
Vrsta elaborata	GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI ELABORAT
-----------------	-------------------------------

LJUBLJANSKI GRAD – OBNOVA IN DOKONČANJE BASTIJE
--

Naročnik	Javni zavod LJUBLJANSKI GRAD Grajska planina 1 1000 Ljubljana
----------	---

Vrsta in številka projektne dokumentacije	PZI 01/25
--	--------------

Projektant	Geoportal d.o.o. Tehnološki park 21, 1000 Ljubljana
------------	---

Vodja projekta	Marija Magdalena Kregar, univ.dipl.inž.arh., ZAPS A-0206
----------------	--

Izdellovalec elaborata	Erazem Kovač, mag.inž.geol., IZS RG-6148
------------------------	--

Številka, kraj in datum izdelave elaborata	gp-pr-005/26 Ljubljana, februar 2026
---	---

SEZNAM SODELAVCEV

Petra Gros, mag.inž.geol.

KAZALO VSEBINE ELABORATA

Številka projektne dokumentacije 01/25

Št.:	Zvezek	Dokument:	Id. oznaka:
1	1	Naslovna stran	S.1
2	1	Seznam sodelavcev	S.2
3	1	Kazalo vsebine elaborata	S.3.2
4	1	Poročilo	T.1
5	2	Priloge	P
	2	Poročilo o hidrogeoloških preiskavah	P.1

POROČILO

KAZALO VSEBINE

T.1	SPLOŠNO.....	6
T.1.1	Projektne podloge.....	7
T.2	POROČILO O PREISKAVAH TAL	8
T.2.1	Predhodne raziskave.....	8
T.2.2	Inženirsko-geološko kartiranje.....	8
T.3	SPLOŠNE GEOLOŠKE, GEOGRAFSKO-GEOMORFOLOŠKE IN HIDROGEOLOŠKE RAZMERE.....	10
T.3.1	Geografske in geomorfološke značilnosti	10
T.3.2	Geološke razmere na območju	11
T.3.3	Hidrogeološke razmere	12
T.3.4	Seizmičnost terena.....	13
T.3.5	Kategorizacija izkopa.....	14
T.4	INŽENIRSKO GEOLOŠKE RAZMERE IN POGOJI GRADNJE.....	14
T.4.2	Izdvojitev litostratigrafskih členov in ocena njihovih geomehanskih lastnosti	14
T.5	ZAKLJUČKI.....	15

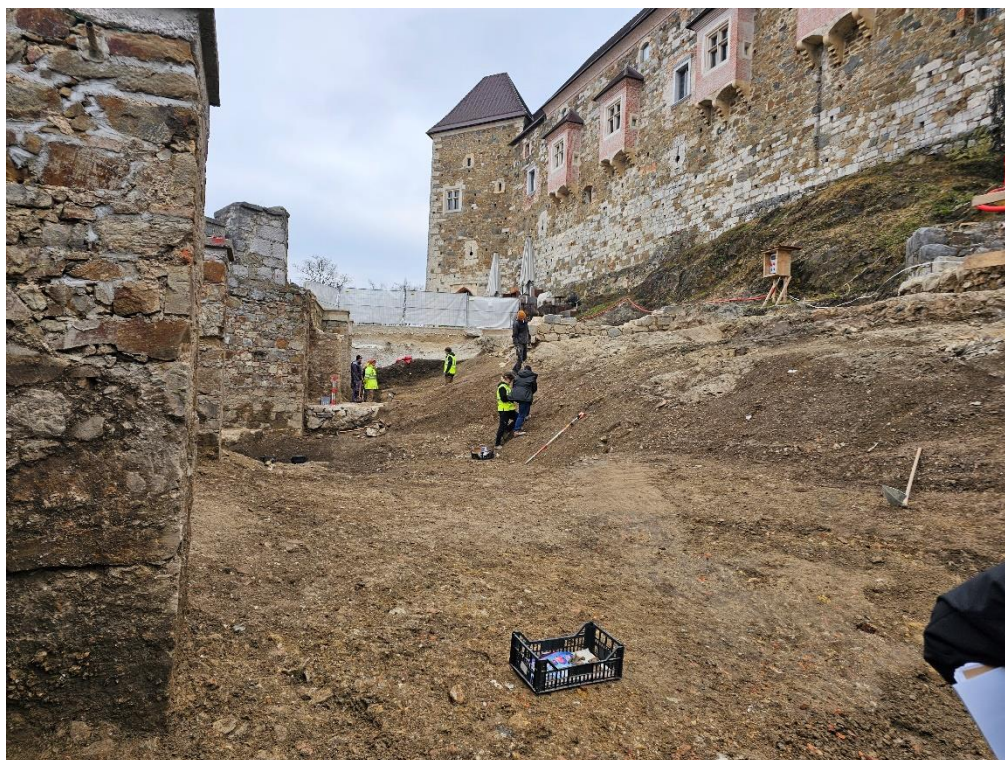
T.1 SPLOŠNO

Na podlagi naročila investitorja smo za namen izdelave projekta »Ljubljanski grad – Obnova in dokončanje Bastije« izdelali geološko-geomehanski elaborat. S projektom je predvidena izdelava mostovža in tribun.

V sklopu izdelave geološko geomehanskega elaborata so bila izvedena naslednja raziskovalna dela:

- podroben inženirsko geološki pregled terena.

Elaborat je pripravljen na osnovi podatkov o sestavi tal in njihovih lastnostih, ki smo jih pridobili z inženirsko geološkim pregledom terena ter na podlagi obstoječih podatkov o izvedenih raziskavah v neposredni okolici Ljubljanskega gradu.



Slika 1: Del območja, kjer so predvidene tribune. Pred izvedbo potekajo arheološke raziskave.



Slika 2: Objekt Bastija. Tu bo ob grajskem zidu potekal mostovž.

V elaboratu smo podali po poglavjih:

- T.2 poročilo o preiskavah
- T.3 splošne geografsko-geomorfološke in geološke razmere
- T.4 inženirsko geološke razmere ter nadaljnje smernice za gradnjo

T.1.1 Projektne podloge

Vse v elaboratu opisane preiskave smo izvedli skladno z veljavnimi standardi oziroma priporočili stroke. V elaboratu so upoštevani naslednji standardi:

- SIST EN 1997-1:2005 - Evrokod 7: Geotehnično projektiranje – 1. del: Splošna pravila
- SIST EN 1997-2:2005 - Evrokod 7: Geotehnično projektiranje – 2. del: Preiskovanje in preskušanje tal
- SIST EN 1997-2:2007/AC:2010; Evrokod 7: Geotehnično projektiranje – 2. del, Preiskovanje in preizkušanje tal
- ASTM D2487-17e1 - klasifikacija zemljin (USCS)
- SIST EN 1997-2:2007/AC:2010; Evrokod 7: Geotehnično projektiranje – 2. del, Preiskovanje in preizkušanje tal

Pri načrtovanju smo za izhodišče uporabili naslednje prejete podlage:

- Arhitekturne podloge z umestitvijo objekta v pdf. obliki,
- L. Šuklje in A. Grimšičar, 1954. Drsljivost tektonsko poškodovanih hribin z glinastimi sestavinami. Gradbeni vestnik; Glasilo društva gradbenih inženirjev in tehnikov LRS. Ljubljana, leto VI.

T.2 POROČILO O PREISKAVAH TAL

T.2.1 Predhodne raziskave

Dostopne predhodne raziskave, ki se nanašajo na obravnavano območje obsegajo podatke, ki so bili pridobljeni in zbrani za namen izdelave Osnovne Geološke Karte v merilu 1 : 100 000 (list Ljubljana; U. Premru, 1980) skupaj s tolmačem.

T.2.2 Inženirsko-geološko kartiranje

V sklopu inženirsko geološkega pregleda terena, je bilo v okolici gradu zabeleženih več izdankov matične podlage. Na severnem delu parkirišča, ob sprehajalni poti na platoju nižje od parkirišča, je bil zabeležen izdanek črnega meljevca (Slika 3). Kamninsko maso gradi temno rjav do črn, debeloplastnat meljevec permokarbonske starosti. Strukturni elementi kamnine so izraženi s plastovitostjo ter dvema sistemoma razpok. Razpoke so večinoma kratke (do 1 m), gladke do hrapave in zelo do zmerno preperele. Reprezentativna razdalja med razpokami je 5 cm, med razpokami pa je običajno prisoten limonitiziran oprh. Plasti upadajo v smeri proti severovzhodu (021/15), razpoke pa so večinoma pravokotne na vpad plasti, z generalnim vpadom 279/68. Na podlagi kartiranih karakteristik diskontinuitet GSI kamnine mase znaša 35-37.

Litološki podenoti meljevcev karbonskih skladov lahko nadalje sledimo ob zunanji strani severozahodnega obzidja (Slika 4). Strukturni elementi kamnine so tudi tukaj izraženi s plastovitostjo ter dvema sistemoma razpok. Razpoke so kratke (do 1 m), mestoma srednje dolge (1 – 3 m), gladke do hrapave in zelo do zmerno preperele. Reprezentativna razdalja med razpokami je 10 cm, med razpokami pa je običajno prisoten limonitiziran oprh. Izdanek je večinoma porasel z vegetacijo. Generalna smer upada plasti se ujema z izdankom ob sprehajalni poti (Slika 3). Pomerjeni upadi plasti znašajo 046/19, upadi razpok pa 177-200/72-83. Na podlagi kartiranih karakteristik diskontinuitet GSI kamnine mase znaša 37-40.



Slika 3: Izdanek meljevca (021/15) na severozahodu obstoječega parkirišča.



Slika 4: Izdanek meljevca (046/19) na zunanji strani severozahodnega obzidja.

V osrednjem južnem delu zunanjega zidu je bil zabeležen izdanek sivega skilavega glinavca (Slika 5), ki se litološko ne ujema z zgoraj navedenima izdankoma. Kamninsko maso gradi siv, tankoplastnat skrilav glinavec, prav tako permokarbonske starosti. General upad plasti je 063/37. Kamnina je močno preperela, površina je delno poraščena z vegetacijo, razpoke so odprte do 2 cm, med razpokami se nahaja glineno polnilo.

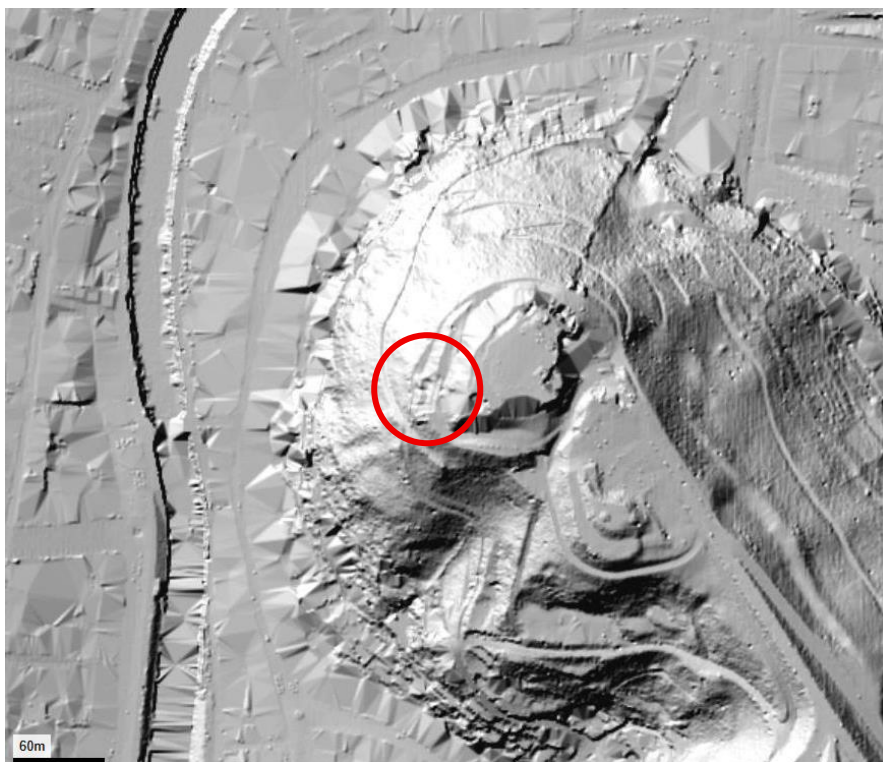


Slika 5: Močno preperel sivo rjav skrilav glinavec (063/37) v osrednjem južnem delu gradu na zunanjem obzidju.

T.3 SPLOŠNE GEOLOŠKE, GEOGRAFSKO-GEOMORFOLOŠKE IN HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

T.3.1 Geografske in geomorfološke značilnosti

Območje obravnave zajema del severozahodnega dela Ljubljanskega gradu. Severovzhodna pobočja so delno poraščena z drevesi, delno so površine zaraščene s travo. Na hribu se nahaja izravnani plato, ki trenutno predstavlja parkirišče za obiskovalce ter sprehajalne poti. Severovzhodno pobočje se v zgornjih delih nahaja v strmim naklonu do 33° , nato strmina počasi upada tako, da v spodnjih delih nakloni postanejo blagi do 20° .



Slika 6: Obravnavno območje na osenčenem LIDAR posnetku. Vir: Atlas okolja.

T.3.2 Geološke razmere na območju

Geološka zgradba območja je povzeta na podlagi izvedenega inženirsko geološko in kartiranja ter na podlagi Osnovne Geološke Karte, List Ljubljana.

Na podlagi podatkov geološke karte (slika 7) vzpetino sestavljajo plasti kremenovega peščenjaka in konglomerata, sivega meljevca ter sivega in črnega skrilavca. Plasti se med seboj izmenjujejo, mestoma je opazna laminacija in neizrazita gradacija. Grajski hrib gradijo sicer trdne kamnine, vendar je območje presekano z geološkimi prelomi v alpski (Z-V) in dinarski (SZ-JV) smeri. Kamnine v prelomnih conah so tektonsko poškodovane, zdrobljene in zmlete. V razpokah se lahko pojavlja glineno polnilo. Kamnine na površju so podvržene mehanskemu preperevanju, ki je posledica izpostavljenosti atmosferskim pogojem.



Slika 7: Z rdečo označeno obravnavano območje na Osnovni geološki karti, list Ljubljana.

T.3.3 Hidrogeološke in erozijske razmere

V starejših zapisih (navedeno v poglavju T.1.1), je zabeleženo, da se je voda v vodnjaku v času gradnje predora pod Gradom nahajala na koti 355 mnv. Dno vodnjaka sega do kote 305 mnv. V tako heterogeni, razpokani in razdrobljeni hribini se lahko ustvarijo lokalni rezervoarji podzemne vode s prelivi skozi prepustnejše dele in z nepropustnimi barierami, ki preprečujejo odtok v drugih smereh.

Podzemna voda na območju se torej pojavlja prehodno, v času padavinskih dogodkov in infiltracije meteorne vode, ki nato pretežno odteče skozi razpokane/porušene obprelomne cone. Hribina z manjšimi deformacijami ali brez njih je za podzemno vodo slabše prepustna.

V literaturi (poglavje T.1.1) je zabeleženo, da se zvezna podzemna voda, z gladino nagnjeno proti vzhodu, predvidoma nahaja globlje od obravnavanega območja.

Območje predvidene gradnje leži na erozijskem območju, kjer so predvideni zahtevni zaščitni ukrepi (slika 8). S terenskim ogledom je bilo ugotovljeno, da se matična podlaga nahaja relativno plitvo pod površjem, kar smatramo kot ugodno okoliščino, območja pa skladno z IG kartiranjem niso podvržena eroziji. Na območjih, kjer se na matični podlagi nahaja plast zaglinjenega grušča, ni vidnih erozijskih znakov (zastajanje vode, odlomni robovi, spiranje, deformacije na površju), celotno obravnavano območje pa opredeljujemo kot erozijsko neproblematično. Hkrati ocenjujemo, da posebni ukrepi za zaščito proti eroziji niso potrebni. Izogniti se je potrebno zgolj koncentriranju površinskih tokov ob padavinskih dogodkih, kar bi lahko povzročalo lokalno spiranje. Globalna stabilnost na območju ni problematična. Meteorne vode je potrebno kontrolirano odvajati.

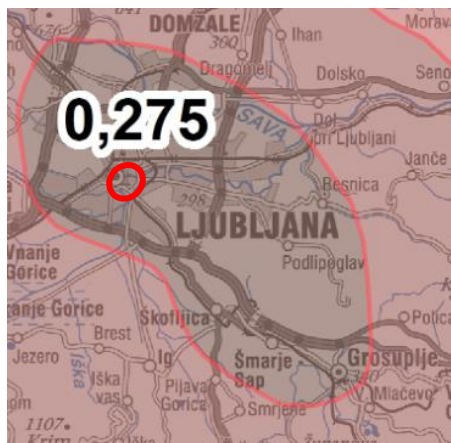


Slika 8: Obravnavano območje spada v opozorilno območje s predvidenimi zahtevnimi zaščitnimi ukrepi (vir: iObčina).

T.3.4 Seizmičnost terena

Nova karta potresne nevarnosti Slovenije za povratno dobo 475 let in karta projektnega pospeška tal (Slika 9) obravnavanega prostora uvršča v cono z $a_g = 0,275$ g (po J. Lapajne, B. Motnikar, P. Zupančič, Gradbeni vestnik Ljubljana, junij 2021).

V skladu s kategorizacijo tal glede na vpliv lokalnih tal na potresne učinke po EC8 (tabela 3.1, standard SIST EN 1998-1:2004), na območju prisotna tla predstavlja tip tal A. Tla predstavlja skala ali druga skali podobna geološka formacija, na kateri je največ 5 m slabšega površinskega materiala.



Slika 9: Nova karta projektnega pospeška tal Slovenije z označenim obravnavnim območjem. Vir: ARSO, 2021.

T.3.5 Kategorizacija izkopa

Po TSPI PG.05.100:2021 (Tehnična specifikacija za prometno infrastrukturo; Kategorizacija izkopov v zemljinah in kamninah) se izkopna dela, ki bodo potekala na portalnih območjih, uvrščajo v kategorijo 1 (plodne zemljine, lahek izkop) ter kategorijo 2 (zemljine predvidene za trajno deponiranje – lahek izkop). Izkop za garažo bo potekal v kategoriji 4 (kamnine – srednje zahteven izkop).

T.4 INŽENIRSKO GEOLOŠKE RAZMERE IN POGOJI GRADNJE

T.4.2 Izdvojitev litostratigrafskih členov in ocena njihovih geomehanskih lastnosti

Geomehanske karakteristike slojev zemljine in hribine smo določili s pomočjo obstoječih preiskav, ki so bile izvedene na območju Grajskega hriba.

Geomehanske karakteristike so podane po naslednjem ključu oznak:

γ	prostorninska teža
ϕ	strižni kot
c	kohezija
E_{oed}	edometrski modul
E	modul elastičnosti
E_{FDT}	deformabilnostni modul
$q_{u-žep}$	enoosna tlačna trdnost – žepni penetrometer

[1] – UN in pobočni grušč

Opis: Umeten nasip predstavlja heterogeno mešanico grušča, gline, kosov peščenjaka, malte in opeke. Na območju se nahaja v spremenljivih debelinah.

Zrnavostna sestava:

< 0,063 mm = 23,87 – 40,19 %

> 0,063 mm = 20,55 – 23,96 %

> 2,0 mm = 35,85 – 55,59 %

Geomehanske karakteristike:

$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

$\phi = 30,0^\circ$

$c = 1 - 5 \text{ kPa}$ (priporočena 3 kPa)

Razponi deformacijskih modul na podlagi različnih metodologij:

$E_{\text{FDT(L1)}} = 7,8 - 11,7 \text{ MPa}$ (priporočena 9,5 MPa)

$E = 19,2 \text{ MPa}$

$E_{\text{oed}} = 23,0 \text{ MPa}$ (izvrednoteno na podlagi SPT preiskav)

[2] – C,P – mehka kamnina (preperela)

Opis: preperela heterogena matična podlaga, ki jo predstavljajo plasti skrilavega glinavca ter plasti slabo litificiranega meljevca s prehodi v peščenjak. Notranja struktura je ohranjena, razpoke so zmerno preperele, oksidirane in hrapave. Prisotna je pod krovnim slojem umetnega nasipa.

Geomehanske karakteristike:

$\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$

$\phi = 32^\circ$

$c = 45 \text{ kPa}$

$\sigma_u = 1,28 - 1,68 \text{ MPa}$ (priporočena vrednost 1,48 MPa)

$E_{\text{FDT(L1)}} = 429,2 - 536,0 \text{ MPa}$ (priporočena 483,6 MPa)

T.5 ZAKLJUČKI

V sklopu projekta »Ljubljanski grad – Obnova in dokončanje Bastije« je predviden izkop objekta Bastije, izgradnja mostovža in tribun ter ureditev zunanje okolice v območju posega. Trenutno je območje zasuto z umetnim nasipom (zaglinjen grušč, opeka, malta, kosi peščenjaka), ki na pobočju prehaja v pobočni grušč (zaglinjen grušč).

Mostovž in tribune naj bodo temeljeni v matično podlago – skrilavce, ki se nahajajo na območju. Ker se matična podlaga na območju nahaja na različnih globinah, je potrebno pred izvedbo temeljenja izvesti izkop do matične podlage. Temelji mostovža in tribun morajo v celoti nalegati na

matično podlago. Pred izvedbo temelja naj se na matično podlago položi še 15 cm podložnega betona, oziroma skladno z geomehanskim nadzorom, ki bo tekom gradnje definiral potencialne dodatne ukrepe in/ali prilagoditve.

Podzemna voda na območju je prisotna prehodno, ob padavinskih dogodkih in na njih povezano infiltracijo. Za odvodnjavanje območja je predvidena izgradnja ponikovalnice. Na lokaciji, kjer je predvidena izgradnja ponikovalnice, se nahaja pobočni grušč. Pobočni grušč je predvidoma srednje do dobro prepusten prepusten. Ko bo ponikovalnica izvedena, je potrebno preveriti sposobnost ponikanja z izvedbo nalivalnega testa, na podlagi slednjega se določi potencialna prilagoditev dimenzij in zasnove ponikalnega objekta.

Pripravila:
Petra Gros, mag. inž. geol.