1**
P	**PRILOGE**		
	Situacija odvodnjavanja - prispevne površine		**P.1**
	Hidravlični izračun		**P.2**
	Ocena sprememb nalivov za občino Vransko		**P.3**

po potrebi dodaj vrstice

TEHNIČNO POROČILO

TEHNIČNO POROČILO

T.1 SPLOŠNO

Po naročilu Občine Vransko smo izdelali projektno dokumentacijo za izvedbo sanacije plazu Zaplanina 21 - BRVAR.

Območje plazu je v Občini Vransko na višinski koti približno 635m. Cesta na območju plazu je široka 3,0 do 4,0m in je speljana v zelo blagi desni in levi krivini z enostranskim prečnim nagibom na vkopno stran ter bo zaradi plazenja zavarovana s sidrano pilotno steno dolžine L=36m pod cestnim nasipom. JP oz. dostopna cesta poteka po gričevnatem terenu. Pod cesto se razprostira pas z gozdom zaraslega pobočja ter travniške površine s posameznimi drevesi z nagibom 30 do 40%, pobočje nad cesto predstavljajo travniške površine do domačije ob javni poti. Približno 70m nad plazom poteka JP oz. občinska cesta ter ni predlog obravnave pričujočega projekta, ker ob ujmi v letu 2023 ni bila izrazito poškodovana.

Na območju obravnavanega projekta se je ob ujmi pojavil plaz na vozišču dostopne ceste k stanovanjski hiši št. 21. Globina plazenja znaša približno 4m, trajna sanacija bo izvedena z AB piloti ϕ50cm, ki bodo dodatno ojačani še s pasivnimi sidri.

Odvodnjavanje površinske vode bo zaradi zelo omejenega prostora urejeno z asfaltnimi muldami širine b=40cm na zunanji strani ceste oz. vzdolž pilotne stene in muldo širine b=50cm na vkopni strani. Predvidena je izvedba treh vtočnih jaškov s peskolovi v muldi na strani vkopa ter dveh zbirnih jaškov J3 in J4, ki omogočata zbiranje meteorne in drenirane vode iz muld na vplivnem območju projekta.

V zbirni jašek J3 doteka še meteorna voda s strehe stanovanjske hiše po kanalizacijski cevi PEHDϕ200mm, ki je bila vgrajena že pred plazenjem dostopne ceste. Jaška J3 in J4 povezuje cestni prepust PEHDϕ400mm, ki odvaja meteorno vodo v pobočno hudourniško kanaleto po strmem pobočju v gozdno grapo pod območjem plazenja.

T.2 PREVODNOST ODVODNE KANALIZACIJE

T.2.1 VHODNI PODATKI

T.2.1.1 Izbira obdobja izračuna

Pri izračunu prepusta in ureditve odvodnjavanja na območju plazu smo na podlagi priporočil in dosedanjih izkušenj upoštevali pričakovane oz. ocenjene ekstremne padavine v letih 2023 in 2050. V hidravlični presoji prevodnosti muld, cestnih odvodnih elementov in prepusta ter kanalete so zajete količine površinske vode v vplivnem območju ceste in omejenega dela pobočja nad cesto (vse do občinske ceste, ki poteka približno 70m nad plazom), ki gravitirajo v odvodni sistem. Prevodnost elementov odvodnjavanja je preverjena za 15 minutni naliv s 100 letno povratno dobo.

T.2.1.2 Ocena sprememb kratkotrajnih nalivov za obravnavano območje

Oceno sprememb nalivov na območju Občine Vransko je v decembru 2022 pripravil g. Anže Medved iz agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) in je priloga pričujočega poročila.

Podatki so pripravljeni za zmerno optimistični scenarij RCP4.5, ki predpostavlja znatne blažilne ukrepe glede izpustov toplogrednih plinov. Ocena trenutnega stanja povratnih nivojev je posodobljena, obstaja večji nabor meteoroloških postaj in daljši nizi meritev. Uporabljena je najnovejša metoda za izračun povratnih nivojev, vrednosti so interpolirane v pravilni mreži, tako da se lahko oceni vrednost projektnih nalivov v izbrani točki.

Iz literature in podatkov merilnih postaj je pričakovana 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 plazu Zaplanina v občini Vransko za scenarij RCP4,5 znaša okrog 0,2ºC/desetletje, z 95 odstotnim intervalom zaupanja med 0,14 in 0,31ºC/desetletje. Pričakovano naraščanje ekstremnih padavin je od 0,96% v vsakem desetletju (po stopnji 7%/ºC), oziroma 4,38%/desetletje (po 14%/ºC) ali za 4,81% in 21,91% v prihodnjih 50 letih.

Ocene sedanjih in prihodnjih vrednosti največjih višin 5, 10 in 15 minutnih nalivov s povratno dobo 100 let so prikazane v preglednici 2 (vir: ARSO Ocena sprememb nalivov na območju plazu Zaplanina v občini Vransko).

Vrednost s povratno dobo 100 let označuje tisto intenziteto padavin, ki je v povprečju dosežena ali presežena enkrat v prihodnjem 100 letnem obdobju.

T.2.2 PRISPEVNA POVRŠINA

Pri hidravličnem izračunu (prilagojena racionalna metoda) je upoštevana površinska voda, ki priteče na območje dostopne poti in v prepust iz pobočja v zaledju, strehe stanovanjske hiše in cestišča.

$$Q = q_{rač.} \times \phi \times A \times \Psi$$

Q = jakost skupnega odtoka (l/s)
$q_{rač.}$ = jakost računskega naliva (l/s/ha)
ϕ = odtočni koeficient
A = prispevna površina (ha)
Ψ = koeficient zakasnitve

Na prilogi P.1 so prikazane prispevne površine pobočja in vozišča, ki gravitirajo na območje plazu, prepust in kanaletni kanal pod dostopno cesto.

V spodnji tabeli so navedeni povprečni odtočni koeficienti glede na nagib pobočja in vrsto zemljišča. V hidravličnem izračunu velikosti odtoka so upoštevani odtočni koeficienti z upoštevanjem primerljivih vrednosti iz spodnje tabele. Pogoje izhlapevanja vode ocenjujemo kot dokaj dobre oz. povprečne.

Odtočni koeficient ϕ_i:

TEREN	Nagib terena (%)				
	1-5%	5-10%	10-30%	30-40%	40%-50%
Gozdovi	0-0,2	0-0,2	0,1-0,3	0,3-0,5	0,3-0,6
Naselja	0,35	0,35	0,40	0,5	0,7
Travniki in trate	0,3	0,35	0,4	0,6	0,6-0,8
Vozišča	0,9	0,9	0,9		
Strehe	0,9	0,9	0,95	0,95	

Za oceno časa koncentracije (t_k) meteorne vode v sistemu odvodnjavanja smo upoštevali pričakovane hitrosti odtokov vode na terenu. Zaradi majhnega vplivnega območja in znatnih hitrosti odtekanja vode po terenu oz. vozišču je očitno, da je potrebni čas koncentracije bistveno manjši od dolžine intervala projektnega kratkotrajnega naliva t=15minut pri 100 letni povratni dobi. Zato so v analizi upoštevane vse vrednosti faktorjev zakasnitve Ψ_i=1.

Hitrost odtoka vode na terenu (v=m/s):

TEREN	Nagib terena (%)						
	0-4%	4-8%	8-12%	12-15%	15-20%	20-25%	25-30%
Naselja	0,3	0,6	0,9	1,05	1,2	1,35	1,5
Travniki in trate	0,45	0,9	1,2	1,35	1,5	1,65	1,8
Njiva	0,6	1,2	1,3	1,5	1,65	1,8	1,95
Jarki	0,3	0,9	1,5	2,4			
Tlakovani jarki	1,5	3,6	4,65	5,4			

(Povprečne hitrosti odtoka vode po površju imajo le primerjalni pomen, uporabne so le pri oceni potrebnega časa koncentracije odtoka v projektni dolžini padavinskega intervala.)

Dolžina vplivnega območja znaša približno 75m, hitrosti odtekanja vode pri Q100 presegajo 2m/s zato je ob širini vplivnega območja v nagibu 20 do 30% čas koncentracije nekaj t_k zelo kratek.

Kljub temu bomo upoštevali jakost 15 minutnega projektnega naliva s T=100 letno povratno dobo. Za leto 2050 intenziteta padavin z upoštevanjem vplivov klimatskih sprememb znaša **567l/s/ha** kar presega projektni nivo, ki ga določa veljavni pravilnik za projektiranje cest, kjer se pri povezovalnih cestah upošteva intenziteto kratkotrajnega naliva 380l/s/ha ter za dostopne ceste le 110l/s/ha.

Velikost vplivnega območja znaša A=0,00346km^2 in povprečni odtočni koeficient za določanje največjega možnega odtoka pri uporabi Kersnikove metodologije ϕ=0,6 (povodja v srednjih nagibih). Največji pričakovani pritok meteorne vode tako po Kresnikovi metodi (brez modifikacij) znaša:

$Q_{max.}=\phi \times A \times 30/(0,5+A^{1/2})=0,6 \times 0,00346 \times 30/(0,5+0,00346^{1/2})=0,13 m^3/s=130 l/s$

Ocenjujemo, da največji pritok na zbirnem območju projekta, določen po Kresniku **$Q_{max.}$=130l/s, sicer precej odstopa od ocenjene vrednosti pritoka določenega na osnovi opazovanj v preteklih letih Q_{2023}=76l/s ter ob upoštevanju vplivov klimatskih sprememb v prihodnosti Q_{2050}=94l/s. Vzrok odstopanj je predvsem dejstvo, da je uporabnost Kresnikove metode vezana na večja povodja ter dejstvo, da je v našem primeru čas koncentracije zaradi majhnega zbirnega območja zelo kratek.**

T.2.3 DOKAZ PREVODNOSTI ELEMENTOV ODVODNJAVANJA

Meteorna voda iz cestnih površin in pobočja nad cesto od obstoječega prepusta do stanovanjske hiše bo po izvedbi sanacije plazu zbrana v jašku J3 (glej sliko, priloga P.1.1). Prepust med jaškoma J3 in J4 ter izpust v hudourniško kanaleto predstavljata dva segmenta cevi PEHD400 z vmesnim vtokom in iztokom v jašek J4, ki bo obdelan s polovičnim oz. polkrožnim delom PEHD cevi za dotok dodatnih količin meteorne vode iz mulde, ki poteka vzdolž pilotne stene. V jašek J3 dodatno doteka tudi meteorna voda po cevi PEHD200 s strehe in dvoriščnih površin ob stanovanjski hiši.

T.2.3.1 Prevodnost cestnega prepusta PEHDϕ400mm, i=12%, L=5,5m

Voda doteka v jaška J3 in J4 oz. v prepust iz cestnih požiralnikov in dodatno po cevi PEHDϕ200mm z območja stanovanjske hiše. Za 15minutni naliv s T=100letno povratno dobo največji pritok meteorne vode z upoštevanjem vplivov klimatskih sprememb znaša Q_{2050}=94l/s.

Prevodnost cestnega prepusta ob predpostavki hidravlično dolge cevi Q_p znaša 502l/s ter zagotovo ni problematična (priloga P.1.2.1).

Ker pa meteorna voda v jašek doteka z bočnih strani je potrebno prepust obravnavati s predpostavko hidravlično kratke cevi.

Projektni pretok (85% polnitev):Q_d=0,094/0,85=0,111m^3/s

Za obdelani vtok v prepust, mejna pretočna količina pri toku s prosto površino znaša:

$Q_{R,d}=2,17 \times D^{5/2}$= 0,159m^3/s > Q_d=0,111m^3/s

Ocenjujemo, da prepust prevaja s prosto gladino tudi največji možni dotok meteorne vode $Q_{max.}$=0,13m^3/s, ki je bil določen po Kresnikovi metodologiji za projektni naliv z zelo kratko povratno dobo. Zato je tok vode s prosto gladino v prepustu tudi ob intenzivnem in zelo kratkotrajnem nalivu še vedno zagotovljen.

T.2.3.2 Prevodnost asfaltne mulde b=0,5m, h=0,05m

Meteorna voda v prepust doteka skozi n=5 litoželeznih požiralnikov in po DKC cevi ϕ250mm. Dokazano je, da bo ob morebitnem projektnem 15 minutnem nalivu prevodnost mulde in požiralnikov izkoriščena 80% (izračuni so v prilogi P.1.2.2).

T.3 ZAKLJUČEK

Preverjena je prevodnost asfaltnih muld in prepusta na območju plazu »Zaplanina« v občini Vransko. Javna pot poteka v omejenem prostoru nad strmim pobočjem pod cesto. Poglavitni vzrok plazu na dostopni poti je povečana količina meteorne vode, ki je povzročila presežne

neugodne hidrodinamične vplive v pobočju, ki so povzročili plazenje pobočja in poškodbe na dostopni poti.

Za zmanjšanje nevarnosti ponovnega plazenja je predvidena izvedba odvodnjavanja vplivnega območja plazu z novim prepustom in kanaletnim kanalom po pobočju za odvajanje površinske vode izven vplivnega območja plazenja. Za zniževanje nivoja talne vode je hkrati predvidena izvedba cestnih drenaž ob pilotni steni in v zaledju.

Pri hidravličnem izračunu so prispevne površine korigirane z upoštevanjem odtočnih koeficientov, uporabljen je faktor zakasnitve ψ_i=1. Pri upoštevanem projektnem kratkotrajnem 15minut-nem nalivu s 100 letno povratno dobo je potrebni čas koncentracije bistveno krajši od trajanja naliva. Upoštevana je enakomerna razporeditev padavin znotraj 15 minutnega trajanja naliva ter je zato uporaba racionalne metodi pri analizi največjih pričakovanih pretokov upravičena.

Za določitev pričakovanih trendov naraščanja ekstremnih kratkoročnih padavin zaradi klimatskih sprememb je bila pri ARSO izdelana »*Ocena sprememb kratkotrajnih nalivov na območju plazov v občinah Podčetrtek in Vransko«,* ki je priloga pričujočega poročila. Rezultati poglobljene študije pričakovanih kratkotrajnih nalivov so upoštevani pri hidravličnem dimenzioniranju muld in cestnega prepusta.

Izračun prevodnosti je preverjen za leti 2023 in 2050 za 15 minutni naliv ob upoštevanju T=100 letne povratne dobe. Delež izkoriščenosti prevodnosti posameznih elementov odvodnjavanja ne presega 80%. Cestni prepust prevaja tudi ekstremno količino meteorne vode $Q_{max.}$=130l/s, ki je bila določena po Kresnikovi metodologiji, ter velja tudi za ekstremne nalive z zelo kratkim trajanjem.

Maribor, April 2024

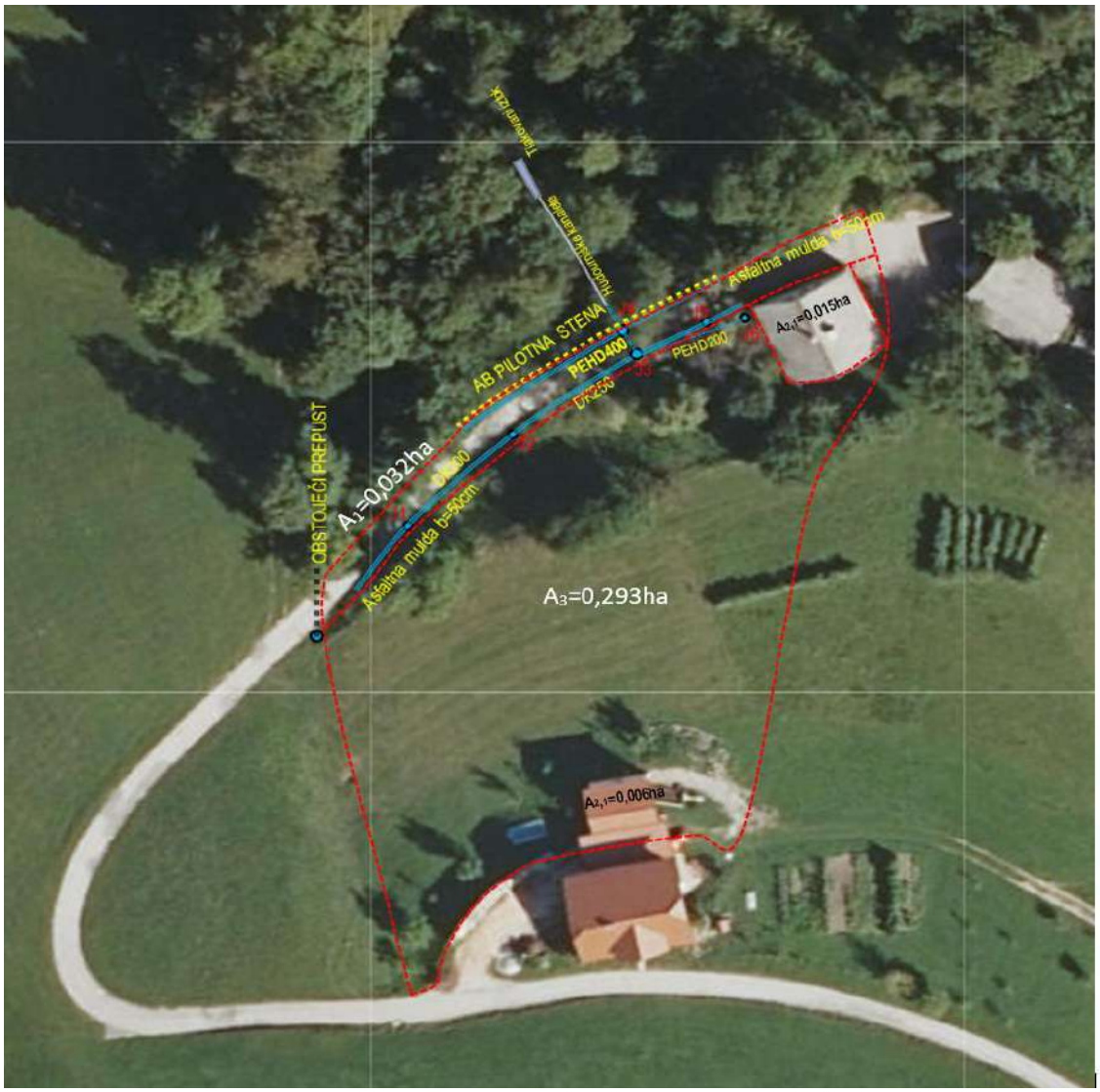
Pooblaščeni inženir:
Mitja Birsa, univ.dipl.inž.grad.

MITJA BIRSA
univ. dipl. inž. grad.
IZS G-0969

SITUACIJA ODVODNJAVANJA - PRISPEVNE PORŠINE

P.1 SANACIJA PLAZU ZAPLANINA (BRVAR 21)

P.1.1 VPLIVNO OBMOČJE METEORNE VODE - PRISPEVNE POVRŠINE IN SHEMA ODVODNJAVANJA



HIDRAVLIČNI IZRAČUN

P.1.2 PREVODNOST PREPUSTA IN ASFALTNE MULDE

PREPUST PEHD DN400mm

Dinamična viskoznost: $\eta = 1{,}038 \times 10^{-6} m^2/s$, T=10°c

Absolutna hrapavost: $\varepsilon = 0{,}5$mm za vse tipe PEHD cevi

Prispevne površine:	**Količniki odtokov (f_i):**								
Vrste zemljišč:	Nagib terena (%)								
Zemljišče	**1-5%**	**5-10%**	**10-30%**	**30-40%**	**40-50%**				
Gozd	0-0,2	0-0,2	0,1-0,3	0,2-0,4	**0,3-0,6**	(nagib 50 do 60%)	**0,7**	(nagib 40 do 50%)	**0,6**
Tavnik-trata	0,3	0,35	0,4	0,4-0,6	**0,6-0,8**	(nagib 30 do 40%)	**0,4**		
Njiva-vrt	0,5	0,6	**0,7**	0,8	0,9				
Cesta z asfaltno utrditvijo	0,9	**0,9**	0,9	0,9	**0,9**				
Dvorišča ob kmetijah	0,35	0,4	0,5	**0,6**	0,7				
Objekti - strehe	0,95	0,95	0,95	0,95	**0,95**				

PRIČAKOVANI KRATKOTRAJNI NALIVI NA OBMOČJU OBČINE VRANSKO, PLAZ ZAPLANINA: ARSO 2022

Povratna doba T=100 let: P (mm), q (l/(sha))

T	P_{2023}		P_{2050} (RCP4.5)	
	mm	l/(sha)	mm	l/(sha)
5	20	667	25	833
10	33	550	41	683
15	41	**456**	51	**567**

Koeficient zakasnitve: $\psi = 1{,}0$

Pri nalivu T=15minut se vzpostavi stacionarno stanje v 2 minutah.

$Q = q_{rač.} \times (A_i \times f_i \times \psi_i)$

P.1.2.1 PREVODNOST PREPUSTA J4-J3-hudourniška kanaleta, PEHDϕ400mm (izračun za hidravlično dolge cevi)

METORNA KANALIZACIJA	Površina	A	ϕ_i	Q_{100}	D	i	ε	Q_p	Q/Q_p	h/D	Ocena
		ha		l/s	mm		mm	(l/s)			
BJ22-BJ23 (2019)	Cesta:A_1	0,032	0,90	**76**	**400**	0,12	0,5	**502**	**0,151**	0,259	Ustreza v=4,16m/s ($v_{dop.}$=5m/s)
	Pašnik: A_3	0,293	**0,40**								
	Streha: $A_{2,1}$	0,015	**0,95**								
	Streha: $A_{2,2}$	0,006	**0,95**								
BJ22-BJ23 (2050)	Cesta:A_1	0,032	0,90	**94**	**400**	0,12	0,5	**502**	**0,187**	0,291	Ustreza v=4,27m/s ($v_{dop.}$=5m/s)
	Pašnik: A_3	0,293	**0,40**								
	Streha: $A_{2,1}$	0,015	**0,95**								
	Streha: $A_{2,2}$	0,006	**0,95**								

Skupna dolžina cevi: L_1+L_2=5,5m (hidravlično kratka cev), Ubdelani vtok, Izbrana 85% polnitev, Projektni pretok Q_d=0,094/0,85=0,111m^3/s

Tok s prosto površino. $Q_d/D^{5/2}$=1,69, H=0,39m (višina vode pred vtokom), h_s=0,244m, v_s=1,59m/s (hitrost v zoženem prerezu)

P.1.2.2 PREVODNOST ASFALTNE MULDE b=0,5m, h_c=0,05cm, i=3% ob vtoku v požiralnik, skupaj 5 iztokov

METORNA KANALIZACIJA	Površina	A	ϕ_i	Q_{100}	h_c	i	n	Q_p	Q/Q_p	h (cm)	Ocena
		ha		l/s	cm		/	(l/s)			
Na vkopni strani	Cesta:A_1	0,032	0,90	**69**	**5**	0,02	0,014	**107,5**	**0,643**	4,89	Ustreza v=1,07m/s ($v_{dop.}$=3m/s)
	Pašnik: A_3	0,293	**0,40**								
	Streha: $A_{2,2}$	0,006	**0,95**								
Na vkopni strani	Cesta:A_1	0,032	0,90	**86**	**5**	0,02	0,014	**107,5**	**0,800**	4,94	Ustreza v=1,18m/s ($v_{dop.}$=3m/s)
	Pašnik: A_3	0,293	**0,40**								
	Streha: $A_{2,2}$	0,006	**0,95**								

OCENA SPREMEMB NALIVOV ZA OBČINO VRANSKO

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Ocena sprememb nalivov na območju plazov v občinah Podčetrtek in Vransko

Pripravil:
Anže Medved

Ljubljana, december 2022

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) sevanja 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 vodoravna 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). Ti računajo na manjši površini in kot vhodni robni podatek jemljejo podatke kakega od 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 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 uporabljamo rezultate regionalnih podnebnih modelov projekta EuroCORDEX. Vodoravna ločljivost regionalnih modelov, ki smo jih uporabili, je okrog 14 km, obdobje modeliranja je za vse modele 1961–2100, za nekatere pa 1971–2100. Časovni korak modelskih rezultatov je en dan. Od približno 15 kombinacij globalnih in regionalnih podnebnih modelov 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 skupno vrednost in razpon nedoločenosti.

Podnebni modeli vsebujejo sistematične napake. Te nastanejo med drugim zaradi omejene vodoravne in navpične 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.

Ker je ločljivost modelov okrog 12 km, so modelski rezultati značilni za območja velikosti okrog 140 km^2. Za ocene sprememb nalivov so ta območja prevelika, zato smo rezultate vseh podnebnih modelov preračunali v ločljivost 1 km, tako da sedaj analiziramo rezultate za območja velikosti okoli 1 km^2. Za območje izbranih plazov smo izbrali modelske točke, ki so najbližje izbranim območjem in imajo tudi podobno nadmorsko višino. Seznam modelov (globalni podnebni model, ki je dal robne pogoje (gcm), regionalni podnebni model (rcm), katerega podatke analiziramo), prikazuje preglednica 1.

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

gcm	rcm
CNRM-CM5-LR	CCLM4-8-17
MPI-ESM-LR	CCLM4-8-17
EC-EARTH	HIRHAM5
IPSL-CM5A-MR	WRF331F
HadGEM2-ES	RACMO22E
MPI-ESM-LR	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 IPCC (Medvladni odbor za podnebne spremembe) je znanstvena skupnost določila nabor štirih novih scenarijev, ki se imenujejo značilni poteki vsebnosti (ang. Representative Concentration Pathways – RCP). Razlikujejo se po skupnem sevalnem prispevku leta 2100 glede na leto 1750.

Na zahtevo naročnika so podatki pripravljeni za sredino 21. stoletja in so ekstremne vrednosti ocenjene za obdobje okrog leta 2050. 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.

Oceno trenutnega stanja povratnih nivojev smo posodobili. Sedaj imamo večji nabor meteoroloških postaj in daljše nize meritev. Uporabili smo tudi najnovejšo metodo za izračun povratnih nivojev, tako da se lahko vrednosti razlikujejo od starih povratnih nivojev, ki so objavljeni na naši spletni strani. Vrednosti povratnih nivojev smo interpolirali v pravilno mrežo, tako da lahko ocenimo vrednosti v izbrani točki.

Ekstremne padavine

Modelski rezultati regionalni podnebnih modelov projekta EuroCORDEX nam zaradi 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) 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).

Kratkotrajni nalivi na območju plazu Virštanj (GKY: 542523, GKX: 110394)

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) za opazovanja 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 ekstremne nalive, ko povprečna dnevna temperatura zraka preseže 12 °C. Po rezultatih 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, 2008).

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 plazu Virštanj za scenarij **RCP4.5** znaša okrog **0,20 °C/desetletje,** z 95-odstotnim intervalom zaupanja med 0,13 in 0,34 °C/desetletje. Od tod lahko pričakujemo naraščanje v ekstremnih padavinah od **0,91 %/desetletje** (po stopnji 7 %/°C) oz. **4,76 %/desetletje** (po stopnji 14 %/°C) oz. za **4,55 %** in **23,80 %** v prihodnjih 50 letih. Trenda naraščanja ekstremnih padavin sta določena iz spodnjega in zgornjega intervala zaupanja trenda povprečne temperature. Ocene sedanjih in prihodnjih vrednosti največje višine 5, 10 in 15-minutnih nalivov s povratno dobo 100 let pa preglednica 2. 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 5-, 10- in 15-minutne nalive (v mm) s povratno dobo 100 let na območju plazu Virštanj. 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)
			100 let
Virštanj (GKY: 542523, GKX: 110394)	5	danes	19
		2050	20–24
	10	danes	33
		2050	35–41
	15	danes	41
		2050	43–51

Kratkotrajni nalivi na območju plazu Imenska gorca (GKY: 545438, GKX: 110941)

Stopnja naraščanja povprečne temperature zraka iz modelskih rezultatov izbranih regionalnih podnebnih modelov na območju plazu Imenska gorca za scenarij **RCP4.5** znaša okrog **0,20 °C/desetletje,** z 95-odstotnim intervalom zaupanja med 0,13 in 0,34 °C/desetletje. Od tod lahko

pričakujemo naraščanje v ekstremnih padavinah od **0,93 %/desetletje** (po stopnji 7 %/°C) oz. **4,77 %/desetletje** (po stopnji 14 %/°C) oz. za **4,67 %** in **23,84 %** v prihodnjih 50 letih. Trenda naraščanja ekstremnih padavin sta določena iz spodnjega in zgornjega intervala zaupanja trenda povprečne temperature. Ocene sedanjih in prihodnjih vrednosti največje višine 5, 10 in 15-minutnih nalivov s povratno dobo 100 let pa 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 plazu Imenska gorca. 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)**
			100 let
Imenska gorca (GKY: 545438, GKX: 110941)	5	danes	20
		2050	21–25
	10	danes	33
		2050	35–41
	15	danes	41
		2050	43–51

Kratkotrajni nalivi na območju plazu Zaplanina (GKY: 496012, GKX: 117589)

Stopnja naraščanja povprečne temperature zraka iz modelskih rezultatov izbranih regionalnih podnebnih modelov na območju plazu Zaplanina za scenarij **RCP4.5** znaša okrog **0,20 °C/desetletje,** z 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. Trenda naraščanja ekstremnih padavin sta določena iz spodnjega in zgornjega intervala zaupanja trenda povprečne temperature. Ocene sedanjih in prihodnjih vrednosti največje višine 5, 10 in 15-minutnih nalivov s povratno dobo 100 let pa preglednica 4. Vrednost s povratno dobo 100 let označuje tisto intenziteto padavin, ki je v povprečju dosežena ali presežena enkrat na 100 let.

Preglednica 4. Ocene za ekstremne 5-, 10- in 15-minutne nalive (v mm) s povratno dobo 100 let na območju plazu Zaplanina. 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)
			100 let
Zaplanina (GKY: 496012, GKX: 117589)	5	danes	17
		2050	18–21
	10	danes	30
		2050	31–37
	15	danes	38
		2050	40–47

Kratkotrajni nalivi na območju plazu Zahomce (GKY: 497209, GKX: 120245)

Stopnja naraščanja povprečne temperature zraka iz modelskih rezultatov izbranih regionalnih podnebnih modelov na območju plazu Zahomce za scenarij **RCP4.5** znaša okrog **0,20 °C/desetletje,** z 95-odstotnim intervalom zaupanja med 0,14 in 0,31 °C/desetletje. Od tod lahko pričakujemo naraščanje v ekstremnih padavinah od **0,96 %/desetletje** (po stopnji 7 %/°C) oz. **4,38 %/desetletje** (po stopnji 14 %/°C) oz. za **4,81 %** in **21,91 %** v prihodnjih 50 letih. Trenda naraščanja ekstremnih padavin sta določena iz spodnjega in zgornjega intervala zaupanja trenda povprečne temperature. Ocene sedanjih in prihodnjih vrednosti največje višine 5, 10 in 15-minutnih nalivov s povratno dobo 100 let pa preglednica 5. Vrednost s povratno dobo 100 let označuje tisto intenziteto padavin, ki je v povprečju dosežena ali presežena enkrat na 100 let.

Preglednica 5. Ocene za ekstremne 5-, 10- in 15-minutne nalive (v mm) s povratno dobo 100 let na območju plazu Zahomce. 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)
			100 let
Zahomce (GKY: 497209, GKX: 120245)	5	danes	17
		2050	18–21
	10	danes	30
		2050	31–37
	15	danes	38
		2050	40–46

Viri

- 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.