PRILOGA 1B

NASLOVNA STRAN NAČRTA

OSNOVNI PODATKI O GRADNJI	
naziv gradnje	**SANACIJA PLAZU NA LC 240041 DOBRINA - VARVASELA - GRUŠKOVJE (ŠIREC)**
kratek opis gradnje	**Sanacija plazu s AB podporno sidrano pilotno steno, kamnitimi drenažnimi rebri, rekonstrukcijo ceste 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	**1002**
	☐ **sprememba dokumentacije**
PODATKI O NAČRTU	
strokovno področje načrta	**Elaborat vpliva podnebnih sprememb**
številka načrta	**1002 EVPS**
datum izdelave	**julij 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
Vodilni načrt	**1002**	
Načrt gradbenih konstrukcij - sanacija plazu	**1002 K**	
Geološko geotehnični načrt	**1002 Geo**	
Elaborat vpliva podnebnih sprememb	**1002 Evps**	
Poročilo o dinamičnem sondiranju tal (DPL)	**Por DPL Širec**	
Geodetski načrt	**25-24**	

po potrebi dodaj vrstice

KAZALO IZKAZOV

PZI

po potrebi dodaj vrstice

naziv 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**
	Obstoječe stanje danes		**P.2.1**
	Stanje leta 2052		**P.2.2**
	Ocena sprememb nalivov za občino Žetale		**P.3**

po potrebi dodaj vrstice

TEHNIČNO POROČILO

TEHNIČNO POROČILO

T.1 SPLOŠNO

Po naročilu Občine Žetale smo izdelali projektno dokumentacijo za izvedbo sanacije plazu na LC 240041 Dobrina-Varvasela-Gruškovje (Širec).

Območje plazu se nahaja v Občini Žetale na višinski koti približno 330m. Površina območje plazenja obsega vozišče LC in pobočje nad in pod cesto na skupni dolžini približno 50m.

Na mikrolokaciji obravnavanega projekta se je ob ujmi v letu 2023 pojavil plaz na travniški površini nad in pod lokalno cesto ter poškodoval vozišče in komunalno infrastrukturo na dolžini približno 40 do 50m vzdolž lokalne ceste. Pobočja nad cesto in pod cesto z dokaj strmimi nagibi gradijo površinske plasti meljne gline odložene na plasti preperelega laporja. Debelina glinastih plasti znaša približno 3 do 4m ter se na območju plazu nedvomno premika v smeri padnice pobočja proti neimenovanem potoku pod cesto po neprepustni laporni kamnini.

Glavni vzrok plazenja glinastega pokrova je zasičenost površinskih glinastih plasti nad neprepustno podlago s površinsko in talno vodo, ki je ob ujmi dotekala po neizraziti in s travo obrasli grapi, ki poteka v smeri približno pravokotno na lokalno cesto. Na območju plazu cestni nasip poteka po pobočju nad neimenovanim vodotokom, ki ga gradijo vezane zemljine, ki so najbrž nastale s transportiranjem materialov v daljni preteklosti. Vplivno območje plazu je iz morfološkega ozira zelo zahtevno, ker se v manj izraziti pobočni grapi akumulira velika količina meteorne vode, ki vanjo doteka iz levega in desnega pobočja nad grapo ter je ob ujmi prelila lokalno cesto ter odtekala po pobočju proti vodotoku pod cesto. Ob ujmi se je po naši oceni v pobočju vzpostavil povišani nivo precejne vode v glinasti površinski plasti, ki je na pobočju nad in pod lokalno cesto ujmi lahko segal praktično do površja.

Na ogroženo in plazovito območje ob močnih kratkotrajnih nalivih doteka meteorno voda z zbirnega območja skupne površine približno A=1,592ha (vplivno območje je prikazano na prilogi P.1, slika P.1.1(b)) in ob intenzivnejših nalivih pospešeno zamaka površinsko glinasto plast. Površinska plast je zaradi neugodnih hidrodinamičnih in hidrostatičnih vplivov precejanja vode v preteklosti postajala manj stabilna ter se postopoma približevala mejnemu ravnovesnemu stanju. Zaradi zasičenosti in hkratnega upada strižne trdnosti se je pričel z vodo zasičeni pokrov v obliki plazu premikati v smeri padnice pobočja. Vidni so večji posedki in razpoke na travnatem pobočju, posedki in premiki vozišča lokalne ceste na dolžini 40m ter nariv na pobočju pod cesto. Odvajanje površinske vode iz območja plazu je bilo sicer sorazmerno dobro urejeno vendar ni bilo dimenzionirano na bistveno povečane količine vode, ki so se pojavile ob ujmi ob pojavu ekstremnih kratkotrajnih nalivov, ki so tudi posledice klimatskih sprememb. Zbirno območje meteorne vode predstavljajo travniške in gozdne površine nad lokalno cesto z dostopnimi potmi in sega vse do slemena približno 100 do 150m nad cesto.

S pričujočim projektom je predvidena izvedba sanacije za zmanjšanje ogroženosti pobočja in javne poti s plazenjem z izvedbo pilotne stene, globinskega odvodnjavanja z vkopanimi drenažno podpornimi kamnitimi rebri ter ureditev odvodnjavanja površinske vode s kanaletami ob javni poti, izvedbo drenažnega polja v grapi nad cesto ter meteorno kanalizacijo za preprečevanje pretiranega ponovnega zatekanja meteorne vode na območje saniranega plazu nad in pod lokalno cesto.

T.2 PREVODNOST ELEMENTOV ODVODNJAVANJA

T.2.1 VHODNI PODATKI

T.2.1.1 Izbira obdobja izračuna

Pri izračunu prepustov, kanaletnih jarkov in meteorne kanalizacije na območju plazu smo na podlagi priporočil in dosedanjih izkušenj upoštevali pričakovane oz. ocenjene ekstremne

padavine v letih 2024 in 2050. V hidravlični presoji prevodnosti elementov odvodnjavanja so upoštevane količine površinske vode v vplivnem območju ceste in omejenega dela pobočja nad cesto (do slemena na pobočju), ki gravitirajo v odvodni sistem ob LC. Prevodnost elementov odvodnjavanja je preverjena za 15 minutni naliv s T=100 letno povratno dobo.

T.2.1.2 Ocena sprememb kratkotrajnih nalivov za obravnavano območje

Oceno sprememb nalivov na območju naselja Žetale je v januarju 2024 pripravil »Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo«, 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 bila 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 v občini Žetale, za scenarij RCP4,5 znaša okrog 0,2ºC/desetletje, s 95 odstotnim intervalom zaupanja med 0,13 in 0,32ºC/desetletje. Pričakovano naraščanje ekstremnih padavin je od 0,91% v vsakem desetletju (po stopnji 7%/ºC), oziroma 4,48%/desetletje (po 14%/ºC) ali za 4,55% in 22,40% 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 naselja Žetale). Prostorska ločljivost podatkov znaša približno 14km ter so zato pridobljeni podatki uporabni za območje celotne Občine Žetale.

Vrednost s povratno dobo 100 let označuje tisto intenziteto padavin, ki bo 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 plazu na lokalni cesti in v prepusta oz. v meteorno kanalizacijo iz pobočja v zaledju in cestišča. Jakost skupnega odtoka je določena z izrazom:

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

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, prepustov oz. meteorne kanalizacije in cestnega jarka ob lokalni cesti.

V tabeli 1 so navedeni povprečni odtočni koeficienti glede na nagib pobočja in vrsto zemljišč. V hidravličnem izračunu velikosti odtoka so upoštevani odtočni koeficienti z upoštevanjem primerljivih vrednosti iz tabele 1.

Pogoje izhlapevanja vode ocenjujemo kot dokaj dobre. Nagib pobočja nad javno potjo je precej neenakomerno porazdeljen, v glavnem znaša od 45 do 55%. Za travnike in pašnike je upoštevan povprečni koeficient odtoka ϕ=0,7, za gozd ϕ=0,6 ter za vozišče JP odtočni koeficient ϕ=0,9.

Tabela 1: Odtočni koeficienti 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	0,4-0,6	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 meteorne vode v sistemu odvodnjavanja 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 pri oceni potrebnega časa koncentracije odtoka v projektni dolžini padavinskega intervala.)

Dolžina vplivnega območja znaša največ 150m, hitrosti odtekanja vode pri Q_{100} znašajo nad 2m/s, zato je ob dolžini vplivnega območja 150m v nagibu 45 do 55% čas koncentracije t_k zelo kratek in ne presega 2′. Kljub temu bomo v hidravličnih izračunih upoštevali jakost 15 minutnega projektnega naliva s T=100 letno povratno dobo, ki je običajen pri obravnavi manj zahtevnih objektov, kjer morebitno prelivanje meteorne vode ne more povzročiti katastrofalnih posledic. Za leto 2050 intenziteta padavin z upoštevanjem vplivov klimatskih sprememb znaša **533l/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.

Za oceno realnosti izvedenih hidravličnih izračunov smo najprej izvedli primerjalni izračun po Kresnik-ovi analogiji. Velikost vplivnega območja znaša A=0,01592km^2 in povprečni odtočni koeficient za določanje največjega možnega odtoka pri uporabi Kersnikove metodologije ϕ=0,65 (upoštevali smo povodja v srednjih do velikih nagibih). Največji pričakovani pritok meteorne vode tako po Kresnikovi metodi (brez modifikacij) znaša:

$$\mathbf{Q_{max.}=\phi \times A \times 30/(0,5+A^{1/2})=0,65 \times 0,01592 \times 30/(0,5+0,01592^{1/2})=0,496 m^3/s=496 l/s}$$

Ocenjujemo, da največji pritok na zbirnem območju projekta, določen po Kresnikovi metodologiji, **$Q_{max.}$=496l/s, bistveno ne odstopa od ocenjene vrednosti pritoka določenega na osnovi opazovanj v preteklih letih Q_{2024}=526l/s ter ob upoštevanju vplivov klimatskih sprememb v prihodnosti Q_{2050}=643l/s. Vzrok manjših odstopanj je primernost Kresnikove metode, ki je bolj primerna za večja povodja ter dejstvo, da v Kresnikovi metodologiji ni upoštevanih klimatskih sprememb. V obravnavanem primeru je čas koncentracije zaradi majhnega zbirnega območja zelo kratek. Največji pričakovani pritok z upoštevanjem vseh prvin racionalne metode in klimatskih sprememb bi lahko dosegal vrednost $Q_{2050,max.}$=925l/s ter ga je smiselno in potrebno upoštevati le pri najzahtevnejši objektih (elektrarne, večji jezovi nad mesti i.t.d.), kjer se praviloma upošteva največji dotok ob kratkotrajnem nalivu s trajanjem, ki je približno enak času koncentracije t_k.**

V obravnavanem primeru, ob dolžini povodja približno 150m, potrebni čas koncentracije znaša 1-2 minuti, zato ocenjujemo, da so rezultati izračunov med sabo primerljivi. Za čas

koncentracije meteorne vode t_k=5minut dotok vode po predlogu ARRSO dosega vrednost $Q_{2023,5'}$=526×767/533=757l/s, pri dejanskem času koncentracije t_k=1-2′ pa je vrednost največjega pritoka lahko še večja, vendar je verjetnost takšnega pojava najbrž zelo majhna. Z ozirom na vrsto, stopnjo ogroženosti in pomen objekta bomo pri dokazovanju prevodnosti posameznih elementov odvodnjavanja upoštevali projektni naliv s T=15minutno povratno dobo.

T.2.3 DOKAZ PREVODNOSTI ELEMENTOV ODVODNJAVANJA

Meteorna voda iz pobočja nad LC doteka na območje plazu po manj izraziti grapi nad cesto na začetnem delu sanacije ter po pašniških površinah na pobočju nad cesto na preostalem delu sanacije plazu na lokalni cesti. S PZI projektno dokumentacijo je predvidena izvedba kanaletnega jarka v zaledju lokalne ceste, ker le s cestno asfaltno muldo ali koritnico ni mogoče zagotoviti odvajanja koncentriranih količin meteorne vode z območja grape nad cesto. Za zmanjšanje količine meteorne vode, ki priteka iz grape ter dreniranja tal na najbolj razmočenem delu grape je predvidena tudi izvedba drenažnega polja dolžine 20 in širine 2m z drenažno kanalizacijsko cevjo, ki bo odvajalo del meteorne vode ter zagotavljalo dreniranje tal hkrati.

Meteorna voda, ki doteka po grapi nad cesto in po asfaltni muldi vzdolž lokalne ceste pred območjem sanacije bo odvedena v jašek J1 ter preko jaška J2 v odvodni jarek pod plazom, ki bo utrjen s kamnom v betonu (prikazano je v shemi odvodnjavanja na prilogi P.1, slika P.1.1(a)).
Preostala meteorna voda iz pobočja nad cesto ter vozišča bo zbrana v zbirnem jašku J6 ter bo po meteorni kanalizaciji odvedena v odvodni jarek pod plazom.

T.2.3.1 Prevodnost meteorne kanalizacije J2-Izpust, PEHD400, L=20m, i=12%

Za 15minutni naliv s T=100letno povratno dobo največji pritok meteorne vode v jašek J2 z upoštevanjem vplivov klimatskih sprememb znaša Q_{2050}=352l/s ter projektni pretok ob upoštevanju 85% polnitve Q_d=415l/s.
Zaradi kaskade v jašku J2 je cev v hidravličnem smislu kratka. Odvajanje vode iz jaška J2 pri projektnem pretoku je mogoče le v režimu pod tlakom z nepotopljenim iztokom. Potrebna prevodnost je računsko dokazana saj prevodnost cevi dosega vrednost Q_p=491l/s pri povprečni hitrosti toka vode v cevi v=4,39m/s.

Rezultate hidravličnega računa prikazuje priloga P.1.2.1.

T.2.3.2 Prevodnost cestnega prepusta J1-J2, PEHD400, i=5%, L=9m

Meteorna voda doteka v jašek J1 po kanaletnem kanalu z bočne strani in le manjša količina po DKC cevi iz drenažnega polja v zaledju.

Za 15minutni naliv s T=100letno povratno dobo največji pritok meteorne vode v zbirni jašek J1 z upoštevanjem vplivov klimatskih sprememb znaša Q_{2050}=352l/s ter projektni pretok ob upoštevanju 85% polnitve Q_d=415l/s.
Zaradi prevladujočega bočnega dotoka v jašek J1 in majhnega hidravličnega padca je cev v hidravličnem smislu kratka. Odvajanje vode iz jaška J1 bo pri projektnem pretoku potekalo v režimu pod tlakom z nepotopljenim iztokom. Potrebna prevodnost je računsko dokazana z upoštevanjem dviga nivoja mirujoče vode v jašku J1 do kote vtoka v jašek iz kanalete v zaledju. Prevodnost cevi dosega vrednost Q_p=470l/s pri povprečni hitrosti toka vode v cevi v=4,39m/s.
Rezultate hidravličnega računa prikazuje priloga P.1.2.2.

T.2.3.3 Prevodnost betonske kanalete b/h=48/30cm pred jaškom J1, i=10%

V kanaletni kanal doteka voda iz grape nad cesto z zbirnim območjem na levi in desni strani grape ter po asfaltni muldi ob vozišču pred območjem sanacije.

Za 15minutni naliv s T=100letno povratno dobo največji pritok meteorne vode v kanaletni kanal z upoštevanjem vplivov klimatskih sprememb znaša Q_{2050}=352l/s ter projektni pretok ob upoštevanju 85% polnitve Q_d=415l/s.

Z upoštevanjem vzdolžnega nagiba kanala in hrapavosti betonskih kanlet n=0,014 je potrebna prevodnost računsko dokazana. Prevodnost kanaletnega kanala dosega vrednost Q_p=665l/s pri povprečni hitrosti toka vode v cementni kanaleti v=4,88m/s.
Rezultate hidravličnega računa prikazuje priloga P.1.2.3.

T.2.3.4 Prevodnost meteorne kanalizacije J8-Izpust, PEHD400, L=20m, i=12%

Za 15minutni naliv s T=100letno povratno dobo največji pritok meteorne vode v jašek J2 z upoštevanjem vplivov klimatskih sprememb znaša Q_{2050}=291l/s ter projektni pretok ob upoštevanju 85% polnitve Q_d=343l/s.

Zaradi kaskade v jašku J2 je cev v hidravličnem smislu kratka. Odvajanje vode iz jaška J2 je pri projektnem pretoku možna le v režimu pod tlakom z nepotopljenim iztokom. Potrebna prevodnost je računsko dokazana, prevodnost cevi dosega vrednost Q_p=424l/s pri povprečni hitrosti toka vode v cevi v=4,48m/s.
Rezultate hidravličnega računa prikazuje priloga P.1.2.4.

T.2.3.5 Prevodnost meteorne kanalizacije J6-J7, PEHD400, L=4m, i=12%

Za 15minutni naliv s T=100letno povratno dobo največji pritok meteorne vode v zbirni jašek J2 z upoštevanjem vplivov klimatskih sprememb znaša Q_{2050}=291l/s ter projektni pretok ob upoštevanju 85% polnitve Q_d=343l/s.

Zaradi kaskade in peskolova v jašku J6 je cev v hidravličnem smislu kratka. Odvajanje vode iz jaška J2 je pri projektnem pretoku možna le v režimu pod tlakom z nepotopljenim iztokom. Za zagotavljanje potrebne prevodnosti Q_d=343l/s je računsko preverjen potrebni dvig nivoja mirujoče vode v jašku J6, ki znaša H_d=0,924m.
Potrebna prevodnost Q_d=343l/s je računsko dokazana pri povprečni hitrosti toka vode v cevi v=3,62m/s za cev, ki je v hidravličnem smislu kratka ob dvigu nivoja mirujoče vode v jašku J6 za hidravlično višino H_d=0,924m.
Rezultate hidravličnega računa prikazuje priloga P.1.2.5.

T.2.3.4 Prevodnost meteorne kanalizacije J5-J6, PEHD400, L=20m, i=5%

Za 15minutni naliv s T=100letno povratno dobo največji pritok meteorne vode v J2 z upoštevanjem vplivov klimatskih sprememb znaša Q_{2050}=281l/s ter projektni pretok ob upoštevanju 85% polnitve Q_d=331l/s.
Voda v jašek J5 s peskolovom doteka iz kanaletnih kanalov z bočnih strani zato je cev v hidravličnem smislu kratka. Odvajanje vode iz jaška J2 je pri projektnem pretoku možna le v režimu pod tlakom s potopljenim iztokom. Potrebna prevodnost je računsko dokazana z upoštevanjem dviga mirujoče vode do kote iztoka iz kanaletnih kanalov, prevodnost cevi dosega vrednost Q_p=337l/s pri povprečni hitrosti toka vode v cevi v=3,53m/s.
Rezultate hidravličnega računa prikazuje priloga P.1.2.6.

T.3 ZAKLJUČEK

Preverjena je prevodnost cestnih prepustov oz. dveh segmentov meteorne kanalizacije in kanaletnega kanala v zaledju lokalne ceste LC 240041 Dobrina-Varvasela-Gruškovje na območju zemeljskega plazu Širec. Glavni vzrok nastanka plazu na LC je povečana količina meteorne vode, ki se je ob ujmi v letu 2023 prelivala po pobočju, povzročila presežne neugodne hidrodinamične vplive ter plazenje vozišča in dela pobočja nad in pod cesto

Za zmanjšanje nevarnosti ponovnega plazenja je predvidena izvedba sidrane pilotne stene, drenažno podpornih kamnitih reber ter odvodnjavanja vplivnega območja plazu z novima prepustoma, kanaletnim kanalom ob JP ter meteorno kanalizacijo za zanesljivo odvajanje površinske vode izven vplivnega območja plazenja. Za zniževanje nivoja talne vode je predvidena hkrati tudi izvedba globokih drenaž ob kamniti pilotni steni, v kamnitih rebrih na pobočju nad njo ter izvedba manjšega drenažnega polja v grapi nad cesto po kateri je ob ujmi meteorna voda koncentrirano dotekala na območje lokalne ceste.

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 prav zato uporaba prilagojene racionalne metode pri analizi največjih pričakovanih pretokov meteorne vode upravičena.

Za določitev pričakovanih trendov naraščanja ekstremnih kratkoročnih padavin zaradi klimatskih sprememb je bila pri ARSO izdelana »*Ocena sprememb kratkotrajnih nalivov v naselju Žetale«,* ki je priloga pričujočega poročila. Rezultati poglobljene študije pričakovanih kratkotrajnih nalivov so upoštevani pri hidravličnem dimenzioniranju prepustov in meteorne kanalizacije s kaskadnimi jaški na pobočju ob plazu. Zaradi različnih režimov toka vode v meteorni kanalizaciji in prehodnih stanj ter vrtinčenja vode v kaskadnih jaških je smiselno na jaških pod cesto predvideti izvedbo vakumskih razbremenilnikov (po tri odprtine ϕ10cm na zgornji cevi pod betonskim pokrovom).

Izračun prevodnosti je preverjen za leti 2024 in 2050 za 15 minutni naliv ob upoštevanju T=100 letne povratne dobe. Delež izkoriščenosti prevodnosti posameznih elementov odvodnjavanja ne presega 85%.

Maribor, Avgust 2024

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

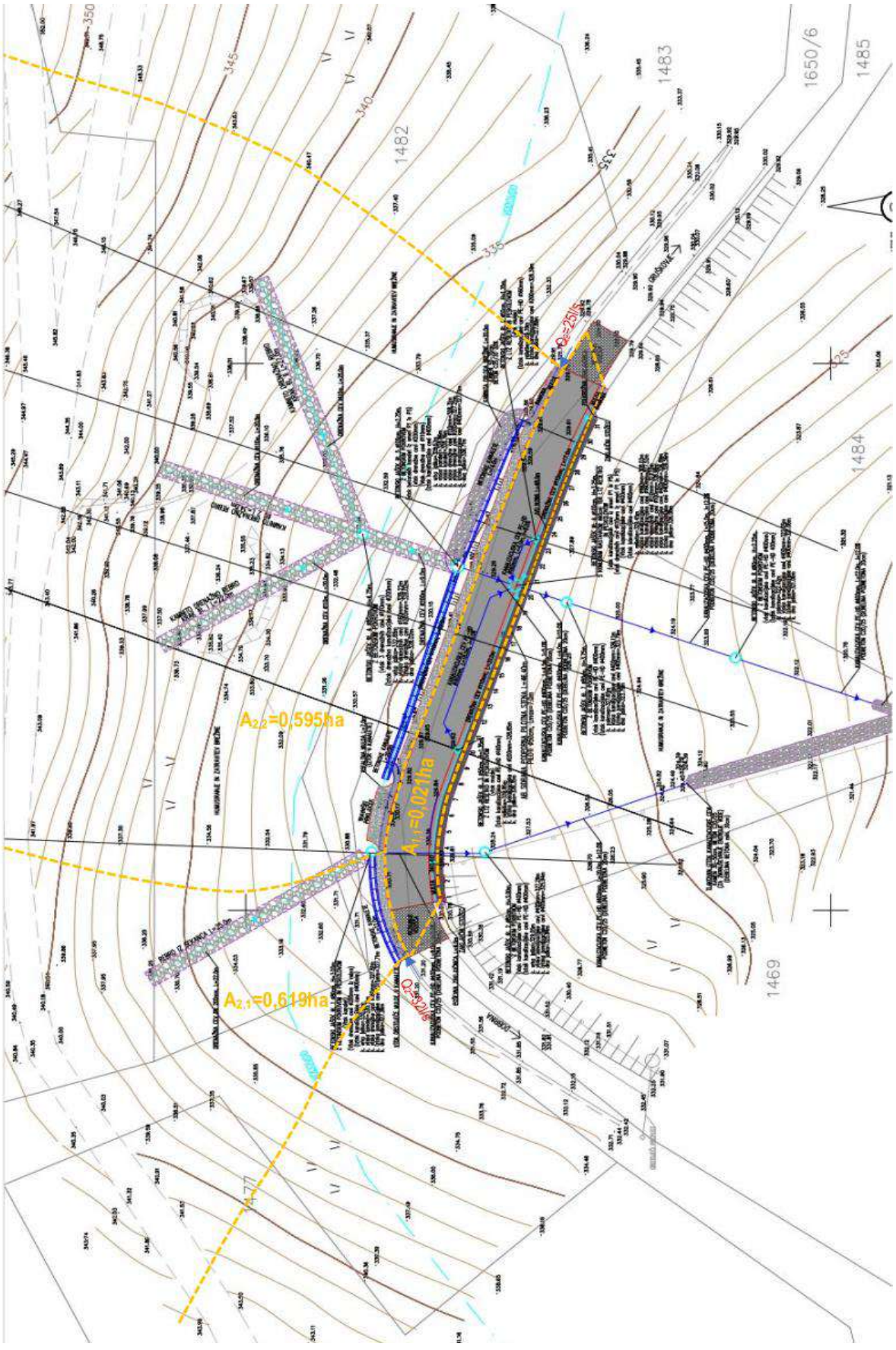


.

SITUACIJA ODVODNJAVANJA - PRISPEVNE PORŠINE

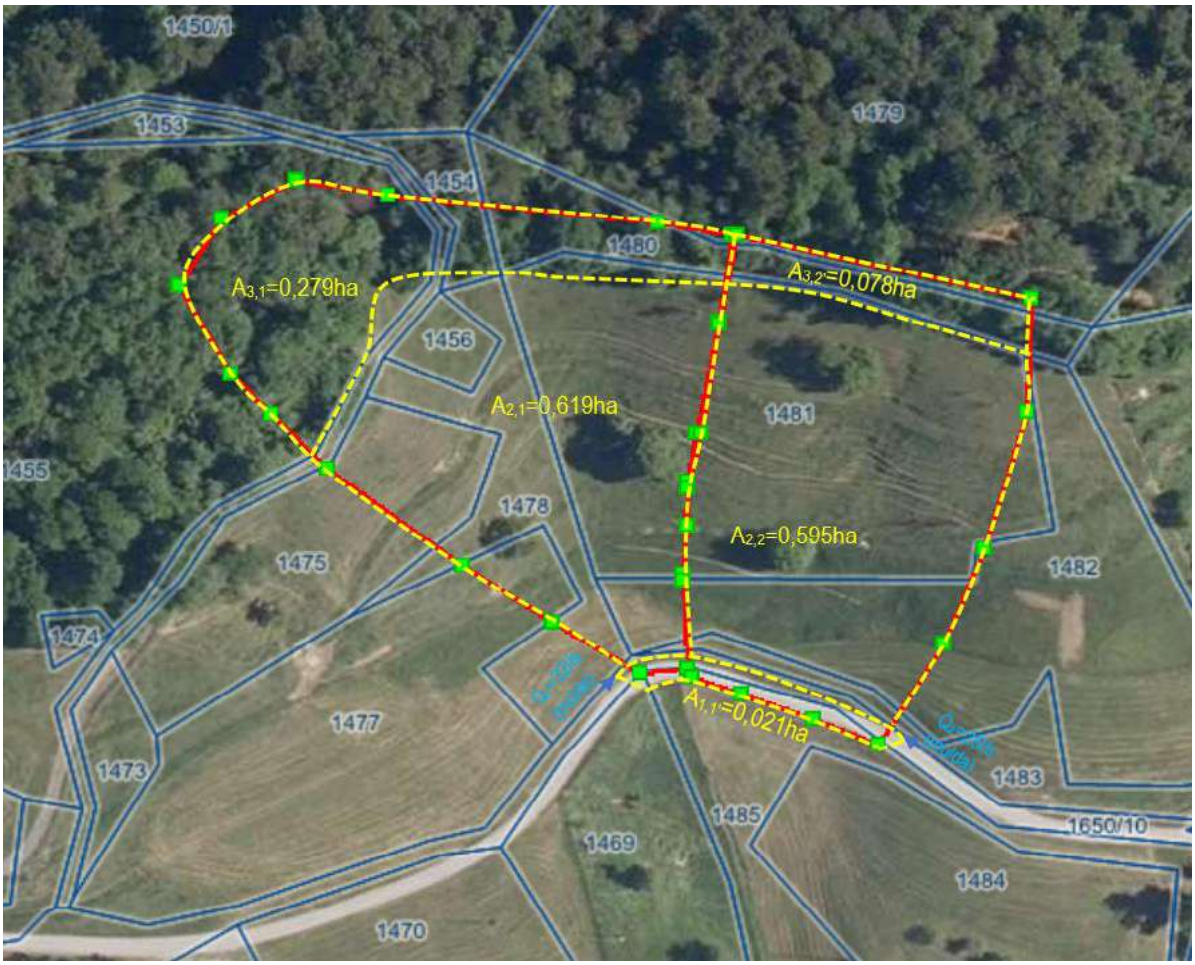
P.1 SANACIJA PLAZU NA LC 240041 DOBRINA-VARVASELA-GRUŠKOVJE (ŠIREC)

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



Slika P.1.1(a): Shema meteornega odvodnjavanja

HIDRAVLIČNI IZRAČUN



Slika P.1.1(b): Prispevne površine meteorne vode ΣAi=1,592ha

P.1.2 PREVODNOST BETONSKIH KANALET, PREPUSTOV IN METEORNE KANALIZACIJE

PREPUSTA ABC 50 in 60cm ter PEHD DN315mm

Dinamična viskoznost: $\eta=1{,}038\times10^{-6}m^2/s$, T=10°c

Absolutna hrapavost: $\varepsilon=0{,}5$mm za vse tipe PEHD cevi, ε=1mm za AB 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 45 do 55%)	**0,6**
Tavnik-trata	0,3	0,35	0,4	0,4-0,6	**0,6-0,8**	(nagib 40 do 50%)	**0,7**
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 ŽETALE, PLAZ NA LC 240041: ARSO 2024

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

T	P_{2023}		P_{2050} (RCP4.5)	
	mm	l/(sha)	mm	l/(sha)
5	19	633	23	767
10	32	533	39	650
15	39	**433**	48	**533**

Koeficient zakasnitve: ψ=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 METEORNE KANALIZACIJE J2-Jarek, PEHD DN400mm, L=20m, i=12%

Izračuni pritokov						Prevodnost sistema (L=∞ , tok s prosto površino)					
POBOČNA KANALIZACIJA	Površina	A	ϕ_i	Q_{100}	Q_d	ϕ=D	ε	Q_p	Q_{100}/Q_p	h/D	Ocena
		ha		l/s	l/s	mm	mm	(l/s)			
J2-Jarek (2024)	Pašnik: $A_{2,1}$ Gozd: $A_{3,1}$ Dotok po muldi	0,619 0,279	**0,70** **0,60**	292	344	347	0,500	**581**	**0,503**	0,502	Sprejemljivo pri Q_{100} v=6,14m/s ($v_{dop.}$=5m/s)
J2-Jarek (2050)	Pašnik: $A_{2,1}$ Gozd: $A_{3,1}$ Dotok po muldi	0,619 0,279	**0,70** **0,60**	352	415	347	0,500	**581**	**0,606**	0,564	Sprejemljivo pri Q_{100} v=6,38m/s ($v_{dop.}$=5m/s)

Skupna dolžina cevi L=20m, obdelani vtok, nepotopljeni iztok, **kaskada v jašku-cev je hidravlično kratka**.

HIDRAVLIČNO KRATKA CEV:

H_0=1,35m (najvišji možni nivo vode v jašku J2), tok vode pod tlakom z nepotopljenim iztokom. Lokalne izgube: ξ_1=0,3 (obdelani vtok), $\xi_2=125\times n^2\times L/D^{4/3}=125\times0{,}011^2\times20/0{,}347^{4/3}$=1,241 (trenje), $F_r=Q_d/(A_c\times(g\times D)^{1/2})$=1,272, η=0,76 in $A_c=0{,}347^2\times\pi/4$=0,0946m² (prerez cevi).

$Q_p=A_c\times(2\times g\times(H_0+i\times L-\eta\times D))^{1/2}/(1+\Sigma\xi i)^{1/2}=0{,}0946\times(2\times9{,}81\times(1{,}35+0{,}12\times20-0{,}76\times0{,}347)^{1/2})/(1+1{,}541)^{1/2}=0{,}491m^3/s$

Q_d=0,415m³/s < $R_d=Q_p$=0,491m³/s

v_d=4,39m/s < $v_{dop.}$=5,0m/s

P.1.2.2 PREVODNOST METEORNE KANALIZACIJE (PREPUST) J1-J2, PEHD DN400mm, L=9m, i=5%

Izračuni pritokov						Prevodnost sistema (L=∞ , tok s prosto površino)					
POBOČNA KANALIZACIJA	Površina	A	ϕ_i	Q_{100}	Q_d	ϕ=D	ε	Q_p	Q_{100}/Q_p	h/D	Ocena
		ha		l/s	l/s	mm	mm	(l/s)			
J2-J1 (2024)	Pašnik: $A_{2,1}$ Gozd: $A_{3,1}$ Pritok po muldi	0,619 0,279	**0,70** **0,60**	292	344	347	0,500	**374**	**0,782**	0,684	Sprejemljivo pri Q_{100} v=4,24m/s ($v_{dop.}$=5m/s)
J2-J1 (2050)	Pašnik: $A_{2,1}$ Gozd: $A_{3,1}$ Pritok po muldi	0,619 0,279	**0,70** **0,60**	352	415	347	0,500	**374**	**0,942**	0,837	Sprejemljivo pri Q_{100} v=4,21m/s ($v_{dop.}$=5m/s)

Skupna dolžina cevi L=9m, neobdelani vtok, nepotopljeni iztok, **kaskada in peskolov v jašku-cev se obnaša kot hidravlično kratka**.

HIDRAVLIČNO KRATKA CEV:

H_0=2,4m (najvišji možni nivo vode v jašku J1), tok vode pod tlakom z nepotopljenim iztokom. Lokalne izgube: ξ_1=0,5 (neobdelani vtok), $\xi_2=125\times n^2\times L/D^{4/3}=125\times0{,}011^2\times9/0{,}347^{4/3}$=0,558 (trenje), $F_r=Q_d/(A_c\times(g\times D)^{1/2})$=1,272, η=0,76 in $A_c=0{,}347^2\times\pi/4$=0,0946m² (prerez cevi).

$Q_p=A_c\times(2\times g\times(H_0+i\times L-\eta\times D))^{1/2}/(1+\Sigma\xi i)^{1/2}=0{,}0946\times(2\times9{,}81\times(2{,}40+0{,}05\times9-0{,}76\times0{,}347)^{1/2})/(1+1{,}058)^{1/2}=0{,}470m^3/s$

Q_d=0,415m³/s < $R_d=Q_p$=0,470m³/s

v_d=4,39m/s < $v_{dop.}$=5,0m/s

P.1.2.3 PREVODNOST BETONSKE KANALETE, b/H=48/30cm, i=10%

Izračuni pritokov						Prevodnost sistema (postopni dotok)					
MULDA OB BANKINI	Površina	A	ϕ_i	Q_{100}	Q_d	b/H	n	Q_p	Q_{100}/Q_p	h/H	Ocena
		ha		l/s	l/s	cm	/	(l/s)			
J2-J1 (2024)	Pašnik: $A_{2,1}$ Gozd: $A_{3,1}$ Pritok po muldi	0,619 0,279	**0,70** **0,60**	292	344	48/30	0,014	**665**	**0,440**	0,593	Sprejemljivo pri Q_{100} v=4,65m/s ($v_{dop.}$=4m/s)
J2-J1 (2050)	Pašnik: $A_{2,1}$ Gozd: $A_{3,1}$ Pritok po muldi	0,619 0,279	**0,70** **0,60**	352	415	48/30	0,014	**665**	**0,530**	0,667	Sprejemljivo pri Q_{100} v=4,88m/s ($v_{dop.}$=5m/s)

P.1.2.4 PREVODNOST METEORNE KANALIZACIJE J8-Iztok, PEHD DN400mm, L=12m, i=12%

Izračuni pritokov						Prevodnost sistema (L=∝ , tok s prosto površino)					
POBOČNA KANALIZACIJA	Površina	A	ϕ_i	Q_{100}	Q_d	ϕ=D	ε	Q_p	Q_{100}/Q_p	h/D	Ocena
		ha		l/s	l/s	mm	mm	(l/s)			
J2-Jarek (2024)	Pašnik: $A_{2,2}$ Gozd: $A_{3,2}$ Dotok po muldi Cesta:$A_{1,1}$	0,595 0,078 0,021	**0,70** **0,60** **0,90**	234	275	347	0,500	**581**	**0,403**	0,455	Sprejemljivo pri Q_{100} v=5,98m/s ($v_{dop.}$=5m/s)
J2-Jarek (2050)	Pašnik: $A_{2,2}$ Gozd: $A_{3,2}$ Dotok po muldi Cesta:$A_{1,1}$	0,619 0,078 0,021	**0,70** **0,60** **0,90**	291	343	347	0,500	**581**	**0,501**	0,501	Sprejemljivo pri Q_{100} v=6,14m/s ($v_{dop.}$=5m/s)

Skupna dolžina cevi L=12m, obdelani vtok, nepotopljeni iztok, **kaskada v jašku J8-cev je hidravlično kratka**.

HIDRAVLIČNO KRATKA CEV:

H_0=0,99m (najvišji pričakovani nivo vode v jašku J8), tok vode pod tlakom z nepotopljenim iztokom. Lokalne izgube: ξ_1=0,3 (obdelani vtok), $\xi_2=125\times n^2\times L/D^{4/3}=125\times 0{,}011^2\times 12/0{,}347^{4/3}=0{,}744$ (trenje), $F_r=Q_d/(A_c\times(g\times D)^{1/2})=1{,}965$, η=0,67 in $A_c=0{,}347^2\times\pi/4=0{,}0946m^2$ (prerez cevi).

$Q_p=A_c\times(2\times g\times(H_0+i\times L-\eta\times D))^{1/2}/(1+\Sigma\xi i)^{1/2}=0{,}0946\times(2\times 9{,}81\times(0{,}99+0{,}12\times 12-0{,}67\times 0{,}347))^{1/2}/(1+1{,}144)^{1/2}=0{,}424m^3/s$

$Q_d=0{,}343m^3/s < R_d=Q_p=0{,}424m^3/s$

$v_d=4{,}48m/s < v_{dop.}=5{,}0m/s$

P.1.2.5 PREVODNOST METEORNE KANALIZACIJE J6-J7, PEHD DN400mm, L=4m, i=12%

Izračuni pritokov						Prevodnost sistema (L=∝ , tok s prosto površino)					
POBOČNA KANALIZACIJA	Površina	A	ϕ_i	Q_{100}	Q_d	ϕ=D	ε	Q_p	Q_{100}/Q_p	h/D	Ocena
		ha		l/s	l/s	mm	mm	(l/s)			
J6-J7 (2024)	Pašnik: $A_{2,2}$ Gozd: $A_{3,2}$ Dotok po muldi Cesta:$A_{1,1}$	0,595 0,078 0,021	**0,70** **0,60** **0,90**	234	275	347	0,500	**581**	**0,403**	0,455	Sprejemljivo pri Q_{100} v=5,98m/s ($v_{dop.}$=5m/s)
J6-J7 (2050)	Pašnik: $A_{2,2}$ Gozd: $A_{3,2}$ Dotok po muldi Cesta:$A_{1,1}$	0,619 0,078 0,021	**0,70** **0,60** **0,90**	291	343	347	0,500	**581**	**0,501**	0,501	Sprejemljivo pri Q_{100} v=6,14m/s ($v_{dop.}$=5m/s)

Skupna dolžina cevi L=4,0m, obdelani vtok, nepotopljeni iztok, **kaskada v jašku J7- cev je v hidravličnem smislu kratka**.

HIDRAVLIČNO KRATKA CEV:

Tok vode pod tlakom z nepotopljenim iztokom. Lokalne izgube: ξ_1=0,5 (neobdelani vtok), $\xi_2=125\times n^2\times L/D^{4/3}=125\times 0{,}011^2\times 12/0{,}347^{4/3}=0{,}248$ (trenje), $F_r=Q_d/(A_c\times(g\times D)^{1/2})=1{,}965$, η=0,67 in $A_c=0{,}347^2\times\pi/4=0{,}0946m^2$ (prerez cevi).

Potrebno hidravlično višino v jašku J6 pred vtokom v cev določimo:

$H_d=(Q_d/A_c)^2\times(1+\Sigma\xi i)/(2\times g)-i\times L+\eta\times D=(0{,}343/0{,}0946)^2\times(1+0{,}748)/(2\times 9{,}81)-0{,}12\times 4+0{,}67\times 0{,}347=0{,}924m$

$Q_d=0{,}343m^3/s < R_d=Q_p=0{,}343m^3/s$

$v_d=3{,}62m/s < v_{dop.}=5{,}0m/s$

P.1.2.6 PREVODNOST METEORNE KANALIZACIJE J5-J6, PEHD DN400mm, L=4,5m, i=5%

Izračuni pritokov						Prevodnost sistema (L=∝ , tok s prosto površino)					
POBOČNA KANALIZACIJA	Površina	A	ϕ_i	Q_{100}	Q_d	ϕ=D	ε	Q_p	Q_{100}/Q_p	h/D	Ocena
		ha		l/s	l/s	mm	mm	(l/s)			
J5-J6 (2024)	Pašnik: $A_{2,2}$ Gozd: $A_{3,2}$ Dotok po muldi	0,595 0,078	**0,70** **0,60**	226	266	347	0,500	**581**	**0,389**	0,455	Sprejemljivo pri Q_{100} v=5,98m/s ($v_{dop.}$=5m/s)
J5-J6 (2050)	Pašnik: $A_{2,2}$ Gozd: $A_{3,2}$ Dotok po muldi	0,619 0,078	**0,70** **0,60**	281	331	347	0,500	**581**	**0,484**	0,564	Sprejemljivo pri Q_{100} v=6,14m/s ($v_{dop.}$=5m/s)

Skupna dolžina cevi L=4,5m, neobdelani vtok, delno potopljeni iztok, peskolova **v jaških J5 in J6 - cev je v hidravličnem smislu kratka**.

HIDRAVLIČNO KRATKA CEV:

H_0=1,65m (najvišji možni nivo vode nad vtokom v jašku J5), tok vode pod tlakom z delno potopljenim iztokom. Lokalne izgube: ξ_1=0,5 (ne obdelani vtok), $\xi_2=125\times n^2\times L/D^{4/3}=125\times 0{,}011^2\times 4{,}5/0{,}347^{4/3}=0{,}279$ (trenje), ξ_3=1,0 (potopljeni iztok), H_1=0,09m (nivo vode na iztoku) in $A_c=0{,}347^2\times\pi/4=0{,}0946m^2$ (prerez cevi).

$Q_p=A_c\times(2\times g\times(H_0+i\times L-H_1))^{1/2}/(1+\Sigma\xi i)^{1/2}=0{,}0946\times(2\times 9{,}81\times(1{,}65+0{,}05\times 4{,}5-0{,}09)^{1/2})/(1+1{,}799)^{1/2}=0{,}337m^3/s$

$Q_d=0{,}331m^3/s < R_d=Q_p=0{,}337m^3/s$

$v_d=3{,}53m/s < v_{dop.}=5{,}0m/s$

OCENA SPREMEMB NALIVOV ZA OBČINO ŽETALE

ARSO VREME

Ocena sprememb nalivov na območju naselja Žetale

Vsebina

Uvod 3
Padavinske razmere 5
Ekstremne padavine 5
Nalivi na območju naselja Žetale 6
Viri 8

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.

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

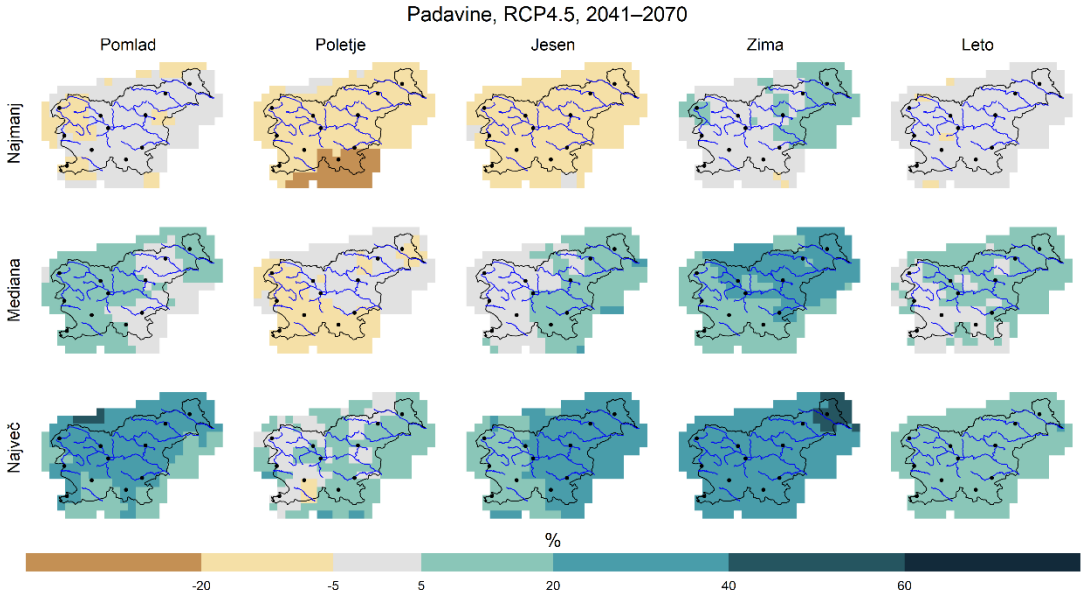
gcm	**rcm**
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	CLMcom-CCLM4
MPI-M-MPI-ESM-LR	CLMcom-CCLM4
ICHEC-EC-EARTH	DMI-HIRHAM5
IPSL-IPSL-CM5A-MR	IPSL-INERIS
MOHC-HadGEM2-ES	KNMI-RACMO22E
MPI-M-MPI-ESM-LR	SMHI-RCA4

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.

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).

Nalivi na območju naselja Žetale

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 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 Žetale znaša okrog **0,20 °C/desetletje,** s 95-odstotnim intervalom zaupanja med 0,13 in 0,32 °C/desetletje. Od tod lahko pričakujemo naraščanje v ekstremnih padavinah od **0,91 %/desetletje** (po stopnji 7 %/°C) oz. **4,48 %/desetletje** (po stopnji 14 %/°C) oz. za **4,55 %** 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 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 naselja Žetale. 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)**
Žetale	5	danes	19
		2050	20–23
	10	danes	32
		2050	33–39
	15	danes	39
		2050	41–48

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.

Pripravil: Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo
Datum: 30. januar 2024

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