

Projekt:

**POROČILO MERITEV Z GEORADARSKO METODO NA BETONSKEM
DOLSKEM VIADUKTU, V KM 592 + 804, NA PROGI LJUBLJANA -
SEŽANA**



Izvajalec georadarskih meritev:
KONSTAT BIRO d. o. o.
Vurnikova 2, 1000 Ljubljana

Meritev izvedel:
Kosta Štok, dipl. arheol. (UNI), georadarski tehnik

 **KONSTAT
BIRO**
d.o.o. Ljubljana

Ljubljana, marec 2025.

KAZALO:

1 UVOD.....	3
2 TEHNIČNI PODATKI OBJEKTA.....	4
3 PREGLED OBSTOJEČEGA STANJA.....	4
4 MERITVE Z GEORADARSKO METODO.....	6
5 DISPOZICIJE MERITEV Z GEORADARSKO METODO.....	8
6 UGOTOVITVE MERITEV.....	9
7 UGOTOVITVE PREGLEDA PREKLADNE IN PODPORNE KONSTRUKCIJE.....	27
8 PREDVIDENI POSEGI.....	28

I_FOTODOKUMENTACIJA**II_GEORADARSKI PROFILI****III_DISPOZICIJE IN NAČRTI**

1 UVOD

V skladu z naročilom št. 3/00068/2025/16, izdanim dne 15.01.2025, smo izvedli meritve z georadarsko metodo na prekladni in podporni konstrukciji Dolskega viadukta. Meritve so potekale 19.02, 20.02, 23.03 in 20.03 ter so obsegale vizualni pregled objekta, georadarske meritve stebrov in prekladne konstrukcije. Pred začetkom smo od investitorja prejeli Poročilo o pregledu premostitvenega objekta št. 050/2022, ki ga je izdelalo podjetje Qtechna d. o. o.

Namen meritev z georadarsko metodo je bilo evidentiranje sprememb v strukturi prekladne in podporne konstrukcije.

Sedanji viadukt je bil zgrajen leta 1941 na mestu starega opečno kamnitega viadukta grajenega v času gradnje Južne železnice proti Trstu, v letih med 1849 in 1857. Po svoji obliki in konstrukcijski zasnovi je bil zgrajen tako, da ohranja značilno obliko viaduktov grajenih v drugi polovici 19. stol.



Slika 1: Dolski viadukt, steber 2.

2 TEHNIČNI PODATKI OBJEKTA

Premostitveni objekt je grajen iz nearmiranega betona, sestavljajo ga 3 oboki in 4 stebri oziroma 2 končna opornika in dva stebra. Razpetina polj obokov je 11,80 m, 12,60 m in 11,80 m. Debelina betonskih obokov v temenu je 1,20 m. Nad oboki so betonski čelni zidovi, zaključeni z dvignjenim betonskim parapetom, na kateri stoji ograja sestavljena iz kamnitih stebrov, med seboj povezanih z jeklenimi tirnicami.

Dva stebra in dva končna opornika tvorijo podporno konstrukcijo, ki je grajena z nearmiranim betonom. Stebri debeline $d = 3,0$ m, se obojestransko širijo proti temeljem z naklonom 24:1.

Višine stebrov so različne, po podatkih iz načrtov je najnižji steber št. 4, ki je visok 12,5 m od dna temelja do obokov, najvišji pa so stebri št. 2, z višino okoli 19,0 m. Steber št. 1 ima višino 15,0 m, steber št. 3 pa višino 15,0 m.

Krilni zidovi za končnimi oporniki so grajeni iz kamnitih blokov.

3 PREGLED OBSTOJEČEGA STANJA

Pregled obstoječega stanja smo izvedli v smeri od Ljubljane proti Sežani, z začetkom pri stebru 1 ali oporniku 1, pri številčenju smo za lažjo analizo in razlago uporabili označbe iz obstoječe dokumentacije objekta. Te smeri smo se držali tudi pri meritvah z georadarsko metodo.

Prekladna konstrukcija

Fotografije evidentiranih sprememb so predstavljene v prilogi I_FOTODOKUMENTACIJA.

Obok 1: Vidno zamočen celoten obok, zasiganost je obsežna, ki je povečana predvsem v območju stropov in lokov obokov, predvsem v smeri opornika 1 in stebra 2 (smer Ljubljana – Sežana). Na delu oboka nad stebrom 2 je vgrajena izlivna cev, ki je dotrajana. Na območju oboka so prisotne manjše razpoke, ki so v večji meri zasigane.

Obok 2: Vidno zamočen celoten obok, večja zamočenost je opazna na desni strani, v oboku so ponovno prisotne večje količine izcej sige, zasiganost je povečana v območju stropov in lokov obokov, predvsem v smeri stebra 2 in stebra 3 (smer Ljubljana – Sežana). Razpoke so prisotne po celotni površini oboka in so večinoma zasigane.

Obok 3: Vidno zamočen celoten obok, večja zamočenost je lateralno levo in desno od temena in v smeri stebra 3 in opornika 4. Ponovno so v obokih prisotne so zelo velike količine izcej sige, povečane v območju stropov in lokov obokov, predvsem v smeri stebra 3 in opornika 4 (smer

Ljubljana – Sežana). Obok je na desni strani poškodovan oziroma odkrušen. Razpoke so prisotne po celotni površini oboka in so večinoma zasigane. Na delu oboka nad stebrom 3 je vgrajena izlivna cev.

Podporna konstrukcija

Fotografije evidentiranih sprememb so predstavljene v prilogi I_FOTODOKUMENTACIJA.

Vizualni pregled opornikov in stebrov je pokazal, da so v relativno slabem stanju; opornik ali steber 1, je vidno močno zamočen, bolj na levi kot na desni strani, siga se izceja po celotni površini, deli stebra so poškodovani, prisotna so cementna gnezda, območja z degradiranim in razpadajočim betonom.

Steber 2 je prav tako zamočen, predvsem po sredini, iz oboka se po njem izceja siga; zasigan je predvsem stik med peto oboka in vrhom stebra. Na strani Ljubljana so prisotne vodoravne in diagonalne razpoke in manjša cementna gnezda. Vidno poškodovani so tudi betoni na vogalih stebra. Beton je poškodovan in se kruši tudi na stiku med stebrom in peto oboka, kar se pojavlja na vseh stebrih pri viaduktu. Steber je na strani proti Sežani še bolj zamočen in zasigan, večja zamočenost pa je prisotna v spodnjem, srednjem delu stebra. Beton na sredini stebra je vidno degradiran in razpadel, z več cementnimi gnezdi, na mestih, kjer beton razpada, se beton hitro kruši. K večji zamočenosti in zasiganosti te strani stebra po vsej verjetnosti botruje tudi odsotnost izlivnika, ki je prisoten na stebru na strani Ljubljana. Na desni strani je degradirano in odpadlo območje na stiku med stebrom in peto oboka.

Steber 3 je na strani Ljubljana ponovno močno zamočen po sredini, kjer je na površini prisotna siga, ki se izceja iz prve tretjine oboka 2 in iz kontaktne površine betonskega stebra in pete oboka 2. Na stebru so vidne vodoravne in diagonalne razpoke, vidna so tudi mesta predhodnih popravil. Večje razpoke so prisotne na desni strani stebra. Krajša stranica stebra na levi strani je močno zamočena, v območju na stebrom, med oboki na mestih, kjer je razpadajoč beton, pa se razrašča vegetacija. Na strani Sežane je steber manj zamočen, po vsej verjetnosti ponovno zaradi prisotnosti izlivne cevi oboku nad stebrom 3. Površina stebra na tej strani je manj zasigana, delno le leva stran, na stiku med stebrom in peto oboka. Opažena je prisotnost navpičnih razpok, ki so zasigane, razpoke so prisotne tudi v sredini stebra in na desni strani. Na desni, krajši stranici stebra je prisotna diagonalna razpoka, ki sega do pete oboka 3. Razpoka je v spodnjem delu stebra širša, proti vrhu pa se oža. Povezana je z območjem degradiranega in premočenega betona stebra pod peto oboka.

Steber ali opornik 4 je delno zasut z materialom na desni strani, na desni strani so prisotne večje

poškodbe, kjer je beton vidno razpadajoč in degradiran.

Stanje kamnitih krilnih zidov je slabo, fuge so odpadle, v njih je prisotna vegetacija, zidovi pa so zamočeni. V slabem stanju so tudi nearmirani betonski čelni zidovi, ki so zamočeni, ponekod se pojavljajo cementna gnezda (nad obokom 1), iz katerih raste vegetacija (nad stebrom 3), ponekod so prisotne tudi manjše razpoke, predvsem na delih nad stebri oziroma med oboki.

Višine stebrov se razlikujejo od tistih navedenih v načrtu, kar pomeni da je območje nasuto in je del stebrom pod obstoječim terenom; višina opornika 1 je 3,8 m do pete oboka, višina stebrov 2 in 3 je 9,5 m do pete oboka in višina opornika 4 5,8 m do pete oboka.

Območje pod viaduktom je zaraščeno, okoli stebrov je odložen gradbeni material starega viadukta, kar se kaže večji količini kosov opeke in kamnitih klesanih blokov, ki so odloženi po celotnem pobočju v smeri Dola.

4 MERITVE Z GEORADARSKO METODO

Tehnični podatki o meritvi – uporabljen instrumentarij

Georadarske meritve prekladne konstrukcije smo izvedli z 450 MHz HDR zakrito anteno švedskega proizvajalca georadarske opreme Mala GeoScience. 450 MHz anteno smo uporabili, ker ima dober globinski doseg in dobro ločljivost, kar je omogočilo analizo opečne konstrukcije in evidentiranje sprememb. Za izdelavo globinskih rezov smo izvedli georeferenciranje z RTK EMLID Reach RS2+, na podlagi teh podatkov smo lahko profile in globinske reze umestili na lokacijo viadukta.

Za georadarske meritve podporne konstrukcije smo uporabili zakrito 500 MHz anteno tipa Ramac. Ta antena se je v preteklih meritvah podobnih struktur pokazala za zelo zanesljivo, saj ima v betonskih strukturah dober globinski doseg in dobro ločljivost.

Za 500 MHz anteno smo uporabili naslednje nastavitve antene:

- število vzorcev/sled: 512
- število bitov/vzorec: 8 bit
- dielektrična konstanta: 16
- število sledi na sekundo: 64

Glede na vremenske razmere, meritve so potekale v relativno suhem in hladnem vremenu, in znanih podatkih o strukturi konstrukcije, smo predvidevali, da bomo z 500 MHz anteno dosegli globino štirih metrov. Na globinski doseg vpliva nekaj dejavnikov. Od naravnih sta pomembna dušenje (zmanjševanje amplitude) in odbojne značilnosti meje, kjer pride do sprememb

električnih lastnosti kamnin in zemljine. Amplituda radarskega vira se zmanjšuje zaradi sferičnega oddaljevanja EM valovanja od antene.

Vrednosti hitrosti preko različnih materialov so v večji meri že določene in se gibljejo pri podobnih vrednostih zato smo pri analizi georadarskih profilov smo upoštevali dielektrične konstante in hitrosti, ki so splošno uveljavljene pri analizi in interpretaciji.

Za analizo prekladne in podporne betonske konstrukcije smo upoštevali hitrost betona $v = 0.12$ m/ns. Conyers v svoji tabeli o hitrostih in dielektričnih konstantah materialov (slika 2) sicer predlaga za beton hitrost med 0,55-0,112 m/ns, vendar smo zaradi večje vsebnosti kamnitega materiala v strukturi upoštevali navedeno hitrost $v = 0.12$ m/ns, pri časovni kalibraciji z znano dimenzijo obokov smo to hitrost merjenega medija tudi potrdili.

Georadarski sistemi delujejo tako, da se visokofrekvenčni elektromagnetni valovi oddajajo v tla, valovi pa se ob stiku z različnimi materiali odbijejo nazaj. Odbiti signali se beležijo v časovni domeni, kar pomeni, da sistem beleži, koliko časa je trajalo, da so se radarski valovi vrnili. Ta čas imenujemo "two way time". Čas potovanja je odvisen od globine odbojnih površin in lastnosti materialov, na katere naletimo. Ker georadarski signal potuje z znano hitrostjo skozi različne materiale, je čas poti povezan z globino podpovršinskih značilnosti. Z analizo časa, ki je potreben, da se signali vrnejo iz različnih globin, je mogoče določiti položaj predmetov ali struktur pod površjem.

Table 12.3 Table of relative dielectric constants and radiowave velocities for a range of geological and man-made materials

Material	ϵ_r	V (mm/ns)
Air	1	300
Water (fresh)	81	33
Water (sea)	81	33
Polar snow	1.4-3	194-252
Polar ice	3-3.15	168
Temperate ice	3.2	167
Pure ice	3.2	167
Freshwater lake ice	4	150
Sea ice	2.5-8	78-157
Permafrost	1-8	106-300
Coastal sand (dry)	10	95
Sand (dry)	3-6	120-170
Sand (wet)	25-30	55-60
Silt (wet)	10	95
Clay (wet)	8-15	86-110
Clay soil (dry)	3	173
Marsh	12	86
Agricultural land	15	77
Pastoral land	13	83
Average 'soil'	16	75
Granite	5-8	106-120
Limestone	7-9	100-113
Dolomite	6.8-8	106-115
Basalt (wet)	8	106
Shale (wet)	7	113
Sandstone (wet)	6	112
Coal	4-5	134-150
Quartz	4.3	145
Concrete	6-30	55-112
Asphalt	3-5	134-173
PVC, Epoxy, Polyesters	3	173

Data from Johnson *et al.* (1979), McCann *et al.* (1988), Morey (1974), Reynolds (1990b, 1991b)

Slika 2: Podatki o hitrostih in dielektrični konstantah merjenih reflektorjev. (Conyers, 2004)

Akvizicijo georadarskih profilov smo izvedli s programom Groundvision2, medtem smo analizo in interpretacijo uporabili programa MalaVision in Geolitix. Podatki, ki smo jih z meritvijo dobili, so bili zelo dobri in čitljivi niso pa omogočali "in situ" analize tako da smo dobili končne podatke z upoštevanjem hitrosti, poleg časovne korekcije (hyperbola fitting) in uporabe odstranitve odstopanja električnega toka (DC removal filter), smo uporabili še ojačitev signala (AGC) in pasovno odstranitev določenih frekvenčnih spektrov, ki so izpostavili spremembe v strukturi. Za preverbo pristnosti praznin in praznih razpok smo uporabili filter za odstranitev zračnega odboja (Air reflection removal).

Za evidentiranje območij zamočenosti in morebitnih sprememb v prekladni konstrukciji smo izdelali globinske reze (tudi časovne reze). Globinski rez je vodoravni rez skozi podatke georadarskih veznih profilov na določeni globini. Podatke je mogoče obdelati in vizualizirati, da se prikažejo značilnosti podpovršinskega površja v določenem časovnem intervalu, ki ustreza določenemu globinskemu območju. To se pogosto prikaže kot 2D zemljevid ali slika, ki predstavlja reflektorje na določeni globini.

5 DISPOZICIJE PREGLEDOV Z GEORADARSKO METODO

Georadarski profili so predstavljeni v prilogi II_GEORADARSKI PROFILI.

Dispozicija meritve prekladne konstrukcije

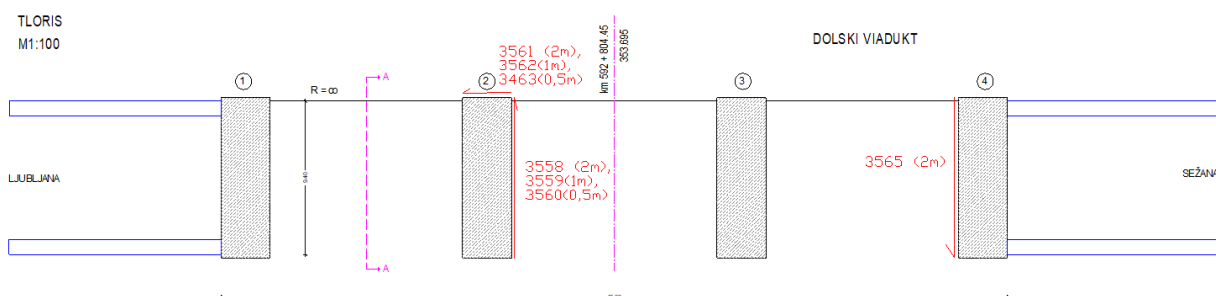
Meritve prekladne konstrukcije smo izvedli s štirimi georadarskimi profili po progi.



Sliki 3: Dispozicija georadarskih profilov izvedenih na Dolskem viaduktu. Začetne točke georadarskih profilov so označene z zeleno, končne pa z rdečo.

Dispozicija meritve podporne konstrukcije

Z georadarsko metodo smo pregledali in posneli stebra št. 2 in 4. Pregleda temeljenja stebrov zaradi težko dostopnega in neravnega terena nismo mogli opraviti.



Slika 4: Dispozicija georadarskih profilov temeljev in temeljenja.

6 UGOTOVITVE MERITEV

Pregled prekladne konstrukcije

Analiza in pregled georadarskih profilov prekladne konstrukcije je podal naslednje ugotovitve; pod tirno gredo debeline okoli 45 cm, se nahaja kontaktna površina z betonsko konstrukcijo; hidroizolacije georadar kot samostojnega vodoravnega odboja ni zaznal. V profilu 2 ni zaznanih odbojev, ki bi nakazovali na odvodnjavanje prekladne konstrukcije, pri profilu 4 pa je georadar zaznal odboje, ki bi lahko bili del odvodnjavanja na 12, 35 in 45 m dolžine profila.

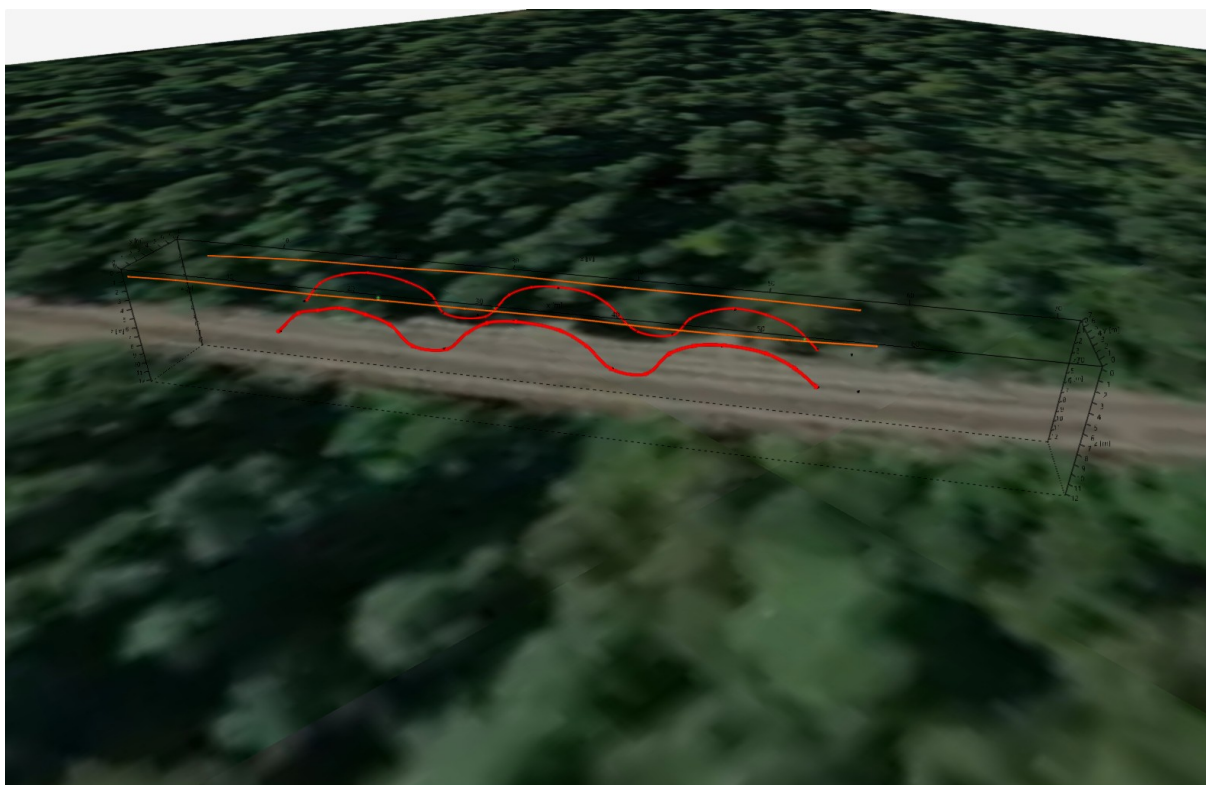
Georadarski profil 2, ki je bil izveden na desni strani viadukta v smeri od Ljubljane proti Sežani, je pokazal, da je struktura za kamnitimi krilnim zidom precej prevotlena, v njej so prisotne praznine med vgrajenim materialom; območje med oboki, nad stebri je po podatku georadarja prevotleno, po vsej verjetnosti zato, ker je območje zasuto z betonom, ki vsebuje večji agregat, verjetno so za zasutje uporabili večje kose kamna; podobna slika je prisotna tudi nad stebrom 2, 3 in tudi opornikom oziroma stebrom 4, kjer pa je teh značilnih zračnih odbojev manj.

Spremembe v strukturi betona, ki kažejo na večjo lokalno degradacijo, je georadar na desni strani viadukta zaznal na oboku 1, oboku 2, delno tudi oboku 3, vendar so največje spremembe evidentirane v oboku 1, kjer se nahajajo lateralno od sredine temena oboka. Te spremembe se ujemajo z vidnimi, zasiganimi razpokami na obokih.

Georadarski profil 4, ki je bil izveden na levi strani viadukta v smeri od Ljubljane proti Sežani, je prav tako pokazal na manjšo prisotnost praznin za krilnimi zidovi, le na strani Sežane je georadar

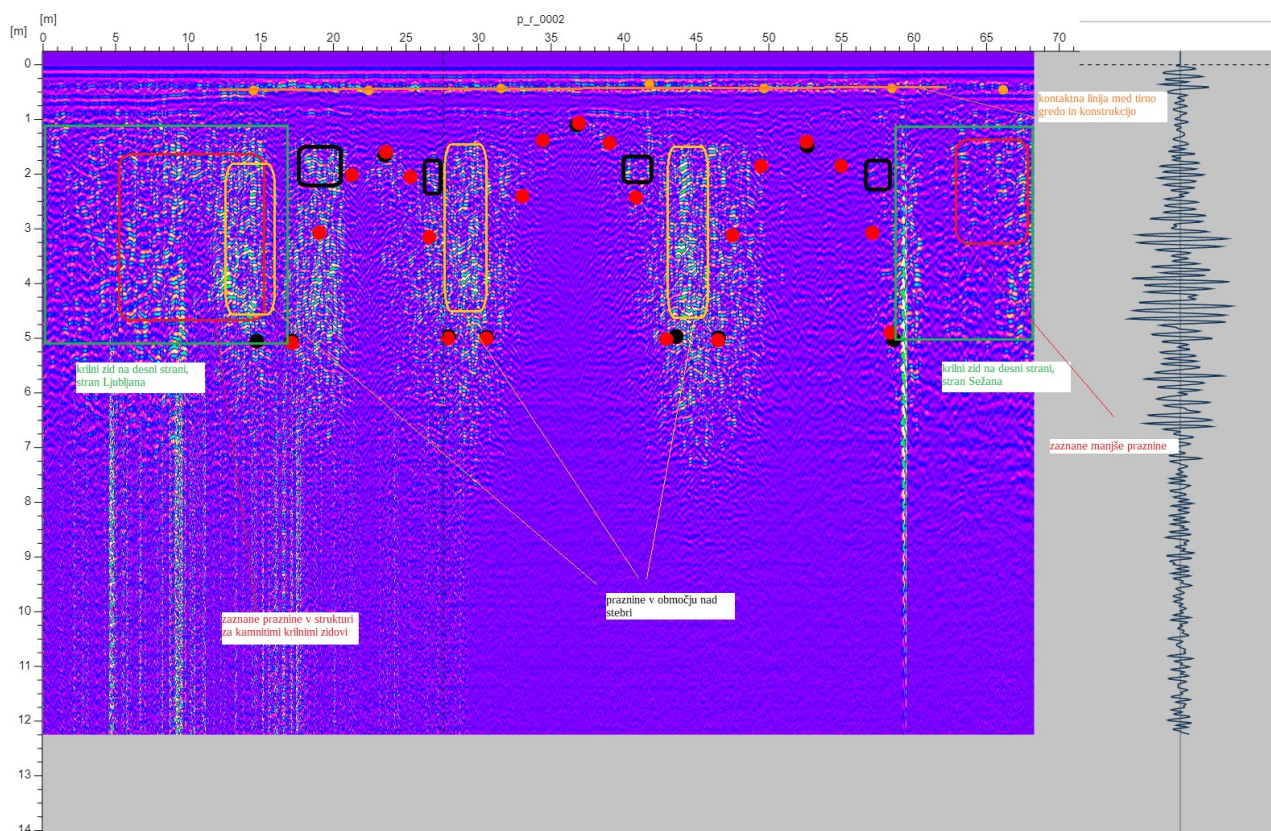
zaznal nekaj zračnih odbojev ujetih v strukturo zasutja. Večje spremembe so na tem profilu evidentirane v območjih nad stebri, torej med med oboki oziroma med petami obokov. Ponovno so prisotne praznine med materialom ki je glede na odboje precej heterogen po velikosti; odboji kažejo, da gre pri vgradnje betonu tudi za izvedbo zasutja z grobim materialom (večji kosi kamna, verjetno ostanki lomljenca predhodnjega objekta), ki je vgrajen v zgornji del stebra in tudi v prostor med oboki. Podobno sliko dobimo na vseh 4 stebrih, predvsem pa izstopata steber 1 in steber 4, kjer so zaznane spremembe precejšnje.

Spremembe v strukturi betona, ki kažejo na večjo lokalno degradacijo na levi strani viadukta, je georadar zaznal na oboku 2 in 3, predvsem na oboku 2, kjer so spremembe ponovno prisotne lateralno od temena oboka. Na oboku 1 na levi strani georadar ni zaznal večjih sprememb.



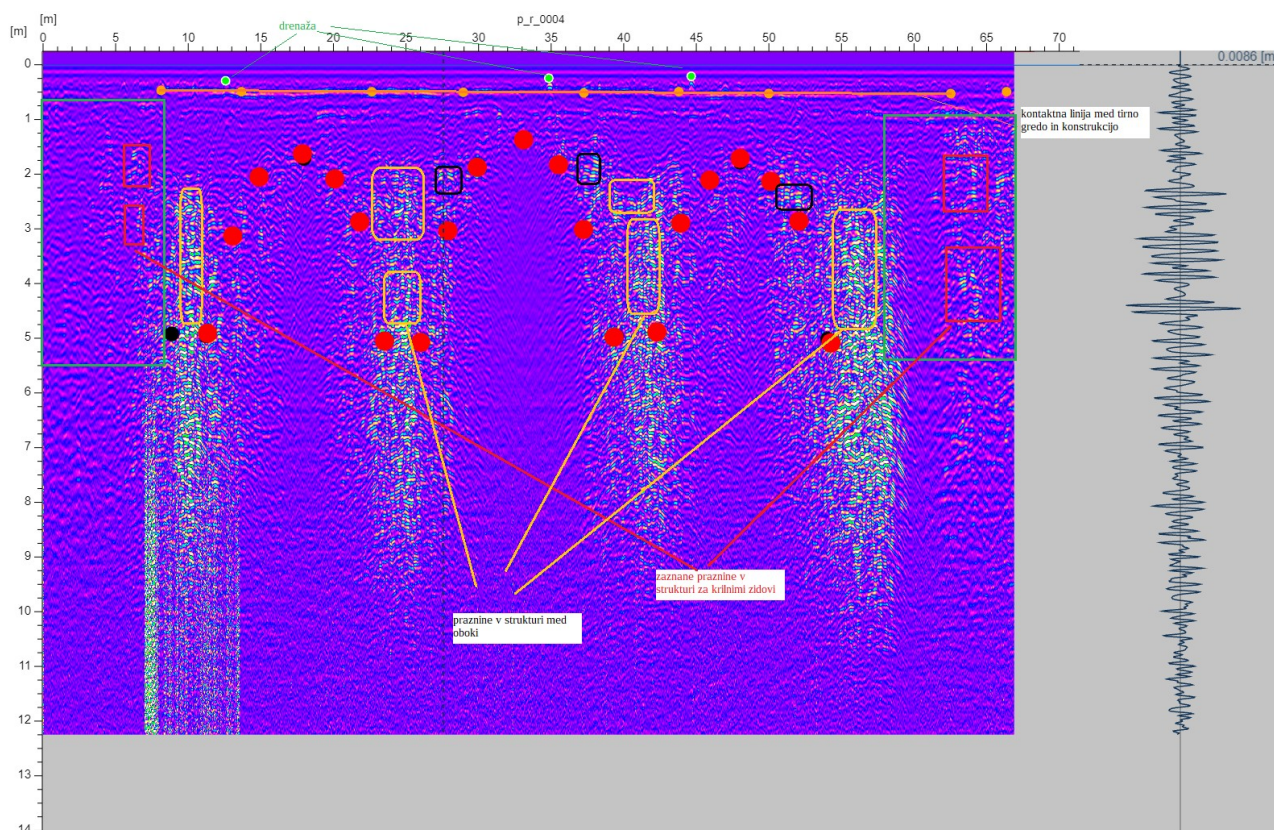
Slika 5: Prikaz obokov in poteka linije med tirno gredo in betonsko konstrukcijo premostitvenega objekta.

Georadarski profil 2, desna stran – evidentirane anomalije



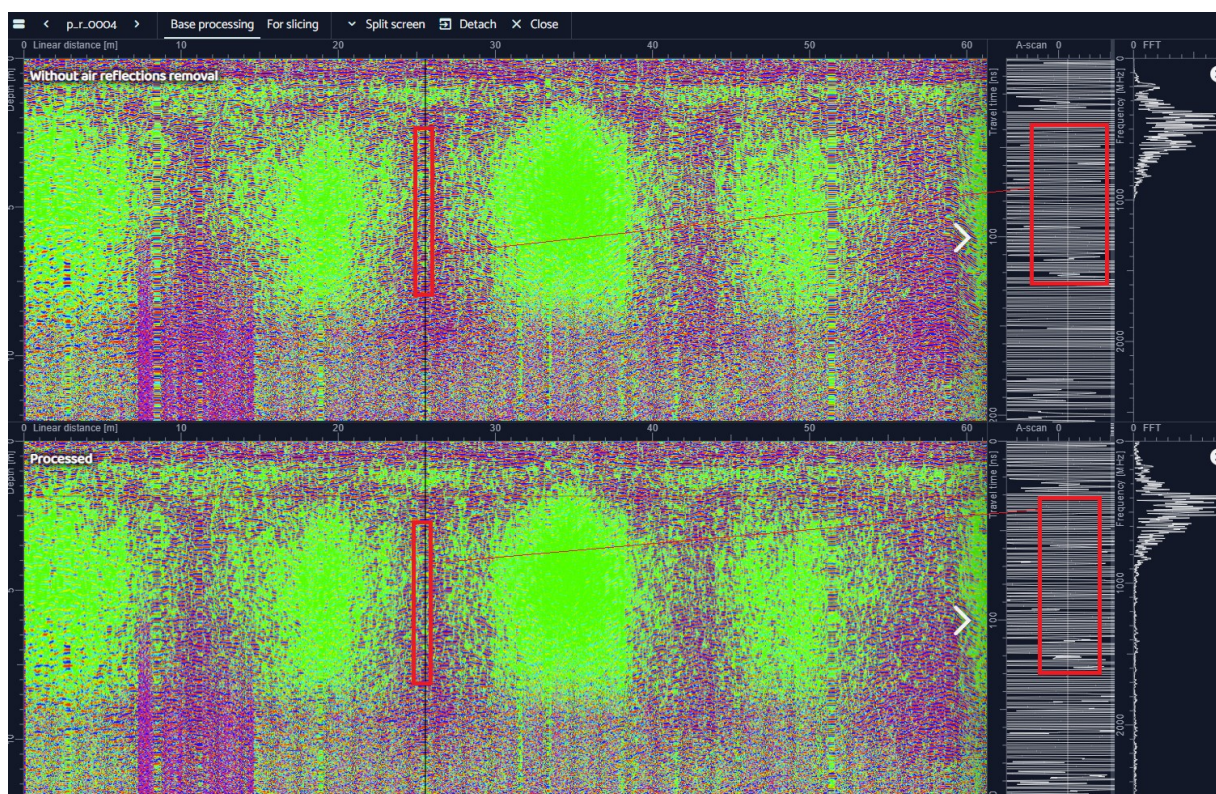
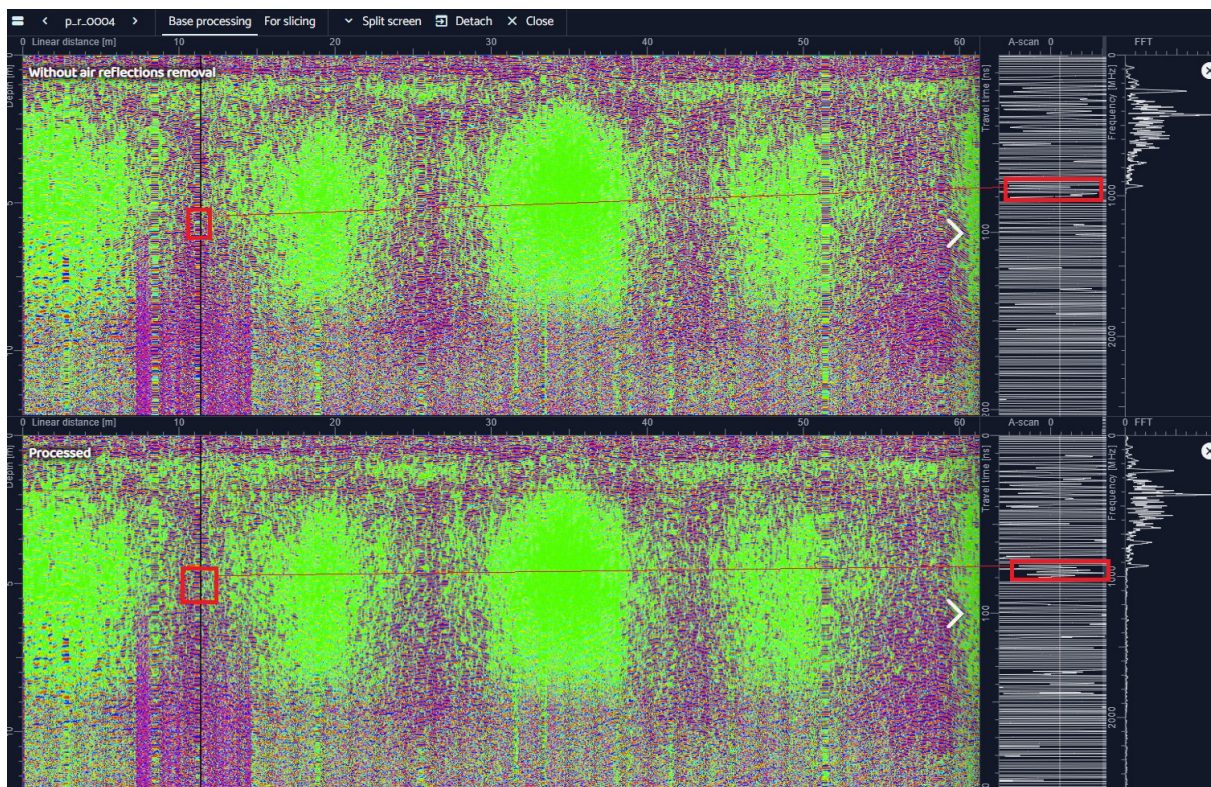
POZICIJA	Opis evidentiranih sprememb v strukturi
OBMOČJE NAD STEBRI DO PETE OBOKA	
1	zaznane praznine za kamnitim krilnim zidom, praznine prisotne v strukturi betona
2	zaznane praznine v strukturi polnila/ betona
3	zaznane praznine v strukturi polnila/ betona
4	zaznane manjše praznine za kamnitim krilnim zidom, praznine prisotne v strukturi betona
POZICIJA	Opis evidentiranih sprememb v strukturi
OBOK	
1	evidentirana sprememba v strukturi betona v oboku 1 na dolžini med 18 in 20 m profila, prav tako na dolžini med 26 in 27 m
2	evidentirana sprememba v strukturi betona oboka na 41 m dolžine profila
3	brez zaznanih večjih sprememb

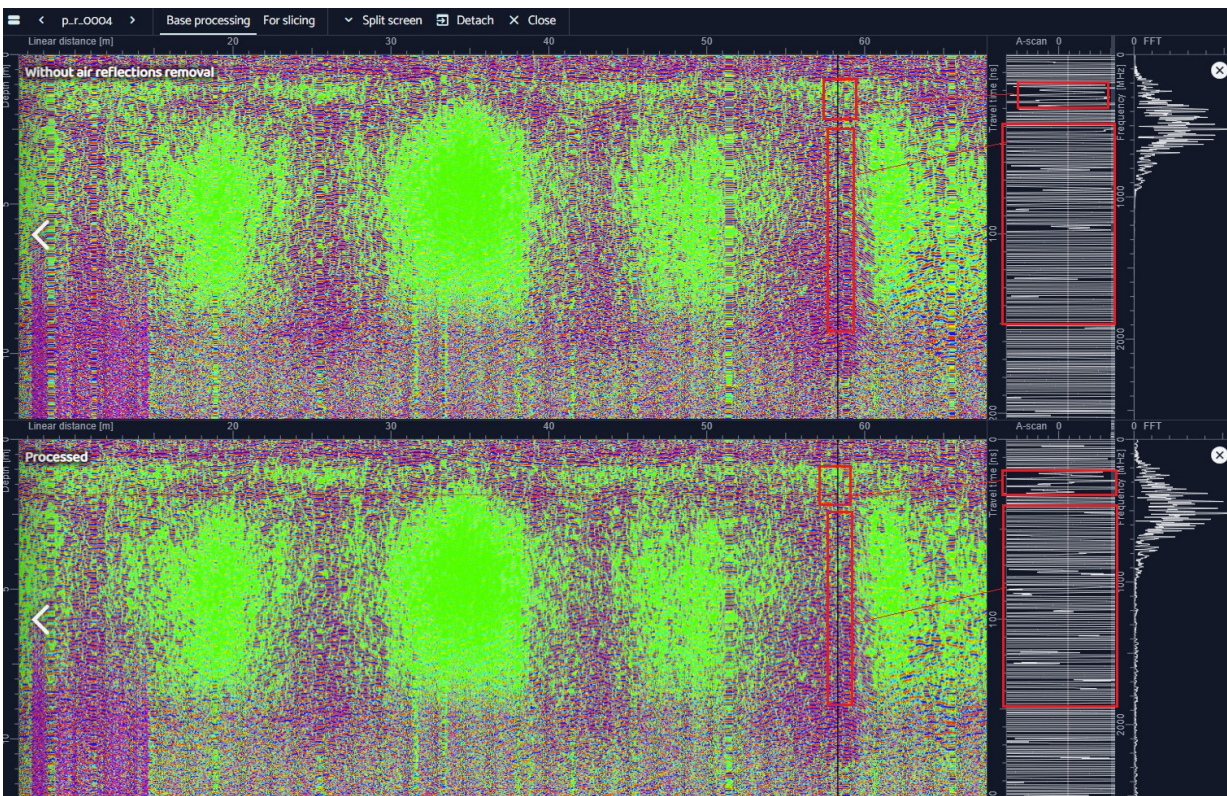
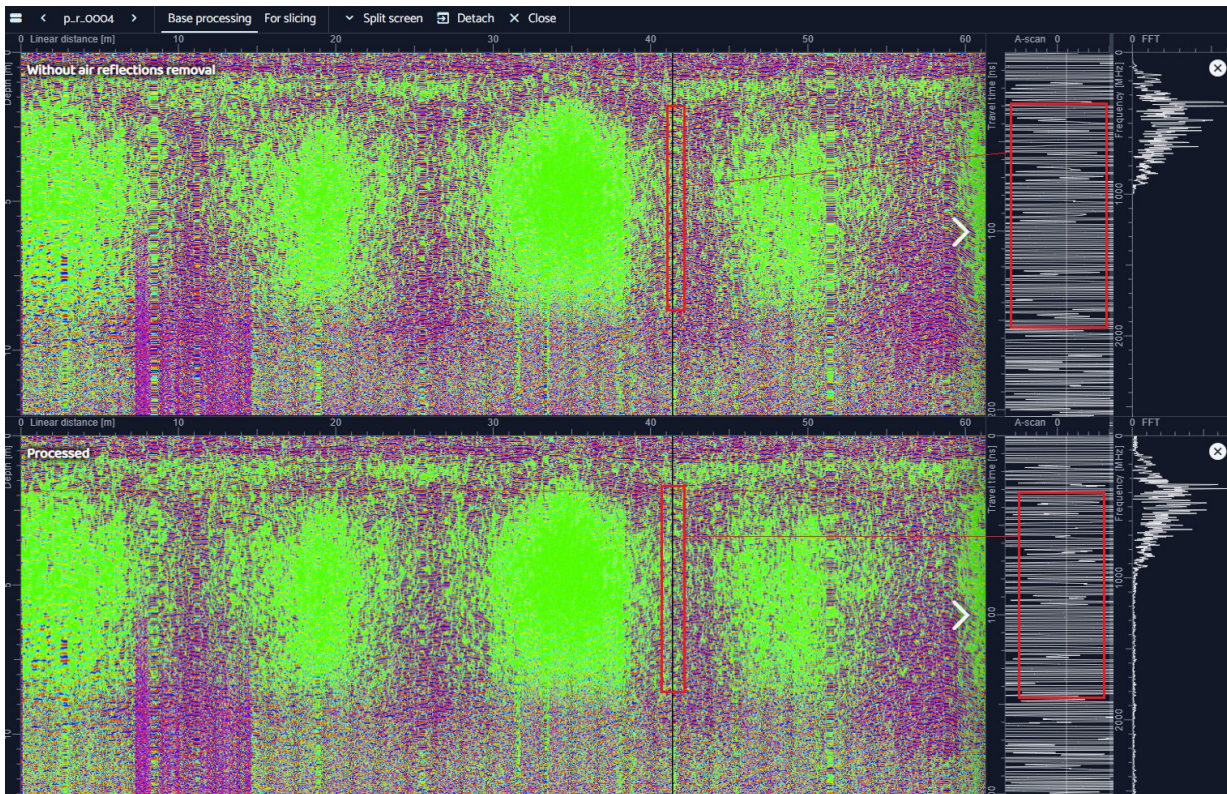
Georadarski profil 4, leva stran – evidentirane anomalije



POZICIJA	Opis evidentiranih sprememb v strukturi
OBMOČJE NAD STEBRI DO PETE OBOKA	
1	Nad stebrom in pod peto oboka v stebru so deidentirane spremembe, ki kažejo na prisotnost praznin, nadaljujejo se v steber
2	Nad stebrom in pod peto oboka v stebru so deidentirane spremembe, ki kažejo na prisotnost praznin, nadaljujejo se v steber
3	Nad stebrom in pod peto oboka v stebru so deidentirane spremembe, ki kažejo na prisotnost praznin, nadaljujejo se v steber
4	Nad stebrom in pod peto oboka v stebru so deidentirane spremembe, ki kažejo na prisotnost praznin, nadaljujejo se v steber
POZICIJA	Opis evidentiranih sprememb v strukturi
OBOK	
1	brez zaznanih večjih sprememb
2	evidentirana sprememba v strukturi betona v oboku na dolžini med 27 in 28 m profila, prav tako na dolžini med 37 in 38 m
3	evidentirana sprememba v strukturi betona v oboku na dolžini med 51 in 52 m

Prikaz analize prisotnosti prevotlitev v betonski strukturi prekladne konstrukcije na georadarskem profilu 4 (leva stran viadukta, smer Ljubljana - Sežana)





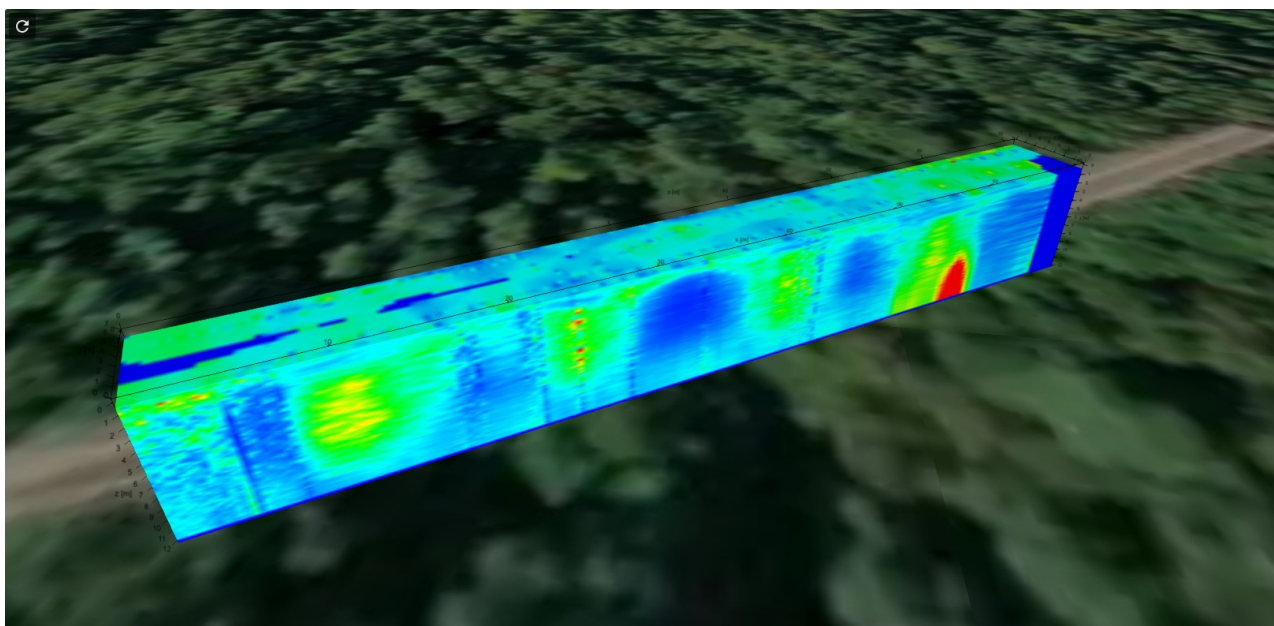
Analiza globinskih rezov prekladne konstrukcije

Pri georadarskih meritvah so globinski rezi posamezne meritve, kjer se izmeri čas, potreben, da elektromagnetni valovi, ki jih oddaja georadar, prepotujejo določen material ali sloj tal, in se nato odbijejo nazaj do sprejemnika. To pomeni, da so globinski rezi slika, ki prikazuje, kako dolgo so valovi potovali do različnih globin in nazaj, kar omogoča izdelavo prostorskih prikazov podzemnih struktur.

Georadar deluje tako, da oddaja elektromagnetne valove v tla, ki se odbijejo ob različnih podzemnih materialih (npr. kamen, pesek, voda) in se vrnejo do antene. Čas, ki mine od oddaje valov do njihovega sprejema, se uporabi za določanje globine predmetov in slojev v tleh, saj hitrost elektromagnetnih valov v različnih materialih niha.

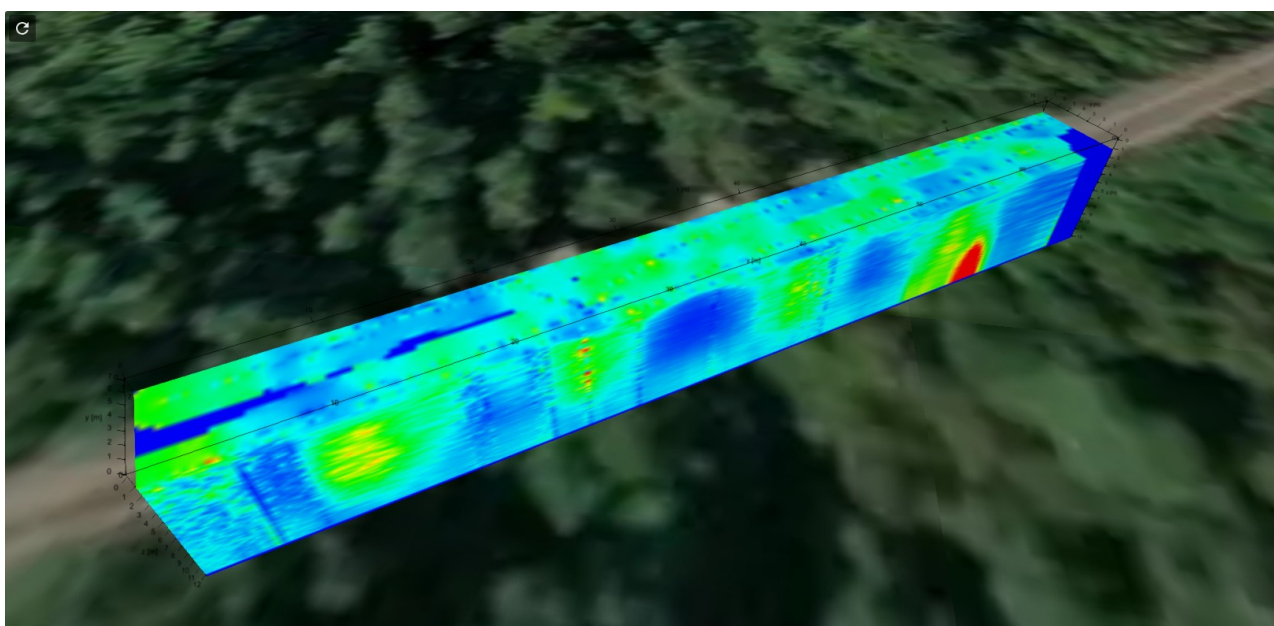
Za ustvarjanje časovnih rezov se običajno uporablja računalniška obdelava podatkov, kjer je vsaka točka na rezih povezana z določeno globino in značilnostmi tal. Na teh rezih so prikazani različni odseki podzemnih struktur, kot so voda, kamenje, jame ali druge spremembe v materialu tal. To pomaga pri interpretaciji in analizi podzemnih karakteristik. Območje, namočeno z vodo, na globinskih rezih georadarskih meritev običajno zgleda kot področje z višjo stopnjo refleksije elektromagnetnih valov. To je posledica dejstva, da voda, še posebej v nasičenih tleh, močno vpliva na hitrost in absorpcijo elektromagnetnih valov. Odboji zasiganih območij se v globinskih rezih vidijo kot območja z močnejšo stopnjo refleksije elektromagnetnih valov.

Struktura konstrukcije, ki jo tvori beton nam je omogočila analizo celotnega objekta s pomočjo izdelave časovnih rezov in 3D modela, s katerim smo evidentirali spremembe v prekladni konstrukciji pod pod tirno gredo; območja večje namočenosti prekladne konstrukcije in območja praznin v polnilu nad oboki in med oboki ter nad stebri. Glede na odboje na globinskem rezu 3D modela, na globini 80 cm obstoječe betonske konstrukcije, je vidno da je zamočenost prisotna na celotni površini viadukta (slika 6), večje spremembe v zamočenosti, ki se odražajo kot zeleno obarvana območja, pa so prisotna na območju stebra oziroma opornika 1, nad obokom 1 predvsem na levem delu, v sredini in na levem delu oboka 2 ter na delu oboka 3, v smeri opornika oziroma stebra 4.



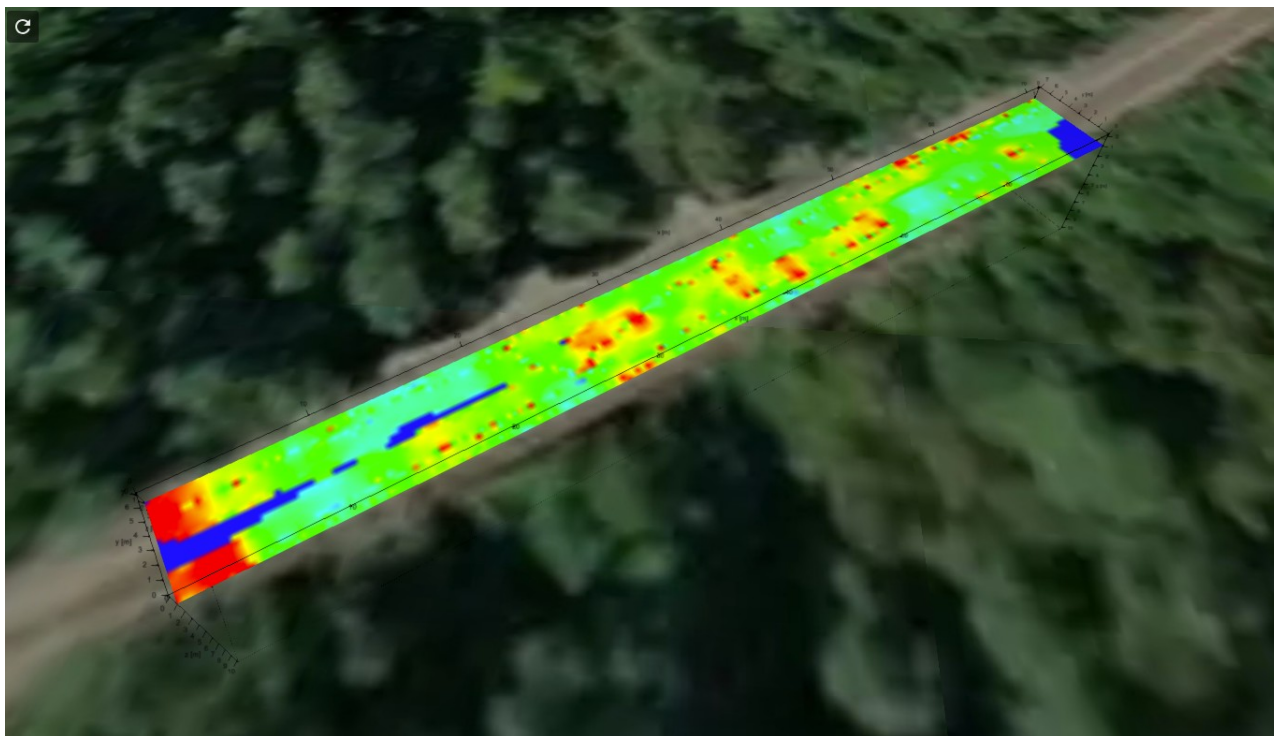
Slika 6: Prikaz zamočenosti betonske konstrukcije.

Glede na odboje na globinskem rezu 3D modela, 20 cm nižje, na globini 100 cm obstoječe betonske konstrukcije, je zamočenost konstrukcije še bolj opazna (slika 7).



Slika 7: Prikaz zamočenosti betonske konstrukcije.

Spremembe v strukturi prekladne konstrukcije, ki nakazujejo na spremembe v strukturi betonske konstrukcije, se da prepoznati po intenzivnosti odboja na globinskem rezu; z rdečo in rumeno barvo so označena evidentirana območja sprememb v prekladni konstrukciji (slika 8). Največje anomalije so prisotne na območju na desni strani oboka 1, na sredini nad stebrom 2, nad celotnim obok 2 in na levi strani oboka 3.



Slika 8: Globinski rez prikazuje evidentirane spremembe v strukturi prekladne konstrukcije.

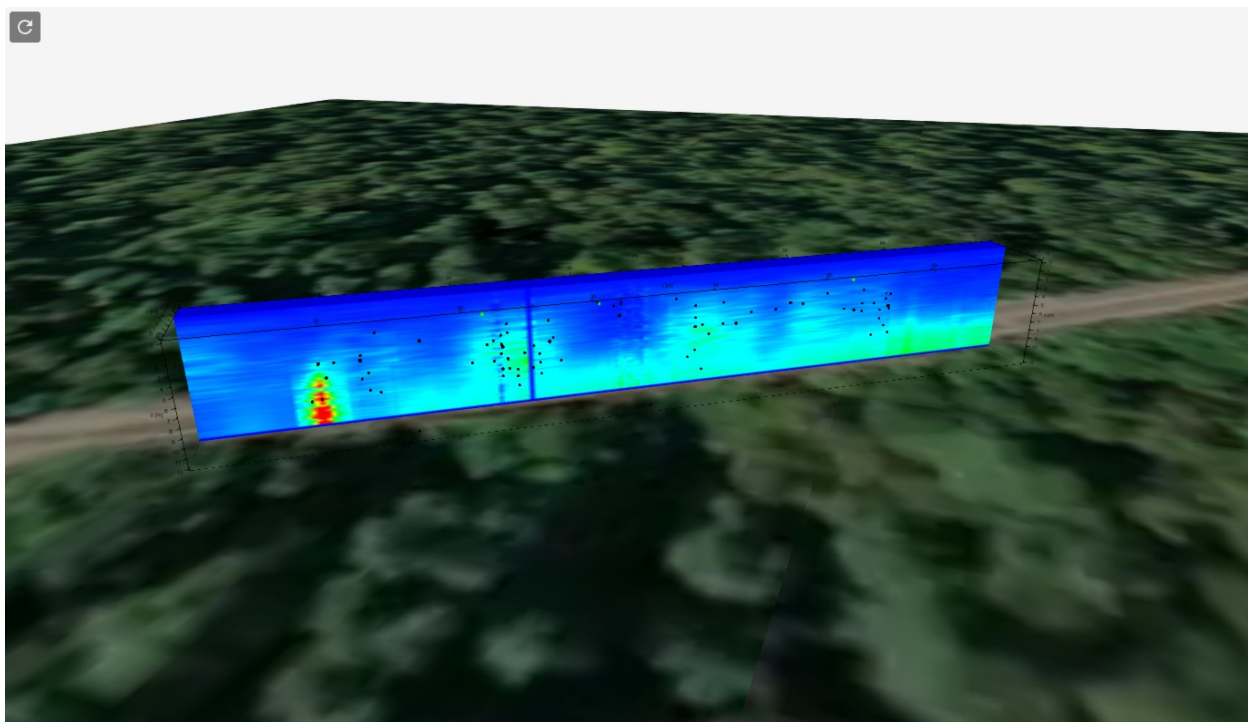
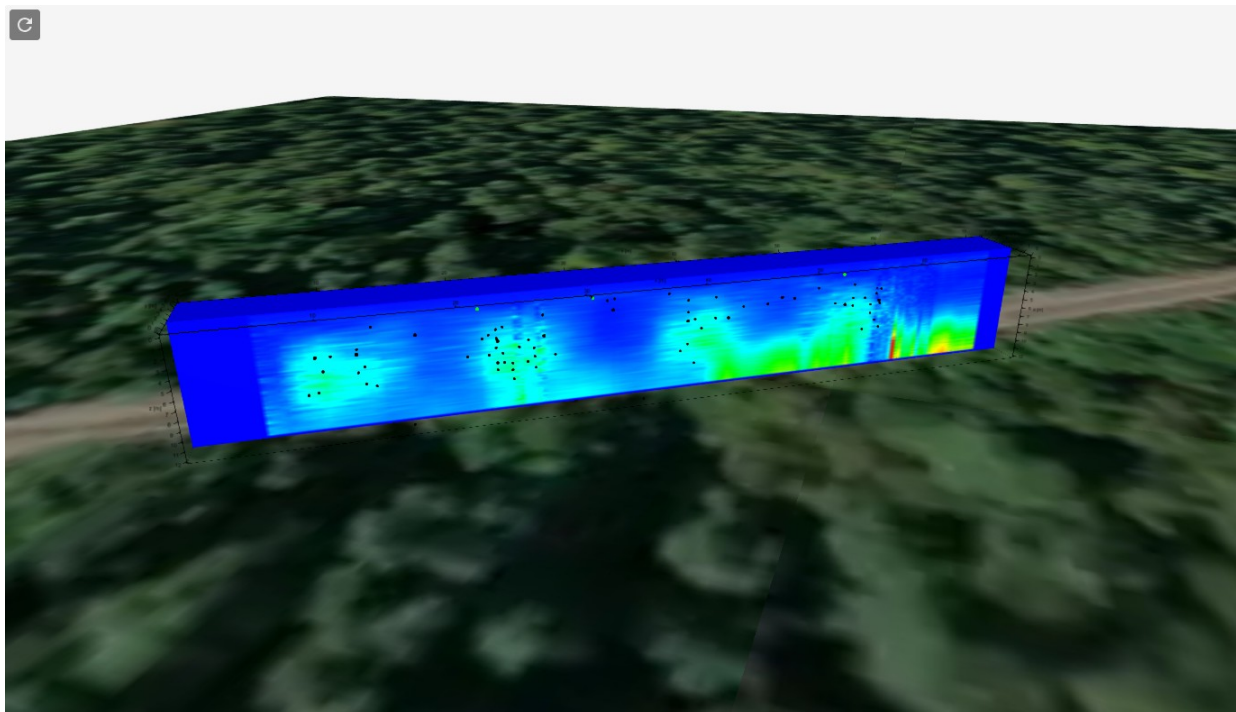
Pregled podporne konstrukcije

Izvedba georadarskih profilov na območju proge, nam je zaradi strukture konstrukcije omogočila tudi analizo stebrov, saj je signal segal do terena pod objektom. Zaradi nedostopnosti lokacije (prevelik naklon, vegetacija, neprimerna površina) za večjo, 100 MHz anteno, temeljev nismo mogli posneti. Za analizo notranjosti stebrov, smo posneli georadarske profile na stebrih 2 in 4, ki so omogočili dodatno analizo izdelanih modelov stebrov.

Dispozicija georadarskih profilov temeljenja je predstavljena v poglavju 5, Dispozicija georadarskih profilov stebrov podporne konstrukcije.

Pregled stebrov je podal naslednje ugotovitve; stebri so zgrajeni z nearmiranim betonom, v sredini stebrov se nahajajo praznine, ki os najverjetneje nastale zaradi neenakomernega vgrajevanja

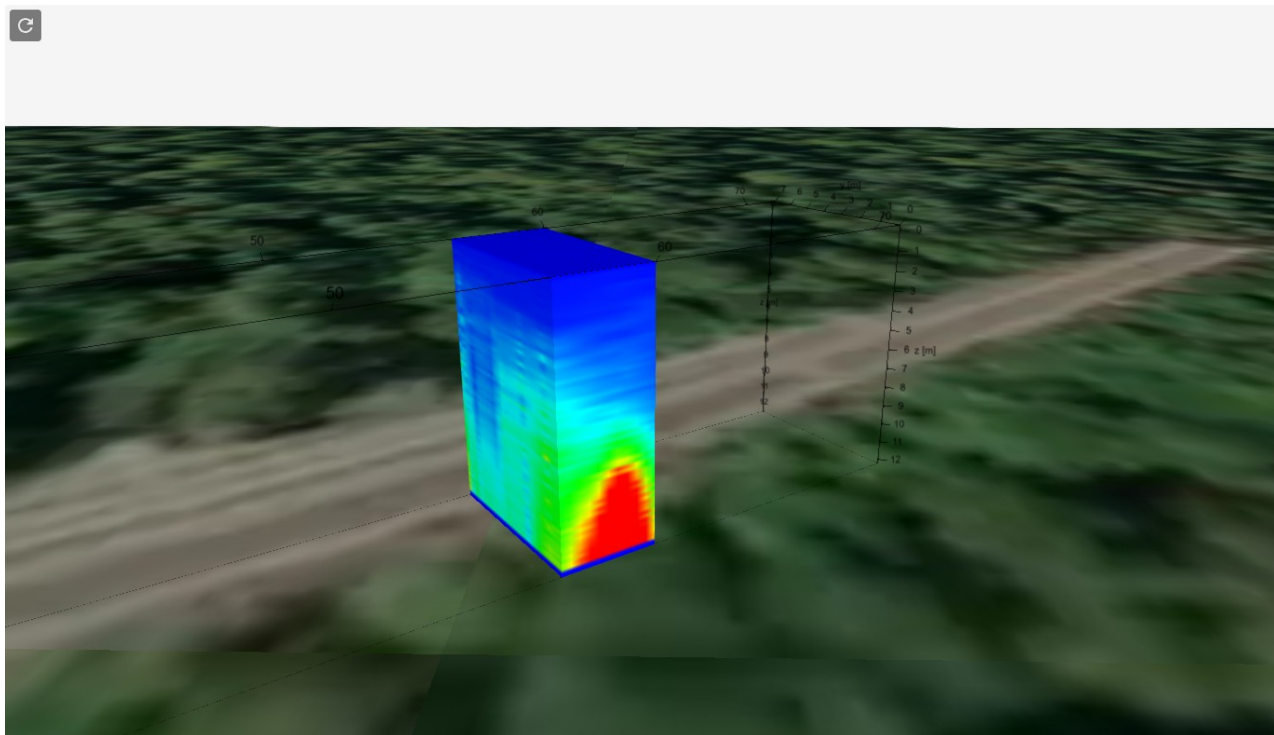
betona, agregat v betonu pa je večji, kar se je pokazalo tudi pri analizi dela nad petami obokov. Praznine v materialu so pristne predvsem v zgornjih delih stebrov, do globine 3 do 4 m do pete obokov, največ praznin je georadar zaznal na stebru 3 (sliki 9 in 10).



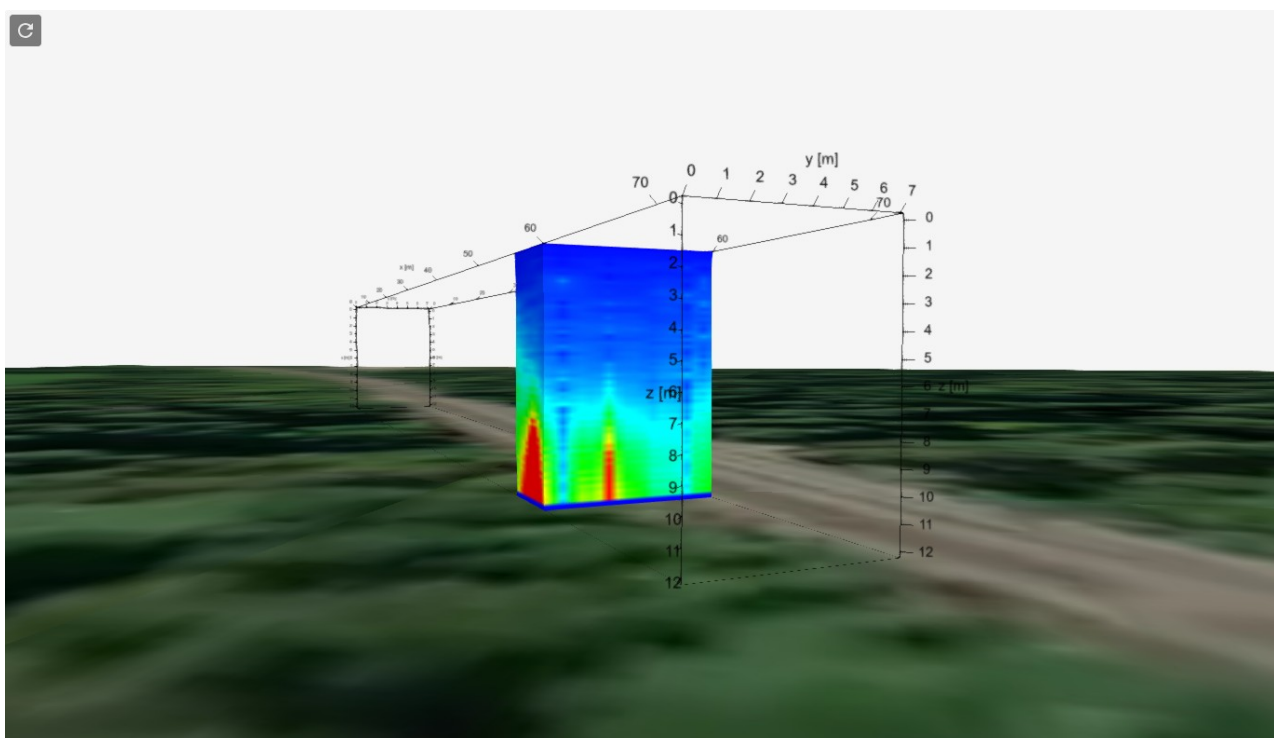
Slika 9 in 10: Zaznane praznine v zgornjih delih stebrov.

Steber 1

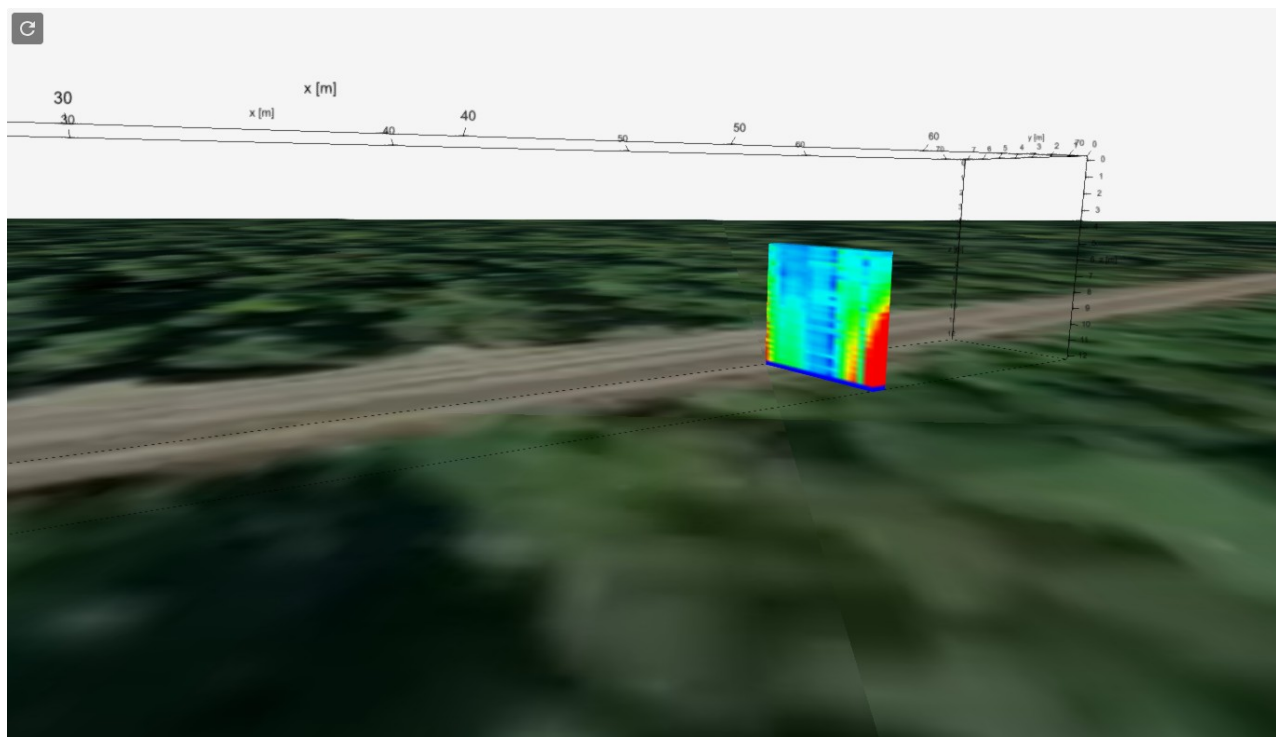
Steber 1 je po podatkih georadarja premočen, v notranjosti so v prisotne prevotlitve v materialu, večja sprememba pa je prisotna na levi strani stebra, pri dnu, kjer odboj kaže na večjo premočenost. Podoben, vendar manjši odboj je prisotne tudi na desni strani.



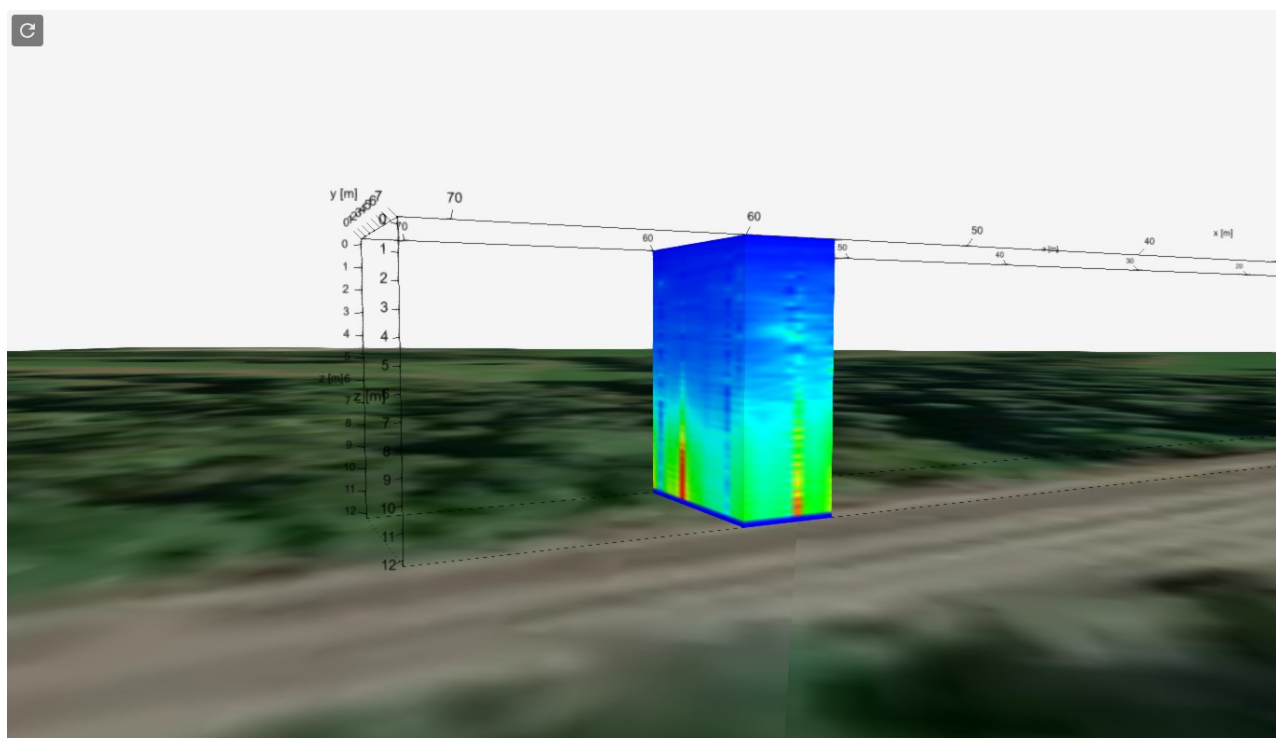
Steber 1, stran Sežana, leva stran.



Steber 1, stran Ljubljana.



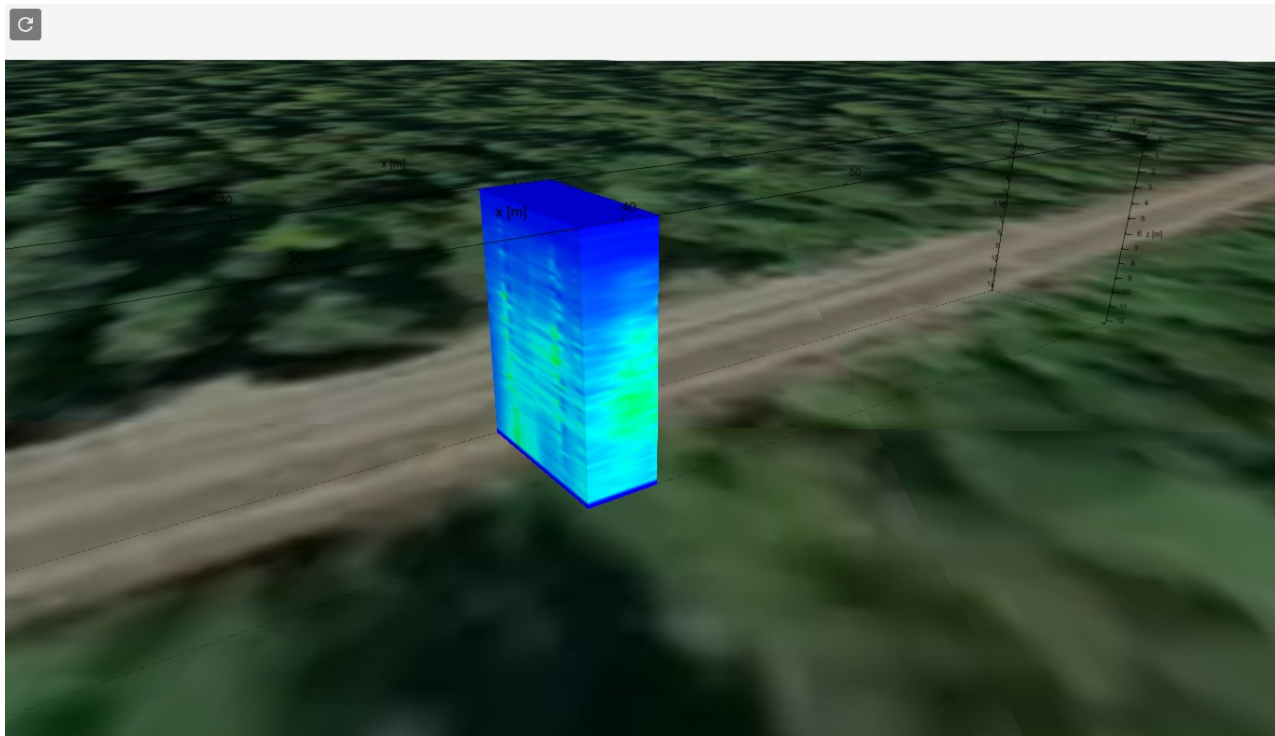
Steber 1, prerez čez sredino stebra.



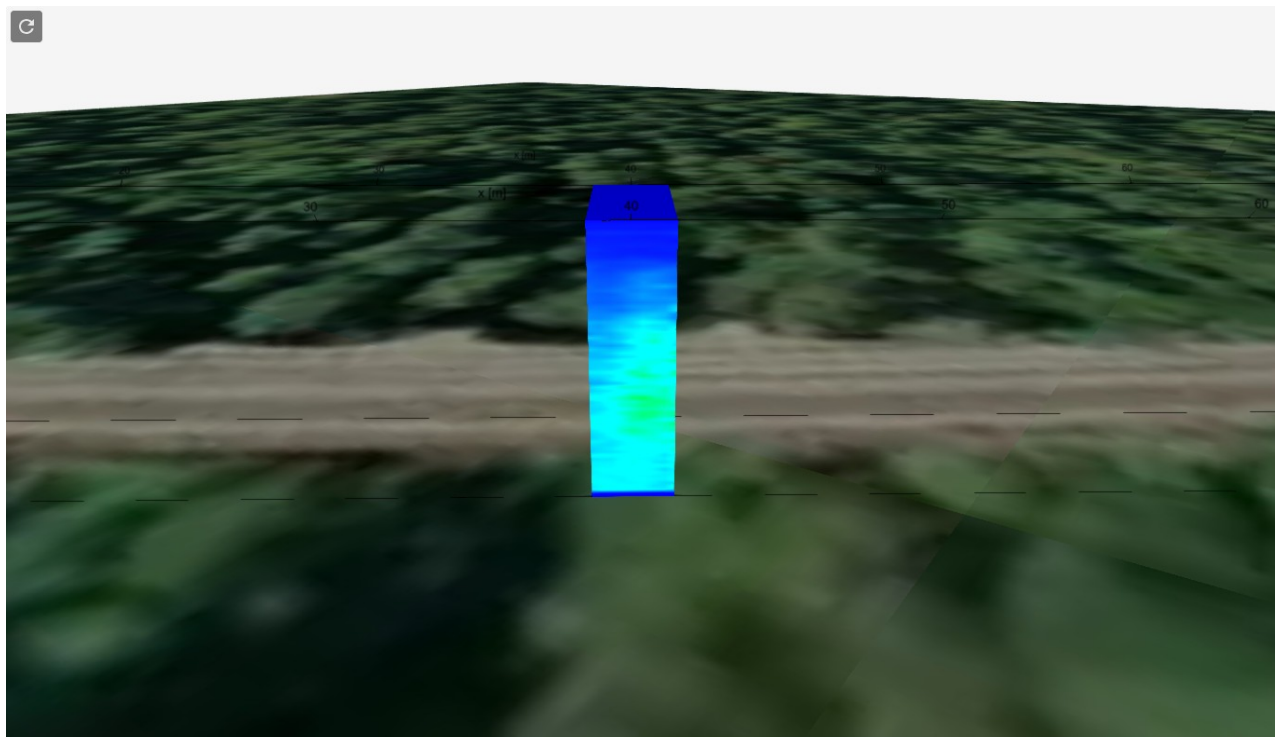
Steber 1, stran Ljubljana, desna stran.

Steber 2

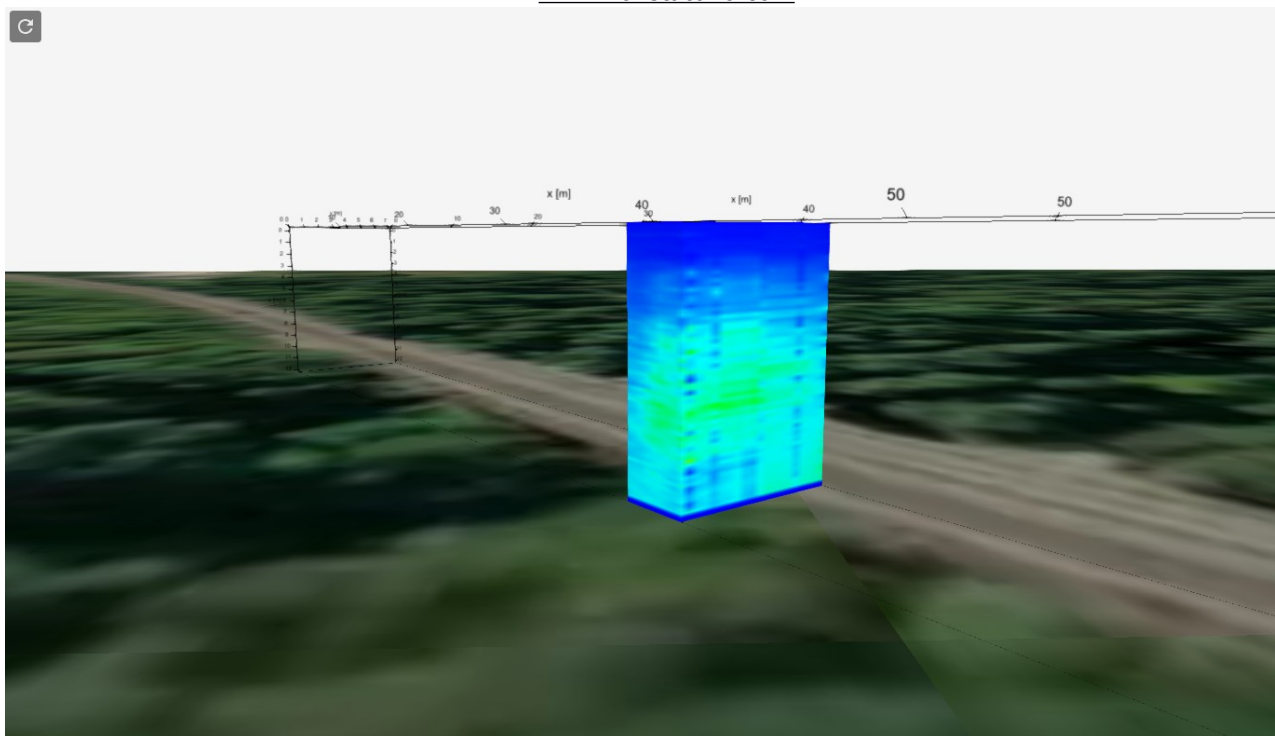
V notranjosti stebra se pojavljajo območja prevotlitev v materialu predvsem na levi zgornji strani, zamočen pa je predvsem srednji in levi del stebra.



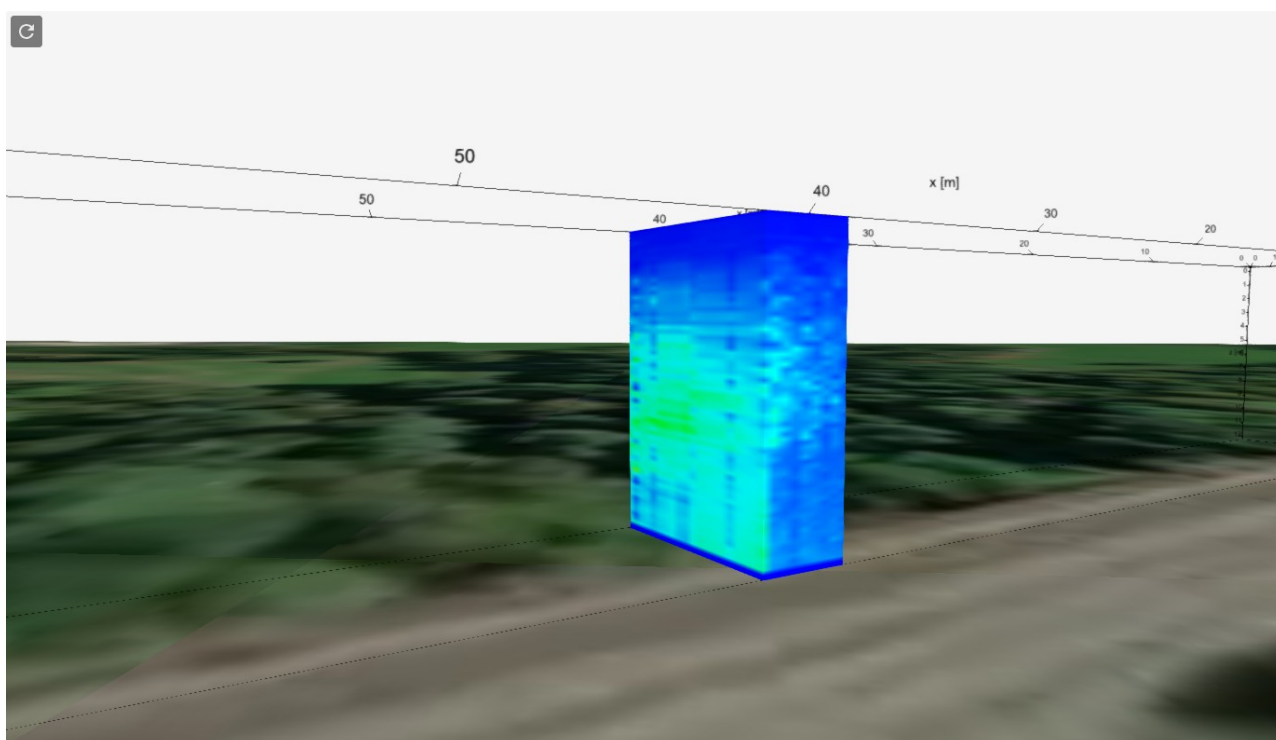
Steber 2, stran Sežana, leva stran.



Steber 2, leva stran.



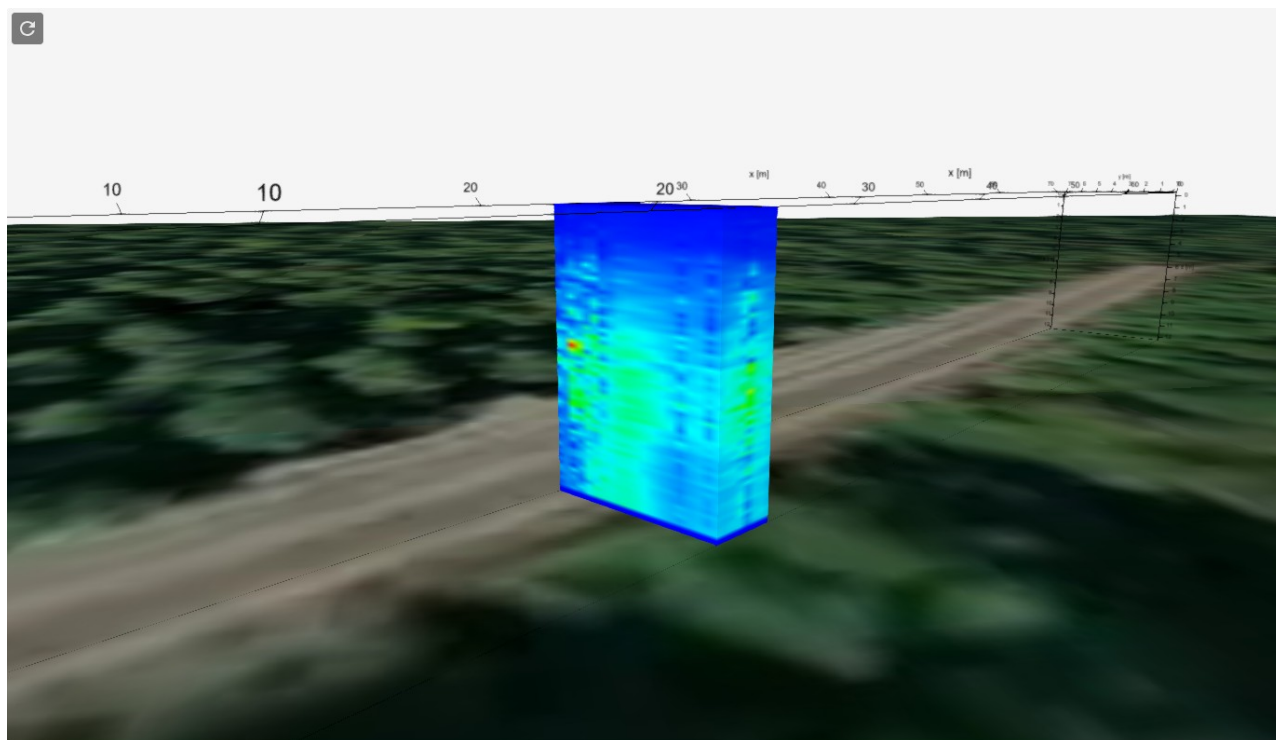
Steber 2, stran Ljubljana, leva stran.



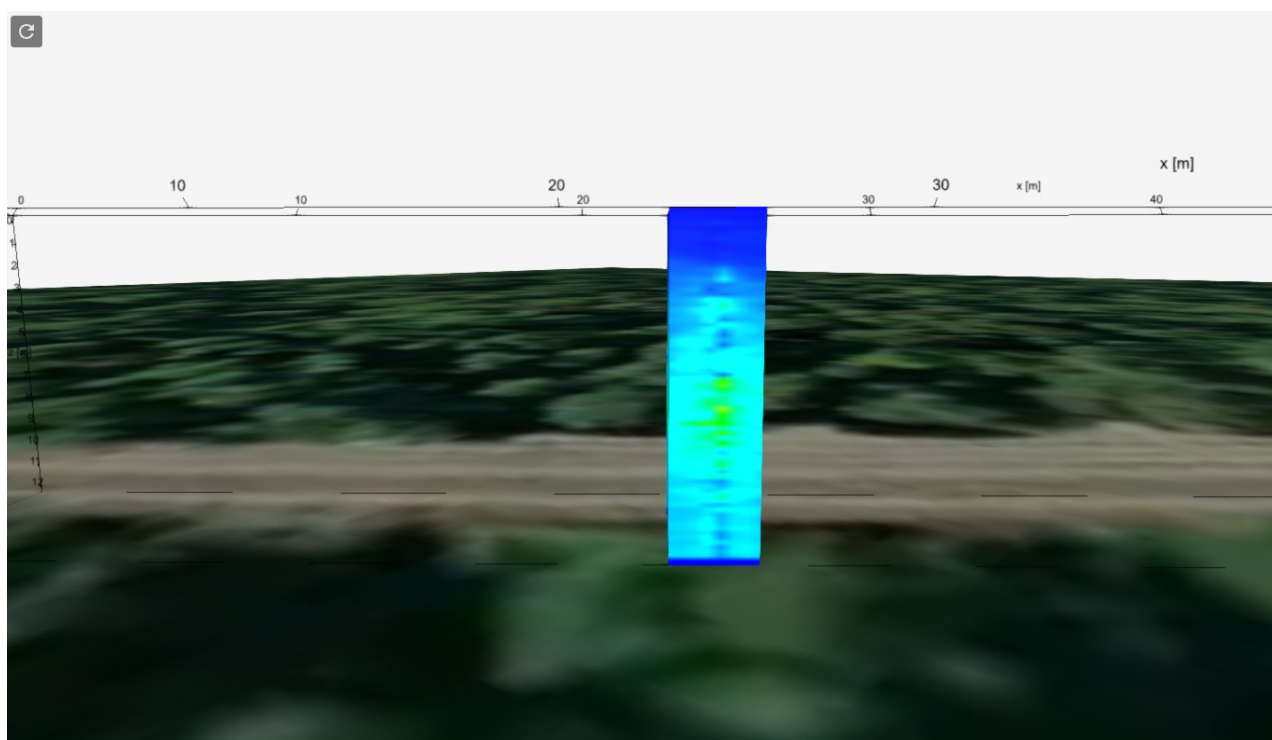
Steber 2, stran Ljubljana, desna stran.

Steber 3

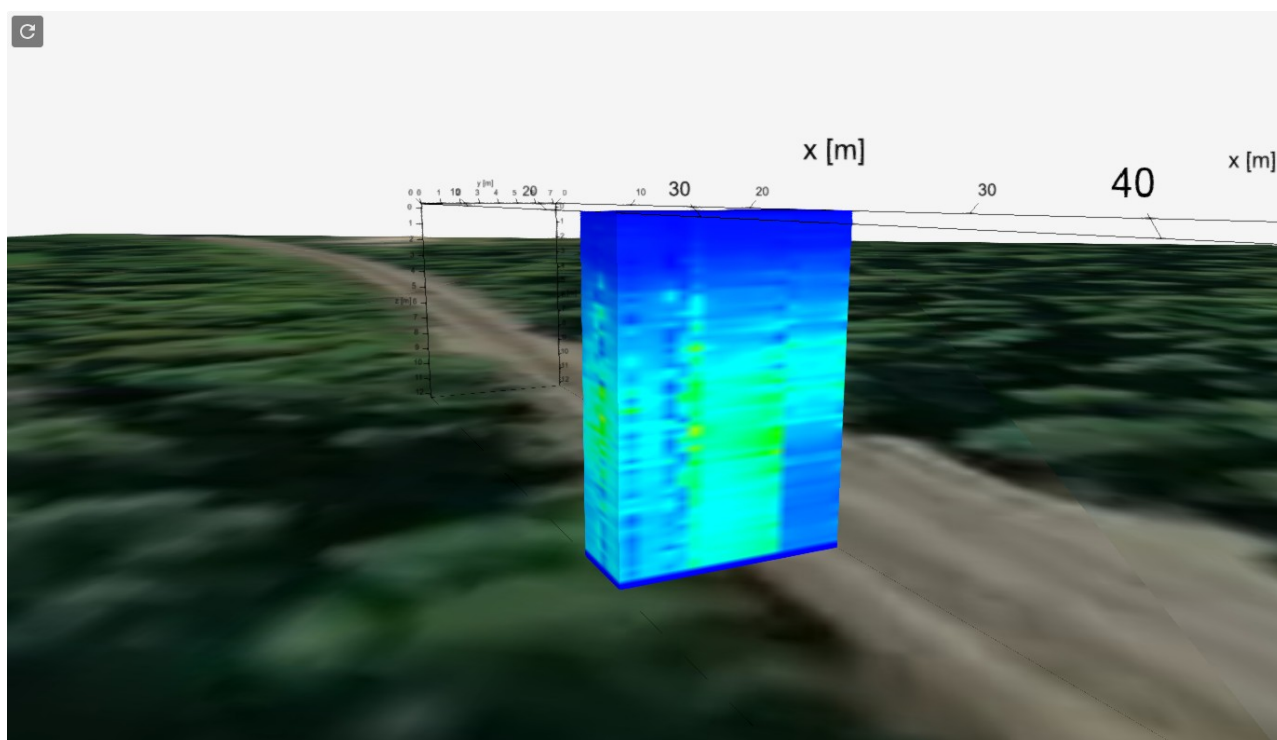
Pregled strukture stebra 3 je pokazal, da je v vgrajenem betonu več prevotlitev predvsem od sredine proti desni strani stebra, kjer je georadar zaznal tudi spremembo v strukturi stebra (rdeče in rumeno obarvan del). Premočenost stebra je prisotne predvsem v sredini.



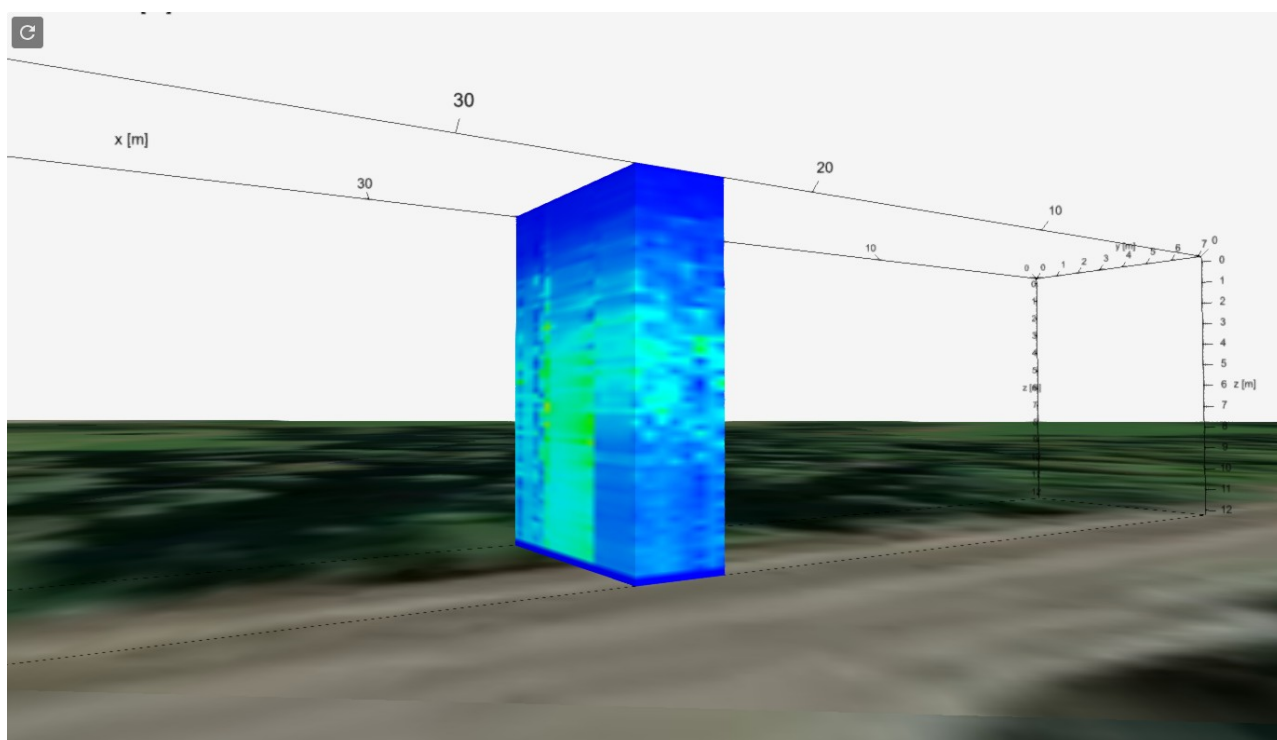
Steber 3, stran Ljubljana, leva stran.



Steber 3, leva stran.



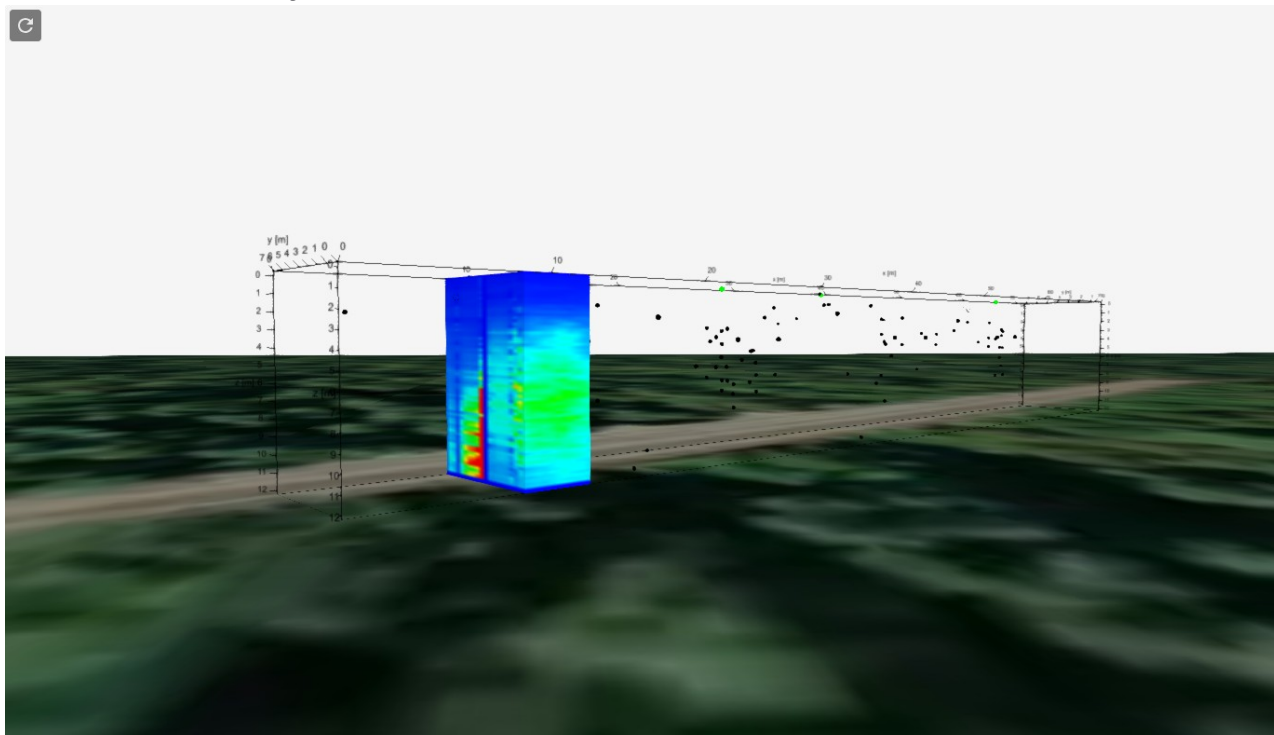
Steber 3, stran Ljubljana, leva stran.



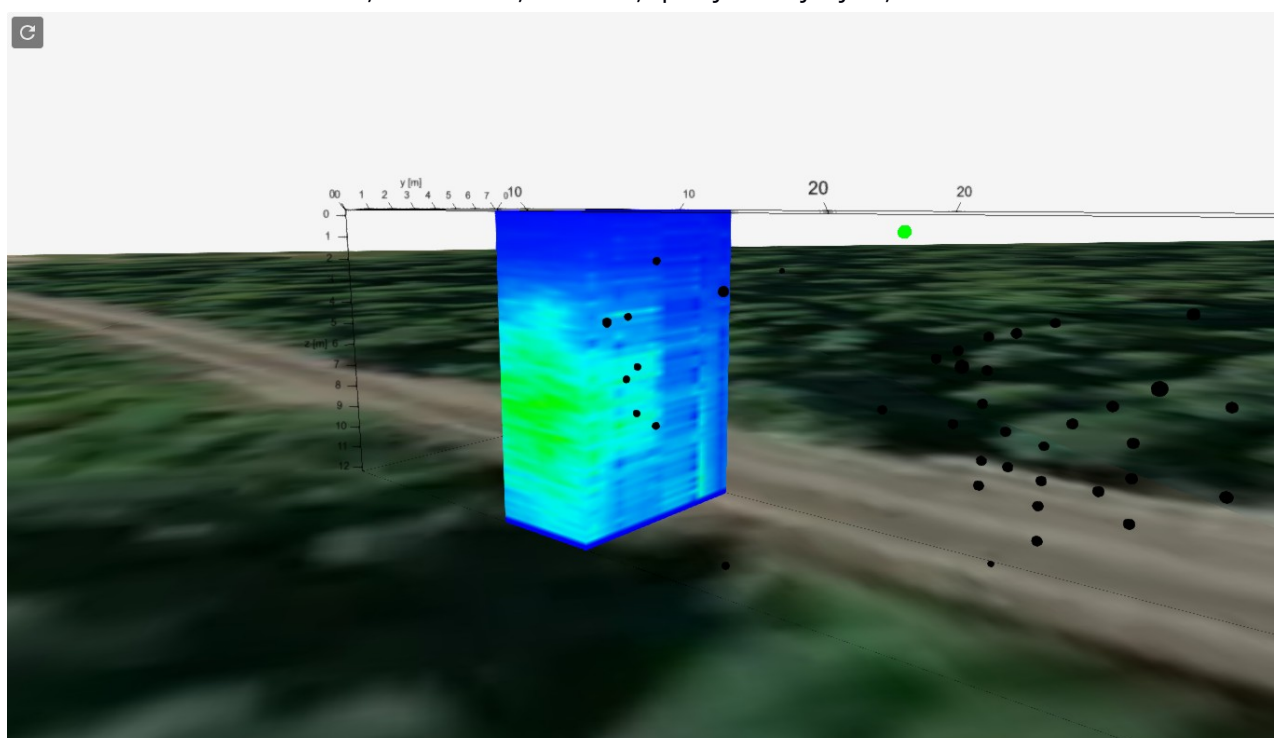
Steber 3, stran Ljubljana, desna stran.

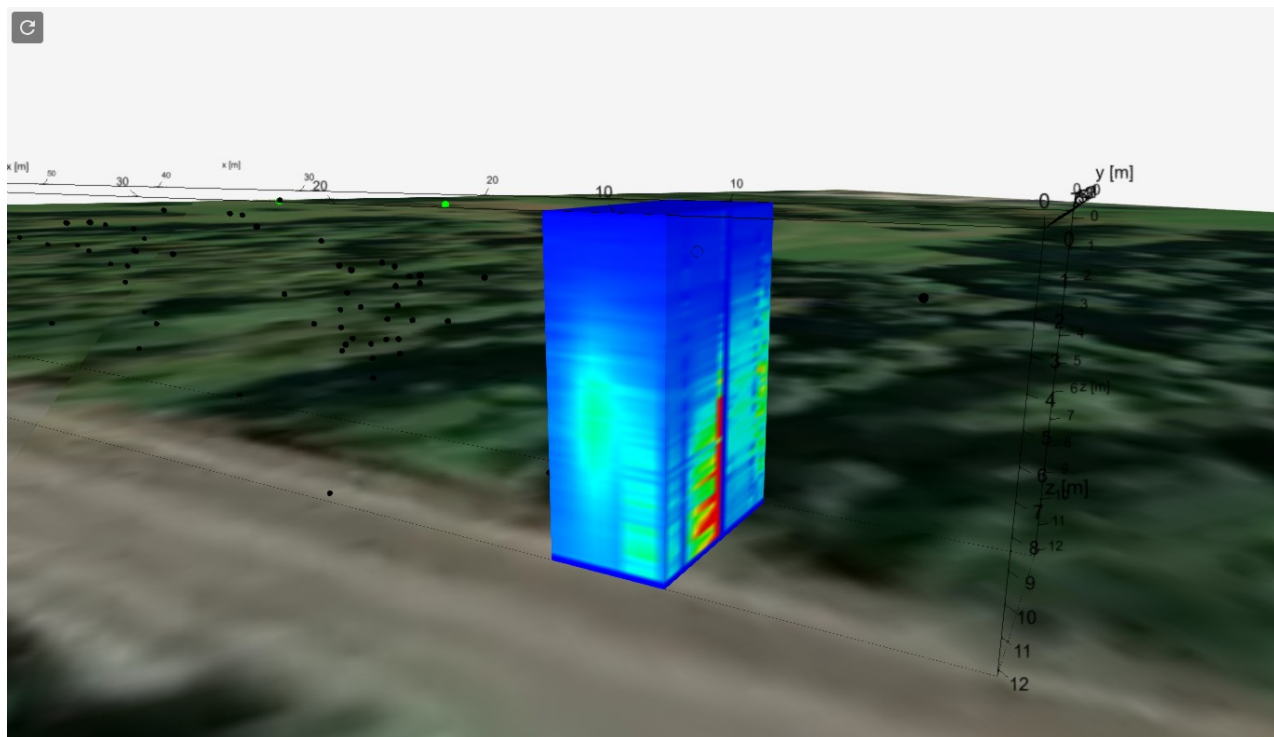
Steber 4

Pregled stebra 4 je podal naslednje ugotovitve; zelo zamočen je predvsem levi zgornji del stebra, kjer so prisotne tudi manjše spremembe v strukturi betona. Na desnem delu stebra georadar ni zaznal večjih sprememb v strukturi stebra; v notranjosti na sredini je prisoten močnejši odboj, ki kaže na večjo lokalno spremembo v strukturi stebra v smeri krilnih zidov in zasutja za stebrom 4 na strani Sežana.



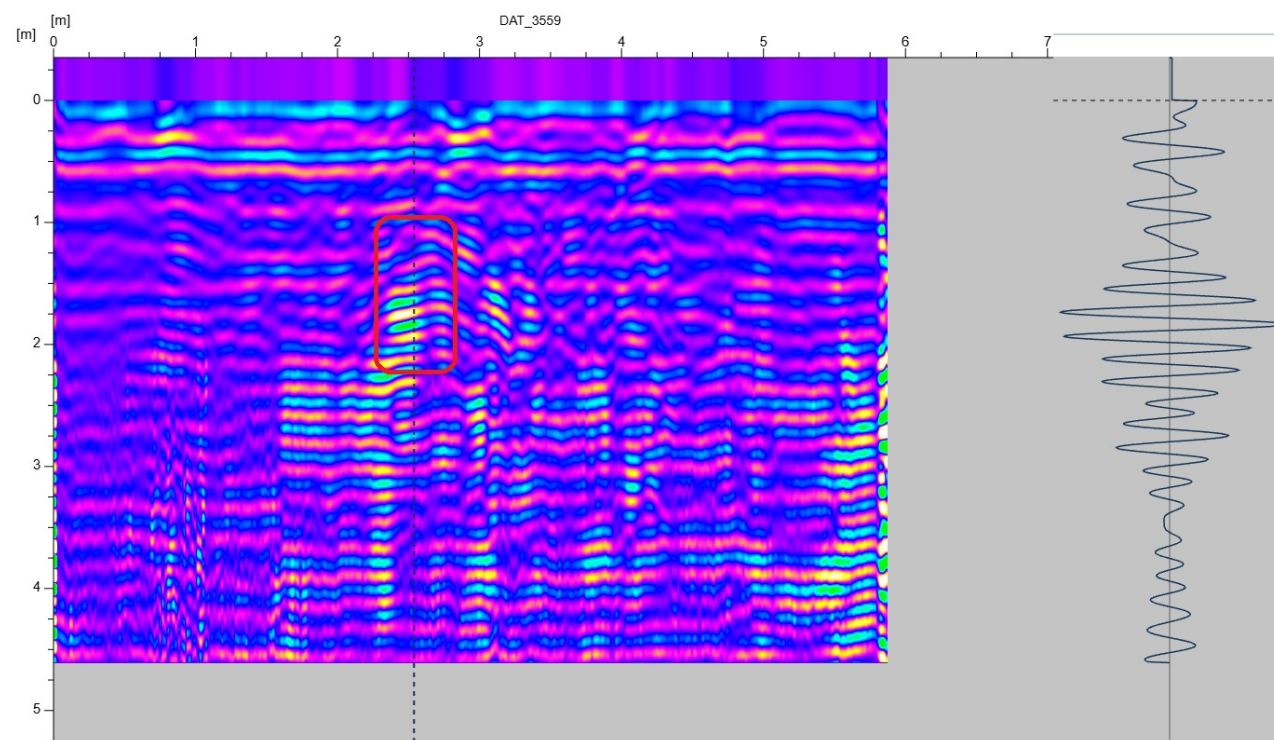
Steber 4, stran Sežana, leva stran, spodaj stran Ljubljana, leva stran.





Steber 4, stran Ljubljana, desna stran.

Georadarski profili, ki smo jih izvedli v spodnjem delu stebra so pokazali na prisotnost manjših sprememb v sredini, kjer so po vsej verjetnosti v strukturo betona vgrajeni tudi večji kosi kamna, kar je vidno na profilu 3559 (slika 11). Za temi vgrajenimi kamni so po vsej verjetnosti že pri gradnji nastale praznine. Svetlejši vodoravni odboji kažejo na notranjo zamočenost strukture.



7 UGOTOVITVE PREGLEDA PREKLADNE IN PODPORNE KONSTRUKCIJE

Objekt je kot celota v slabem stanju, beton je zaradi izpostavljenosti atmosferskim vplivom, predvsem pa zaradi zamakanja in slabo urejenega odvodnjavanja, v slabem stanju in degradiran, na nekaterih delih do te mere, da odpada in se kruši. Zamočenost objekta je torej glavni razlog za degradacijo objekta, propadanje betona (krušenje, odpadanje) pa vpliva na nosilnost in posledično uporabo objekta.

Po celotnem objektu so prisotne razpoke, ki so v večji meri zasigane, siga, ki se izceja iz obokov je prisotna na večji površini obokov in tudi delu stebrov.

Prisotnost sprememb v obokih so pokazali tudi georadarski profili prekladne konstrukcije; na desni strani viadukta so spremembe na oboku 1, oboku 2, delno tudi oboku 3, vendar so največje evidentirane v oboku 1, kjer se nahajajo lateralno od sredine temena oboka. Na levi strani viadukta, je georadar spremembe zaznal na oboku 2 in 3, predvsem na oboku 2, kjer so slednje ponovno prisotne lateralno od temena oboka. Te spremembe se ujemajo z vidnimi, zasiganimi razpokami na obokih.

Glede na georadarske meritve se da zaključiti, da je premostitveni objekt grajen iz nearmiranega betona, ki ima v območju med oboki, torej nad stebri v prostoru nad petami obokov vgrajen večji agregat ali gre celo za nasutje ki je bilo uporabljeno za zapolnitev prostora med oboki. V teh delih se nahaja več prevotlitev, ki so po vsej verjetnosti nastale že pri gradnji, možno pa je, da so nastale tudi kasneje z izcejanjem vode preko konstrukcije. Po podatku georadarja so tudi zgornji deli stebrov, pod petami obokov prav tako grajeni iz betona in v sredini iz, glede na odboje večjih kosov kamna in betona, v spodnjih delih stebrov, pa je takšnega materiala vgrajenega manj in gre za nearmiran beton z vsebnostjo večjega agregata. Temelji so glede na dobljene rezultate grajeni iz istega materiala.

Po podatkih iz georadarskega modela, je prekladna konstrukcija zamočena, večje spremembe v zamočenosti pa so prisotna na območju stebra oziroma opornika 1, nad obokom 1 predvsem na levem delu, v sredini in na levem delu oboka 2 ter na delu oboka 3, v smeri opornika oziroma stebra 4.

Evidentirane spremembe v strukturi betonske prekladne konstrukcije, ki nakazujejo na poškodbe betona (degradiran beton, razpoke, razplastitev v betonu) so prisotne na območju na desni strani oboka 1, na sredini nad stebrom 2, nad celotnim obok 2 in na levi strani oboka 3.

Klasifikacija Dolskega viadukta

Dolski viadukt smo po standardu UIC IRS 70778-4, ki specifično zajema klasifikacijo in kontrolo železniških mostov ter drugih infrastrukturnih objektov, uvrstili v 3. razred – zadostno stanje.

Standard običajno uporablja sistem ocenjevanja in stanje deli na naslednje razrede:

1. **Odlično stanje** (Razred 1): Ni večjih težav ali poškodb. Most je primeren za uporabo brez potrebe po takojšnjih popravkih.
2. **Dobro stanje** (Razred 2): Prisotne so manjše poškodbe, vendar te ne vplivajo bistveno na stabilnost ali varnost mostu.
3. **Zadostno stanje** (Razred 3): Opazne poškodbe ali poslabšanja, vendar most še vedno predstavlja varno uporabo, vendar so potrebna popravila in vzdrževanje.
4. **Slabo stanje** (Razred 4): Resne poškodbe, ki ogrožajo varnost mostu, potrebna so nujna popravila ali začasne omejitve uporabe.
5. **Kritično stanje** (Razred 5): Most je v nevarnem stanju, zaradi hudih poškodb, kar lahko zahteva takojšnjo zaporo ali popolno zamenjavo strukture.

8 PREDVIDENI POSEGI

Sanacijo Dolskega viadukta bi bilo treba obravnavati celovito zato bi morala sanacija obsegati:

1. Čiščenje površin, odstranitev sige in vegetacije ter priprava betonske konstrukcije za sanacijo.
2. Sanacija prekladne in podporne betonske konstrukcije; sanacija razpok, odstranitev odpadajočega betona in sanacija betonskih površin.
3. Izvedba ustrezne hidroizolacije za preprečitev vdora meteornih voda do nosilne konstrukcije.
4. Sanacija čelnih betonskih zidov.
5. Sanacija kamnitih krilnih zidov; odstranitev preostalih fug, menjava poškodovanih kamnitih blokov in ponovno fugiranje; glede na prisotnost prevrtlitev za zidovi tudi možnost injektiranja.
6. Sanacija temeljenja, če se to izkaže za nujno, glede na obremenitve objekta.