

Modeliranje potporne konstrukcije od armiranog tla "Doli" primjenom BIM pristupa

Novak, Marina

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:312853>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Marina Novak

**MODELIRANJE POTPORNE KONSTRUKCIJE OD ARMIRANOG TLA
„DOLI“ PRIMJENOM BIM PRISTUPA**

Diplomski rad

Rijeka, 2022. godine

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Sveučilišni diplomski studij
Geotehnika
Geotehnika prometnih građevina**

**Marina Novak
JMBAG: 0066241772**

**MODELIRANJE POTPORNE KONSTRUKCIJE OD ARMIRANOG TLA
„DOLI“ PRIMJENOM BIM PRISTUPA**

Diplomski rad

Rijeka, 2022. godine

IZJAVA

Diplomski rad izradila sam samostalno, u suradnji s komentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Marina Novak

U Rijeci, 14.09.2022.

ZAHVALA

*Zahvaljujem svom komentoru prof. dr. sc. Mirku Grošiću na pomoći i korisnim savjetima
tijekom pisanja ovog diplomskog rada.*

*Također zahvaljujem kolegici Nini Čepić iz tvrtke Geotech d.o.o. na korisnim
sugestijama koje su mi pomogle u izradi rada.*

*Zahvaljujem se i mojim prijateljima koji su tu uvijek bili za mene i učinili studiranje
lakšim.*

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji na podršci. 😊

SAŽETAK

U ovom radu obrađen je BIM pristup modeliranja potporne konstrukcije od armiranog tla „Doli“ u sklopu pristupnih cesta mostu Pelješac. U teoretskom dijelu rada objašnjava se BIM pristup i primjena u projektiranju te su predstavljeni BIM alati koji se koriste u projektiranju. Opisuju se zasipane i ukopane potporne konstrukcije s naglaskom na potporne konstrukcije od armiranog tla čija se stabilnost zasniva na međudjelovanju vlačnih elemenata i nasipa (ispune). Praktični dio rada odnosi se na izradu BIM modela u programskom paketu Allplan 2022 te je opisan tijek izrade i oblikovanje 3D modela u samom programu. Dobiveni model prikazan je u različitim pogledima vizualizacije te su dodani grafički prilozi koji se sastoje od tlocrtne situacije, poprečnih presjeka dobivenih iz modela u Allplanu, pogleda na geomreže te detalja armaturnog panela.

KLJUČNE RIJEČI: BIM, potporna konstrukcija, armirano tlo, cesta, geomreže, infrastruktura, Allplan

ABSTRACT

This thesis deals with the BIM approach of modeling the reinforced soil support structure "Doli" as part of the access roads to the Pelješac bridge. In the theoretical part of the work, the BIM approach and application in design are explained, and the BIM tools used in design are presented. Backfilled and buried support structures are described, with an emphasis on reinforced soil support structures whose stability is based on the interaction of tensile elements and embankment (filling). The practical part of the work refers to the creation of BIM models in the program package Allplan 2022, and the process of creation and design of 3D models in the program itself is described. The resulting model is presented in different visualization views and graphic attachments are added, consisting of the ground plan situation, cross-sections obtained from the model in Allplan, views of the geogrid, and details of the reinforcement panel.

KEY WORDS: BIM, supporting structure, reinforced soil, road, geogrids, infrastructure, Allplan

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPĆENITO O BIM-U	2
2.1. BIM projekt.....	4
2.2. BIM pristup u infrastrukturnim projektima	5
2.2.1. Najčešći razlozi izbjegavanja primjene BIM pristupa u infrastrukturnim projektima	7
2.3. BIM alati u infrastrukturnim projektima.....	8
2.4. Proces implementacije BIM-a na razini organizacije/tvrtke	11
3. POTPORNE KONSTRUKCIJE	14
3.1. Primjena potpornih konstrukcija	15
3.2. Klasifikacija potpornih konstrukcija s obzirom na tehnologiju izvedbe	17
3.2.1. Ugrađene potporne konstrukcije	18
3.2.3. Zasipane potporne konstrukcije.....	24
4. POTPORNE KONSTRUKCIJE OD ARMIRANOG TLA.....	28
4.1. Kratka povijest armiranog tla	28
4.2. Općenito o armiranom potpornom tlu	29
4.3. Način djelovanja i provjere stabilnosti armiranog tla	31
4.4. Vrste potpornih konstrukcija od armiranog tla	32
4.5. Geomreže armiranih potpornih konstrukcija	35
4.5.1. Jednoosne i dvoosne geomreže.....	35
4.5.2. Geomreže potporne konstrukcije od armiranog tla „Doli“	36
5. PRIMJER PROJEKTA POTPORNE KONSTRUKCIJE	38
5.1. Opis lokacije	41
5.2. Opis zahvata.....	41
5.3. Paneli prednjeg lica potporne konstrukcije od armiranog tla	45
5.4. Zaštita prednjeg lica potporne konstrukcije od armiranog tla	46
5.5. Geomreže.....	46
5.6. Materijal za izvedbu potporne konstrukcije od armiranog tla	47
5.7. Nasip iznad / iza potporne konstrukcije od armiranog tla	48
5.8. Slike izvedenog projekta Doli.....	48

6. BIM MODELIRANJE POTPORNE KONSTRUKCIJE „DOLI“	50
6.1. Općenito o Allplanu.....	50
6.2. Izrada i oblikovanje modela u Allplanu.....	50
6.2.1. Import terena – Civil 3D i Allplan.....	52
6.2.2. Modeliranje geomreža potporne konstrukcije od armiranog tla.....	57
6.2.3. Modeliranje prometnice.....	60
6.2.4. Modeliranje ploha nasipa i armaturnog panela.....	64
6.3. Detalj armaturnog panela	68
6.4. Cjelokupni prikaz modela	72
7. ZAKLJUČAK	77
8. LITERATURA.....	79
9. GRAFIČKI PRILOZI	82

POPIS SLIKA

Slika 1. Primjer BIM modela [4]	2
Slika 2. Building Information Modeling [6]	3
Slika 3. Hijerarhija BIM uloga	4
Slika 4. Model kružnog raskrižja u Civil 3D-u i model mosta u Revit-u [2]	9
Slika 5. Različiti prikazi modela prometnica u dva Bentley-eva softvera [2]	9
Slika 6. Kreiranje površine od linija u Civil 3D-u.....	10
Slika 7. Zasipi različitih širina [11]	14
Slika 8. Elementi potporne konstrukcije.....	15
Slika 9. Različite mogućnosti primjene potpornih zidova:.....	16
Slika 10. Primjer ugrađene i zasipane potporne konstrukcije – građevna jama „Branimir Centar“ te potporni zid uz prometnicu [13]	17
Slika 11. Primjer drvenih platice: a) skušeni utor, b) utor sa žlijebom, c) spoj među platicama na pero i žlijeb, d) utor i žlijeb platice, e) dvostruke platice s preklopom [11]	18
Slika 12. Kompozitne talpe – ugradnja i poprečni profil zagatne stijene od kompozitnog materijala [10]	19
Slika 13. Čelične talpe – profili i oblici [10, 14]	19
Slika 14. Primjer grabilice za iskop rova [10].....	20
Slika 15. Vrste pilotskih stijena [15]	21
Slika 16. Koraci izvedbe čavlanog tla [16].....	22
Slika 17. Čavlando tlo [17]	23
Slika 18. Razlika čavlanog i armiranog tla [18].....	23
Slika 19. Gravitacijski masivni betonski zid [12]	25
Slika 20. Konzolni T i L zid [12,18]	25
Slika 21. Gabionski zid i elementi [12].....	26
Slika 22. Primjer gabionskog zida uz prometnicu [19]	26
Slika 23. Zid sa zategom [10]	27
Slika 24. Ilustracija povijesne potporne konstrukcije zapadnoga dijela Kineskoga zida [20]	28
Slika 25. Armirane zemljane konstrukcije – ojačanje geosintetikom i betonskim elementima [22]	29

Slika 26. Redoslijed izvedbe armiranog nasipa [22].....	30
Slika 27. Armirano tlo na poziciji upornjaka mosta [23].....	30
Slika 28. Način djelovanja armiranog tla [22]	31
Slika 29. Provjera vanjske stabilnosti	32
Slika 30. Terramesh sustav [25].....	33
Slika 31. Poprečni presjek jednog primjera Terramesha [22]	33
Slika 32. Primjer Terra arme uz prometnicu te presjek izvedbe [10,26]	34
Slika 33. Green Tensar Wall potporna konstrukcija [27]	34
Slika 34. Tenax TT geomreža [30]	37
Slika 35. Pelješki most [32].....	38
Slika 36. Prikazuje dionice prometnih trasa sa označenim predviđenim vijaduktom Doli [35].....	39
Slika 37. Cestovno povezivanje s južnom Dalmacijom [36]	40
Slika 38. Položaj zida „Doli“ na katastarskoj čestici Brijesta.....	41
Slika 39. Tlocrtna situacija armiranog zida Doli.....	42
Slika 40. Poprečni presjek stacionaže na km 8+160.....	42
Slika 41. Postupak izvedbe jednog sloja nasipa ojačanog tla.....	43
Slika 42. Prikaz armaturnog panela ukrućenog sponama [37].....	45
Slika 43. Geomreža – prikaz prijeklopa, detalja i oblika [37,38]	46
Slika 44. Izgradnja armirane potporne konstrukcije [20].....	48
Slika 45. Pogled na lice zida Doli [34]	49
Slika 46. Pogled na izvedenu konstrukciju od armiranog tla sa strane [37]	49
Slika 47. Studentska verzija Allpana 2022 – otvaranje programa.....	51
Slika 48. Korisničko sučelje Allplana	51
Slika 49. Struktura građevine	52
Slika 50. Radno sučelje Civil 3D-a	53
Slika 51. Odabir svojstava u naredbi Countours.....	54
Slika 52. Dobivena površina od slojnica u Civil 3D-u – označena žutom bojom.....	54
Slika 53. Odabir naredbe Object Viewer – prikaz plohe u 3D-u.....	55
Slika 54. Import LandXML dakoteke u Allplan.....	55
Slika 55. Postupak importa u Allplan	56
Slika 56. Korištene naredbe za import plohe u modulu Projektiranje prometnica	56
Slika 57. Normalni poprečni presjek ojačanog tla s geomrežama [31]	57

Slika 58. Donja linija geomreža i korištene naredbe	58
Slika 59. Prikaz geomreža u odnosu na teren s detaljem kako se usijeca u teren	58
Slika 60. Prikaz geomreža – donja linija, lice, prijeklop	59
Slika 61. Cjelovit prikaz geomreže bez terena u koji usijeca.....	59
Slika 62. Upravitelj osi – svojstva.....	60
Slika 63. Geometrija horizontalne osi	60
Slika 64. Upravitelj vertikalnog poravnanja.....	61
Slika 65. Upravitelj projekta ceste	62
Slika 66. Dodijeli podatke osi – pet bitnih naredbi.....	62
Slika 67. Izdvojeni izbornici pojedinih naredbi sa dodijeljenim svojstvima	63
Slika 68. Vizualizacija ceste – žičani prikaz	63
Slika 69. Ploha prednjeg dijela nasipa.....	64
Slika 70. Ploha drugog dijela nasipa	64
Slika 71. Ploha nasipa ispred prometnice	65
Slika 72. Ploha nasipa iza prometnice.....	65
Slika 73. Korištenje naredbe Promijeni arhitektonska svojstva.....	66
Slika 74. Prikaz dodijeljenog svojstva armaturne mreže.....	66
Slika 75. Prikaz armiranog tla.....	67
Slika 76. Detalj armaturne mreže prikazan izbliza.....	67
Slika 77. Korištene naredbe za dobivanje armature.....	68
Slika 78. Izbornik naredbe Oblik šipke.....	69
Slika 79. Izbornik naredbe Postavi oblik šipki	69
Slika 80. Izbornik naredbe Opis.....	70
Slika 81. Detalj armaturnog panela	70
Slika 82. Žičani pogled.....	72
Slika 83. RTRender pogled.....	72
Slika 84. Model sa promjenom pozadine	73
Slika 85. Jugoistočni pogled na model – najčešći prikaz modela.....	74
Slika 86. Jugozapadni pogled na model	74
Slika 87. Sjeverozapadni pogled na model.....	75
Slika 88. Sjeveroistočni pogled na model	75
Slika 89. Približeni prikaz 3D modela u perspektivi.....	76
Slika 90. Prikaz geomreža kroz transparentu površinu terena	76

POPIS TABICA

Tablica 1. Faze izvedbe potporne konstrukcije od armiranog tla [31].....	44
Tablica 2. Tehničke specifikacije armaturnog panela prednjeg lica potporne konstrukcije od armiranog tla [31]	45
Tablica 3. Tehničke specifikacije armaturnih šipki (spona) za ukrućenje armaturnih panela [31]	45
Tablica 4. Tehničke specifikacije geojute za zadržavanje nasipnog materijala [31]	46
Tablica 5. Tehničke specifikacije geomreža u projektu [31]	47
Tablica 6. Svojstva završne površine sloja materijala na koju je postavljena geomreža [31]	48

1. UVOD

Što je BIM? Sama definicija BIM-a je višeznačna te se može odnositi na digitalni model građevine kao što je npr. model zgrade, može značiti upravljanje cjelokupnim procesima i informacijama u graditeljstvu ili može značiti skup aktivnosti koje se izvode kod kreiranja modela. U ovom kontekstu rada BIM je izgradnja digitalnog modela potporne konstrukcije, tj. modeliranje zadane konstrukcije.

Primjena BIM pristupa u današnje doba postepeno postaje standard koji uvelike poboljšava kvalitetu projekta i ističe niz pogodnosti poput vizualizacije, koordinacije, pregleda i analize samog 3D modela.

Zadatak ovog diplomskog rada je upoznavanje s BIM pristupom kroz softverski alat Allplan u kojem je bilo potrebno modelirati postojeću potporna konstrukciju od ojačanog tla uz pristupnu cestu koja se nalazi na sjevernom dijelu Pelješkog poluotoka. U prvom dijelu je opisano što je BIM općenito i kakva je primjena BIM-a u infrastrukturnim projektima. Navedeni su problemi koji se javljaju kod implementacije BIM-a u niskogradnji te su opisani neki od alata koji se koriste u infrastrukturnim projektima i kakav je proces implementacije BIM-a u organizaciji /tvrtki.

Pošto je zadatak rada bila potporna konstrukcija od armiranog tla opisano je što su to potporne konstrukcije te koja je njihova klasifikacija s naglaskom na ojačano tlo koje spada u zasipane potporne konstrukcije. Također je predstavljen geotehnički projekt zida „Doli“ i pojedinosti izvedbe same konstrukcije.

U konačnici, predstavljena je izrada BIM modela u softverskom programu Allplan 2022 gdje je opisana izrada 3D modela terena pomoću programa *Civil 3D-e* te kreiranje geomreža koje predstavljaju bitan element u ojačanom tlu jer preuzimaju vlačne sile čime osiguravaju stabilnost potporne konstrukcije. Opisano je modeliranje prometnice i nasipa te je prikazan cjelokupan prikaz modela u različitim pogledima kako bi se što bolje pokazala vizualizacija dobivenog 3D modela.

2. OPĆENITO O BIM-U

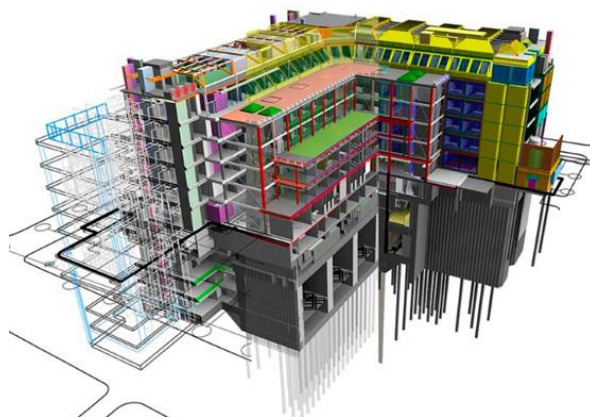
BIM se može definirati kao proces ili tehnologija čiji je cilj izgradnja digitalnog integriranog modela (informacija), a dolazi od engleske skraćenice koja ima nekoliko značenja predstavljenih u nastavku. [1] Engleske riječi *Building* i *Information* se ponavljaju u samom pojmu BIM-a te predstavljaju građenje (zgradu) i informaciju koja doprinosi donošenju odluka i aktivnosti u aspektu građevinarstva. [2]

BIM (*eng. Building Information Model*) – u ovom kontekstu riječ model (*model*) se odnosi na digitalni model građevine kao npr. zgrada ili cesta te je to zapravo stvar ili proizvod. [2] U cijelosti, može se prevesti kao informacijski model građevine.

BIM (*eng. Building Information Management*) – upravljanje (*management*) ima najšire značenje u koje je uključeno i modeliranje te predstavlja cjelokupno upravljanje procesima i informacijama u graditeljstvu. [2]

BIM (*eng. Building Information Modeling*) – u doslovnom prijevodu znači modeliranje informacija o građevini. [3] Dok sam pojam modeliranje označava skup aktivnosti koje se izvode kod kreiranja modela. [2]

Iako postoje još razne definicije samog pojma BIM-a, pogleda li se on kao sveobuhvatan BIM (*eng. Building Information Model/Management/Modeling*) može se reći da taj pojam predstavlja skup postupaka i tehnologija koje omogućuju da više sudionika sudjeluje u projektiranju, građenju i upravljanju građevinom u virtualnom prostoru gdje je osnova sam BIM model izrađen BIM softverom. [3]



Slika 1. Primjer BIM modela [4]

U stručnoj i znanstvenoj literaturi BIM (*eng. Building Information Modeling*) se definira kao proces za kreiranje i upravljanje informacijama u kojem različiti sudionici rade i zajedno surađuju na građevinskom projektu u kojem se kao dio tog procesa razvija digitalni opis (3D modeliranje) u svrhu bolje projektne suradnje. [1] To je metodologija koja se oslanja na inteligentan i podacima bogat model koji služi kao temelj za simulaciju, projektiranje te suradnju kroz sve faze projekta. [5]



Slika 2. Building Information Modeling [6]

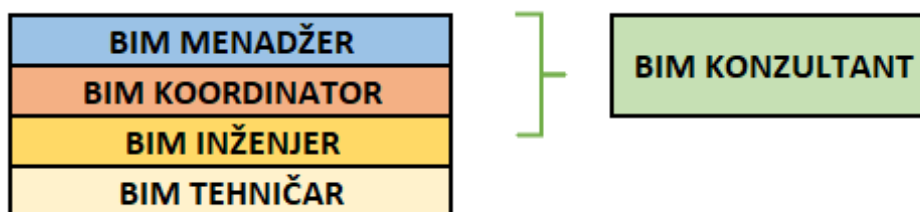
Isto tako BIM (*eng. Building Information Modeling*) se definira kao i tehnologija koja omogućuje kombiniranje ili koordinaciju rada različitih interesnih skupina u trodimenzionalnom BIM modelu unutar kojeg su integrirane bitne informacije. BIM model sastoji se od međusobno povezanih BIM elemenata od kojih je svaki jedinstven i sadrži informacije o svojoj geometriji i svojstvima. BIM elementi sadržavaju vizualne karakteristike i prezentaciju fizičkih elemenata u 2D i 3D geometriji (kao npr. vrata, prozori, zidovi itd.), zatim tehničke zahtjeve i zahtjeve za izvođenje, informacije o proizvodima (proizvođač, cijena, šifra proizvoda itd.) i mnoge druge informacije. [1]

2.1. BIM projekt

Jedna od glavnih značajki BIM pristupa je BIM projekt koji se definira kao standardni građevinski projekt koji naglašava važnost razmjene točnih i pravodobnih informacija kako među projektnim suradnicima, tako i u svim fazama projekta prema BIM pristupu. [1]

Pojam projekta u BIM-u obuhvaća sve sadržaje koji su rezultat procesa projektiranja, što znači da obuhvaća sve elemente projekta, pridružene informacije i međusobne relacije. Osnova zajedničkog rada svih sudionika u projektu je BIM model koji može biti podskup ili dio ukupnog projekta u kojem se izvode standardni BIM postupci. [2]

BIM projekt sastoji se od nekoliko projektnih sudionika: BIM menadžera, BIM koordinatora, BIM inženjera, BIM tehničara i BIM konzultanta čije će uloge ukratko biti predstavljene u nastavku. Te se uloge uvelike razlikuju od standardnih sudionika u građevinskim projektima koji su definirani u dva smjera: neposredni (investitor, projektant itd.) te posredni (npr. lokalna i državna uprava, inspekcije, komore itd.) [1]



Slika 3. Hijerarhija BIM uloga

BIM menadžer je osoba koja pokreće BIM projekt kojim će upravljati i definira njegove ciljeve. Kod njega je poželjno da ima iskustva na području građevinske industrije i u korištenju BIM softvera.

BIM koordinator je izravna veza između BIM menadžera i sudionika projekta čija je zadaća upravljanje informacijama i modeliranje uz pomoć specifičnih programa.

BIM inženjer mora biti osoba s visokoškolskim obrazovanjem, poput inženjera magistra s iskustvom rada u struci jer je njegova zadaća razvijanje modela u BIM softveru i tehničke dokumentacije.

BIM tehničar je osoba koja također radi u BIM softverima i modelira pojedine tehničke ili funkcionalne sklopove u BIM softverima, a razlika između njega i BIM inženjera je to što je tehničar osoba s nižim stupnjem obrazovanja u struci od inženjera ili osoba koja je tek nedavno postala magistar, ali s vrlo malo iskustva u struci.

BIM konzultant vodi i konzultira sudionike građevinskih projekata te postoje tri tipa konzultanata, a to su strateški, funkcijski i operativni. [1]

U svrhu očuvanja kontinuiranog, točnog, održivog i jasnog građevinskog projekta također su važni BIM procesi i BIM softverski alati koji daju različite poglede (prikaze) modela. Pritom se misli na mogućnost pregleda i komunikacije s modelom u 2D i 3D pogledu (tlocrt, presjek, pročelja) i mogućnost prilagođavanja nacrtu modela ako to projekt zahtijeva. [1] Korisnici BIM softvera su uglavnom tvrtke, pojedinci ili tijela javne uprave čiji posao ide u smjeru planiranja, projektiranja, održavanja i upravljanja infrastrukturom ili građevinom, izgradnjom itd. [3]

2.2. BIM pristup u infrastrukturnim projektima

BIM model nije uvijek model neke građevine, iako se najjednostavnije može opisati kao digitalna prezentacija projektiranog rješenja neke građevine. U niskogradnji, to je na primjer 3D model ceste ili željeznice, vodovoda, kanalizacijskog sustava i slično. [2]

BIM model u sebi mora sadržavati sve potrebne informacije koje mogu biti u klasičnom opisnom ili numeričkom obliku. Prilikom kreiranja BIM modela, treba se rukovoditi njegovom svrhom u fazama graditeljskog procesa koje tek slijede. Zato je BIM model koristan jer može poslužiti za razne analize, procjene i proračune. Kod kreiranja BIM modela treba se uvijek rukovoditi njegovom svrhom jer će to definirati njegov sadržaj i točnost. [2]

U projektima infrastrukture izvode se građevine različitog tipa čiji je odnos dimenzija, pritom se misli na visinu, širinu i dužinu, proporcionalan što vrijedi za građevine poput propusta, raskrižja, crpnih stanica, rezervoara i slično jer su takve građevine slične građevinama u visokogradnji i 3D prikaz ima jasnu svrhu. Međutim, kod linearnih

građevina kao što je cesta, željeznička pruga, kanalizacija, odnos nije proporcionalan te najčešće dužina bude puno veća u odnosu na visinu i širinu. Osim što je tipični infrastrukturni projekt linearan, često se i izvodi na velikim prostorima što predstavlja izazov kod planiranja i upravljanja. [2]

U počecima BIM pristupa, razlika između niskogradnje i visokogradnje bila je velika jer je graditeljske procese u visokogradnji lakše formirati i opisati BIM pristupom. Nedostajale su konkretne preporuke, standardi ali i odgovarajući softveri u primjeni BIM pristupa u niskogradnji što više nije slučaj u posljednjih nekoliko godina, zato što je implementacija BIM-a u niskogradnji, posebice infrastrukturnim projektima sve bolja. [2]

Iako je došlo do napretka u implementaciji BIM-a u niskogradnji u odnosu na visokogradnju ipak postoje još neke razlike između ta dva smjera građevinske tehnike. Kao jedna od velikih razlika je upravo cijena gradnje u niskogradnji gdje može doći do povećanja cijena u odnosu na planiranu, ali i produženja definiranog roka u odnosu na inicijalne postavke. Svakako treba napomenuti da je utjecaj prirodnih čimbenika znatno veći u niskogradnji u odnosu na visokogradnju. Može doći do nepovoljnih vremenskih prilika, nepredviđenih situacija u prirodnim uvjetima, nedovoljno dokumentiranih sadržaja na mjestu građenja i slično. Osim toga, znatan udio projekata u visokogradnji financira se privatnim sredstvima, dok je taj udio u niskogradnji znatno manji. Financiranje projekata javnim novcem češće je u niskogradnji u odnosu na visokogradnju. [2]

Primjena BIM pristupa u niskogradnji ima velik potencijal za poboljšavanje učinkovitosti procesa i pravilno razumijevanje principa BIM pristupa svim sudionicima u projektu. [2] Kako je tek nedavno počela implementacija BIM-a u niskogradnji, posebice infrastrukturnim projektima naišli su razlozi zbog kojih se izbjegava njegova primjena, a oni su predstavljeni u nastavku.

2.2.1. Najčešći razlozi izbjegavanja primjene BIM pristupa u infrastrukturnim projektima

Troškovi povezani s implementacijom BIM-a – kod malih i srednjih projektantskih tvrtki BIM pristup traži veća ulaganja u BIM od tradicionalnog 2D projektiranja, što upravo takva poduzeća destimulira da usvoje taj pristup. Troškovi se stvaraju kod osposobljavanja osoblja, nabave te održavanja softvera i hardvera. Ipak, poduzeća bi trebala vidjeti dugoročne prednosti takvog pristupa i uložiti novac u taj spektar poduzeća. [2]

Nedostatak pažnje – iako je nekad potražnja bila vrlo malena i nalazila se pri vrhu liste istraživanja o primjeni BIM-a u infrastrukturnim projektima, u današnje vrijeme taj utjecaj slabi jer obavezna BIM primjena polagano postaje ugovorna obveza za sve veće projekte u sve više zemalja. Kao dobar primjer navodi se Ujedinjeno Kraljevstvo koje je još 2016. godine propisalo obaveznu uporabu BIM razine u svim infrastrukturnim projektima koji su financirani javnim novcem. U Hrvatskoj za sada jedino poduzeće Hrvatske ceste d.o.o. zahtijeva obavezno uvođenje BIM pristupa, ali očekuje se i da će taj pristup uskoro uvoditi i preostala javna poduzeća. [2]

Nedostatak jasno definiranih standarda – jedan je od složenijih razloga izbjegavanja BIM pristupa jer zahtijeva razvoj novih standarda prilagođenih potrebama struke, vodiča i primjere dobre prakse. Ipak, napredak i rješavanje tog problema je vidljivo u nordijskim zemljama i dijelovima zapadne Europe. [2]

Znanje i osposobljavanje – kao jedna od prepreka je nedostatak znanja i obuke u primjeni BIM pristupa. Poželjno je da osobe imaju već potrebno znanje i iskustvo u nekim segmentima BIM-a ili 3D modeliranja kako bi se uštedjelo vrijeme i izbjegla vremenska ograničenja. To se postiže prisustvovanjem raznim webinarima i seminarima. [2]

Nedostatak vremena – nedostatak iskustva te usvajanja novih načina rada u vrlo kratkom vremenu najčešće izaziva kod projektanata strah od neispunjenja rokova što rezultira nastavkom rada na tradicionalan način. Bitno je naglasiti da kad se stekne

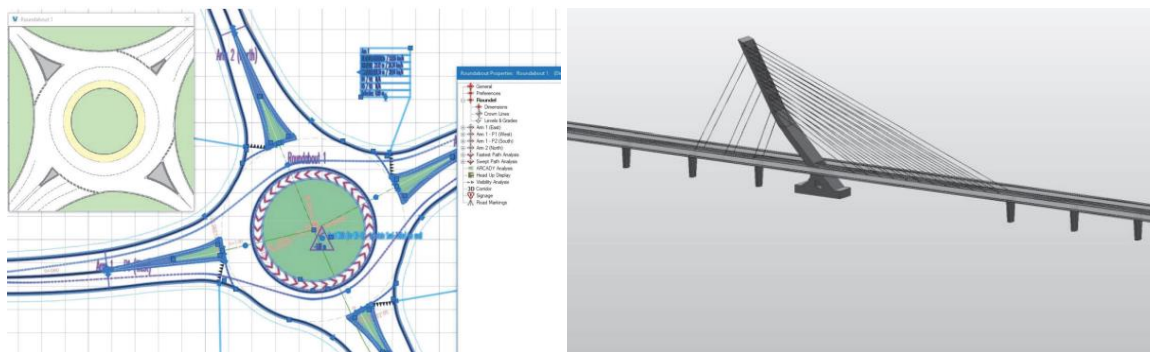
određeno znanje i provedu prilagodbe u BIM načinu rada, to u konačnici može dovesti do uštede vremena u takvom načinu projektiranja. [2]

Ograničenje softvera – proizvođači softvera su svjesni da jedan alat nije dovoljan za implementaciju BIM-a i nude niz proizvoda. Isto tako, jedno od ograničenja je to što kod prijenosa podataka iz jedne aplikacije u drugu može doći do gubitka podataka, što ukazuje da bi trebalo poboljšati BIM alate i olakšati njihovu uporabu, posebice kod izvedbenih i glavnih projekata. [2]

2.3. BIM alati u infrastrukturnim projektima

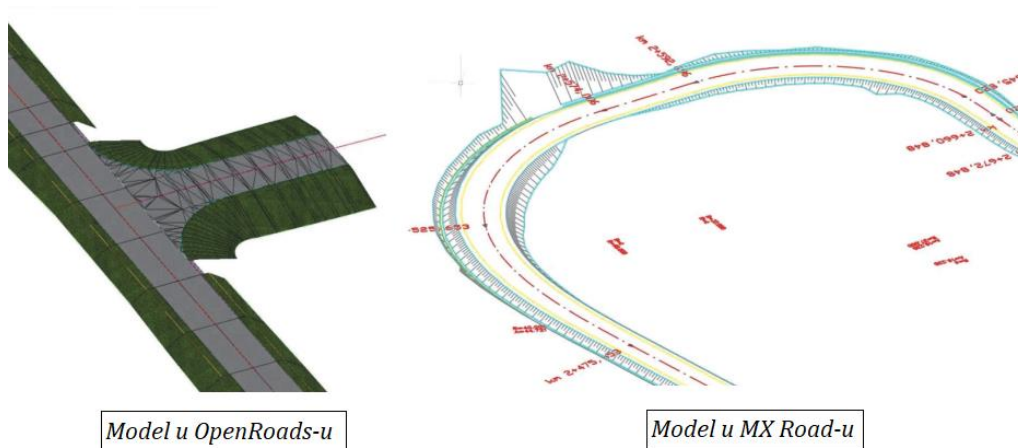
Primjena BIM pristupa nije jedinstven proces kojeg omogućuje jedan softver već mnoštvo međusobno povezanih procesa koji zahtijevaju kombinaciju raznih softverskih rješenja. Ne postoji idealni softver za sve vrste projekata i zadataka, te su alati namijenjeni primjeni BIM-a u niskogradnji, posebice u infrastrukturnim projektima u manjini u odnosu na alate namijenjene visokogradnji. Ipak, treba naglasiti dva glavna dobavljača softvera koja nude rješenja za primjenu BIM-a u niskogradnji preko velikog broja specijaliziranih aplikacija, a to su *Autodesk* i *Bentley*. [2]

Platforma *Autodesk* kao svoje rješenje nudi zbirku aplikacija pod nazivom *Architecture, Engineering & Construction Collection* gdje se kao temeljna aplikacija za projektiranje infrastrukturnih građevina nudi *Civil 3D* koji je namijenjen za primjenu u fazama izrade glavnih i izvedbenih projekata. U niskogradnji, kompletan BIM model ne može se dobiti potpuno automatski, već se treba doradivati u više aplikacija. Zato *Autodesk* sugerira da se projekti prometnica, kao npr. model kružnog raskrižja, izvode u *Civil 3D-u*, dok se objekti kao što su mostovi i tuneli modeliraju u programu *Revit* čija je namjena ponajprije za izradu arhitektonskih dijelova projekta, ali u posljednje vrijeme se koristi i u infrastrukturnim projektima, posebice kod 3D modeliranja objekata na trasi. [2]



Slika 4. Model kružnog raskrižja u Civil 3D-u i model mosta u Revit-u [2]

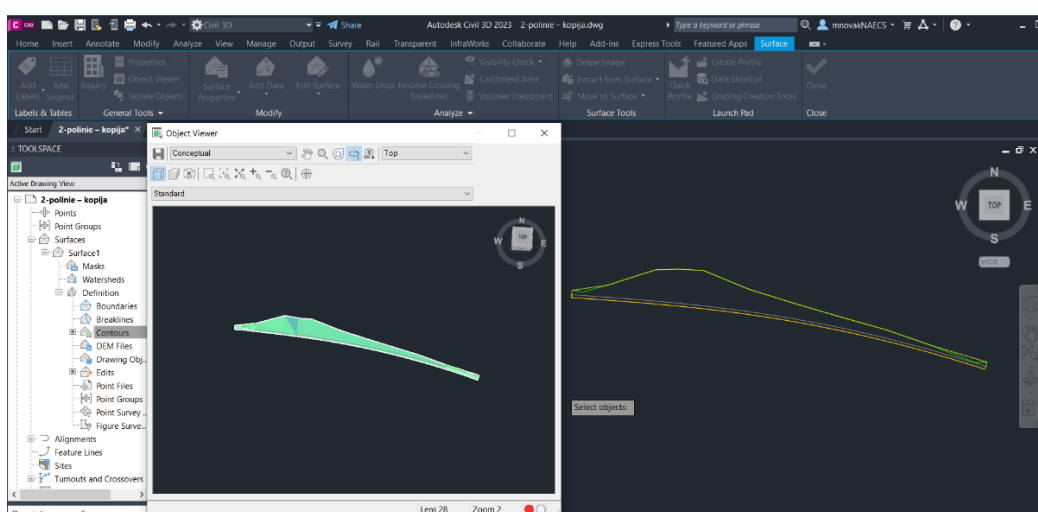
Platforma Bentley za izradu infrastrukturnih projekata nudi aplikacije poput *MX Road-a* ili *OpenRoads-a* čije su osnovne funkcije vrlo slične postavkama *Civil 3D-a*. Te aplikacije su namijenjene za modeliranje 3D modela prometnice, gdje postupak modeliranja započinje odabirom pojedinačnih elemenata poprečnog presjeka ceste, tj. unaprijed definiranih oblika koji se mogu mijenjati uz pomoć raznih parametara. [2]



Slika 5. Različiti prikazi modela prometnica u dva Bentley-eva softvera [2]

U projektiranju u niskogradnji, postoje dvije skupine aplikacija za projektiranje cesta, tradicionalne i napredne. U tradicionalnim aplikacijama, poput *Plateia* i *Card*, 3D model se gradi iz poprečnih profila i točnost mu ovisi o broju poprečnih profila/osi. Zato je ponekad potrebno definirati velik broj poprečnih profila/osi da bi se zadovoljila točnost 3D modela. U naprednim aplikacijama, kao što je *Civil 3D* ili *OpenRoads* za ceste te *Urbano* za cijevne sustave, 3D model nastaje paralelno s projektiranjem. Taj model postaje detaljniji s razvojem pojedinih segmenata projekta i ažurira se sa svakom promjenom u projektu. U Hrvatskoj, tradicionalni softveri za projektiranje su dobro prihvaćeni i prilagođeniji za projektiranje, ali i kreiranje 3D modela. [2]

Već spomenuti 3D softveri *OpenRoads* i *Civil 3D* se također dosta koriste u Hrvatskoj, s time da je *Civil 3D* rašireniji. Problem koji se javlja u vezi ta dva softvera je da često nisu prilagođeni hrvatskim standardima ili projektnim pristupima te zahtijevaju veće računalne servise i slično. Ipak, treba naglasiti da se u praksi *Civil 3D* najčešće koristi kao dodatak *Autocadu* radi kreiranja i pregleda modela terena (DTM), a nešto manje kao alat za projektiranje prometnica ili odvodnje. [2] U ovom radu, *Civil 3D* je također korišten za izradu modela terena o čemu će više riječi biti u nekim od sljedećih poglavlja rada. Slikom 6. prikazana je dobivena ploha nasipa u *Civil 3D-u* koja se koristila u ovom radu.



Slika 6. Kreiranje površine od linija u Civil 3D-u

Preostali alati koji koriste BIM pristup je softver *Bentley MW Road*, koji se koristi za 3D modeliranje u infrastrukturnim projektima, zatim *Plateia* koja je danas jedan od najčešćih softvera za projektiranje prometnica u RH. Platforma *Card_1* ima širok raspon specijaliziranih alata za projektiranje cesta i željeznica, urbanizam, geodeziju, elemente zaštite okoliša, odvodne sustave i slično. Također, bitno je spomenuti i softver *Urbano* koji se koristi za detaljno projektiranje cijevnih sustava kao što su vodovodi i kanalizacije te je zapravo proizvod hrvatskog poduzeća *StudioArs* kojeg koristi velik broj projekatana u Hrvatskoj. [2]

2.4. Proces implementacije BIM-a na razini organizacije/tvrtke

U organizaciji, kada se implementira BIM vrlo je važno sve sudionike upoznati s ciljevima i rezultatima implementacije BIM-a te njenim krajnjim rezultatima. Najvažnija stavka je neometana i jasna komunikacija između odjela i postupno implementiranje BIM-a u organizaciju, te se zato preporučuje da implementacija krene od skupine entuzijasta i tehnološki motiviranih članova organizacije koji će nakon nekog vremena postati profesionalci, ali i mentori sljedećih skupina zaposlenih. Također, kod implementacije BIM-a u organizaciji bitno je da cjelokupno znanje, sve informacije, edukacije, radni postupci, podrške, priručnici i smjernice budu izrađeni i prilagođeni organizaciji kako bi se olakšala njezina provedba. [2]

Implementacija BIM-a u pojedinu tvrtku jedna je od strateških odluka uprave i vlasnika jer se njome znatno mijenja dosadašnji način rada i poslovanja, ali i ostali čimbenici koji utječu na poslovanje. Zato se predlaže izrada poslovnog plana u koji treba uključiti sve zainteresirane strane, a pritom se misli na zaposlenike te predvidjeti prednosti i nedostatke tog poslovnog plana. [2]

U sklopu poslovnoga plana predlaže se sagledavanje sljedećega sadržaja:

- analiza postojećih resursa (jesu li zaposlenici motivirani za uvođenje BIM-a i njenu primjenu, postoji li zaposlenik koji je voljan voditi implementaciju, postoji li u tvrtki infrastruktura za nove programe i komunikaciju)
- analiza konkurencije (koristi li konkurencija BIM i u kojoj mjeri)
- analiza tržišta (do kada će se moći raditi bez implementacije uz korištenje dosadašnjih tehnologija, kada će BIM postati obavezan, u kojoj će mjeri implementacija stvoriti dodatnu vrijednost)
- financijski plan (troškovi programskih programa, edukacije, uhodavanja, BIM voditelja i vanjskog BIM odjela, uvođenje nove infrastrukture i slično)
- BIM program (analiza tržišta i programskih paketa, korisnička podrška, inicijalni troškovi, troškovi godišnjega održavanja, usporedba programskih paketa)

- očekivani ishod implementacije (rasprava i zaključak, uključiti što više zaposlenih u raspravu)
- donijeti zaključak sa smjernicama i planom provođenja [2]

Prelazak tvrtke na BIM pristup je velika promjena koja se treba postepeno uvoditi te je neizostavno važno pripremiti strategiju i korake za implementaciju BIM-a kako bi tvrtka mogla napredovati i ostati konkurenta. Američka multinacionalna softverska korporacija *Autodesk* je tijekom svog višegodišnjeg iskustva provela niz istraživanja o implementaciji BIM-a te izdvojila deset koraka o procesu uvođenja implementacije koji su navedeni u nastavku. [2]

1. korak: Upoznati BIM - treba odrediti jednu do dvije osobe koje će se detaljnije posvetiti istraživanju BIM pristupa i njegovom utjecaju na rad tvrtke.

2. korak: Prezentirati promjenu zaposlenicima - direktor i voditelj odjela trebaju informirati sve zaposlenike o prelasku na BIM pristup projektiranja te je potrebno prezentirati prednosti BIM-a i dugoročnu viziju tvrtke.

3. korak: Odabrati BIM softver i hardver - potrebno je provjeriti zadovoljava li postojeći hardver potrebe prelaska na određene programske pakete te hoće li biti ostvareni poslovni procesi, komunikacija i informacije u BIM pristupu.

4. korak: Izraditi plan upravljanja promjenama - treba ga izraditi voditelj ili direktor, a mora sadržavati način na koji će odjeli prihvatiti promjene, što se očekuje od njih, tko treba edukaciju i kada će ona biti održana, te na koji će se način organizirati i pružiti potpora prilikom implementacije kako bi se što uspješnije i brže provela promjena.

5. korak: Pokrenuti pilot-projekt - tvrtkama koje rade oko desetak projekata na godinu preporučuje se izraditi jedan projekt prema BIM pristupu prije nego se krene na više projekata, dok se većim tvrtkama koje rade projekte koji traju godinama predlaže usvajanje pojedinih parcijalnih lekcija kroz početni BIM projekt i zatim pokretanje sljedećih projekata u BIM-u.

6. korak: Dokumentirati BIM poslovne procese - treba bilježiti BIM poslovne procese, pritom se misli na korake i aktivnosti, te razvijati ideje i kriterije tijekom upoznavanja s BIM pristupom.

7. korak: Razvijati "BIM šampione" - ako se u tvrtki istaknu pojedinci koji su jako proaktivni i zainteresirani za primjenu BIM-a, treba ih dodatno motivirati kroz pohvale i nagrade te edukacije kako bi bili pozitivni primjer drugim kolegama pri implementaciji BIM-a.

8. korak: Obrazovati i prebaciti ostale timove na BIM - preporučuje se postupni prelazak pojedinih odjela/timova na primjenu BIM-a i njihovu edukaciju prije samog početka BIM projekta.

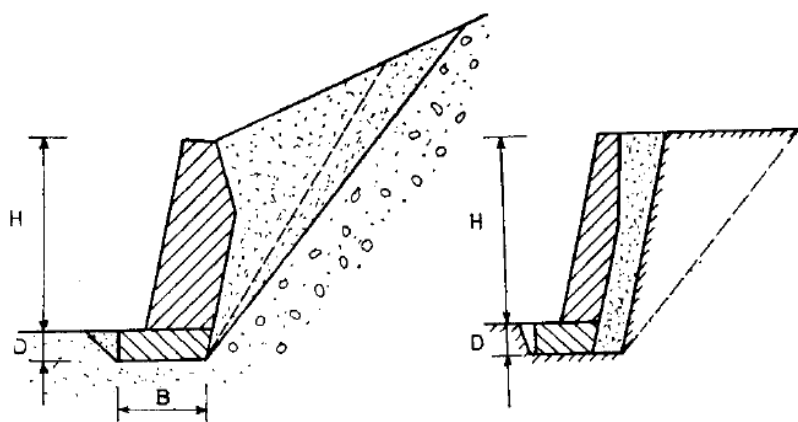
9. korak: Integracija s ostalim modelima - treba dijeliti BIM modele s ostalim tvrtkama i projektantima drugih struka jer integracijom više modela u jedan (zajednički) model znatno se ubrzava koordinacija i suradnja među projektantima raznih struka i tvrtki.

10. korak: Proširiti i inovirati BIM pristup - BIM pristup u projektima poboljšava kvalitetu projekta i ističe niz pogodnosti poput vizualizacije, koordinacije, mogućnosti analize i pregleda. Zato treba pozitivne rezultate implementacije podijeliti sa suradnicima i nastaviti s unaprjeđivanjem i inovacijama. [2]

3. POTPORNE KONSTRUKCIJE

Potporne konstrukcije su masivne ili raščlanjene konstrukcije čiji je osnovni zadatak da podupiru strme ili vertikalne zasjeka terena te da zaštite nasuti materijal od mogućeg urušavanja. Prema trajnosti, potporne konstrukcije se dijele na privremene i trajne. [7] Privremene potporne konstrukcije su najčešće dio velikih građevinskih jama, dok s druge strane trajne potporne konstrukcije imaju ulogu preuzimanja pritiska tla materijala u zasipu te prenošenje tih pritiska na temeljno tlo. [8,9]

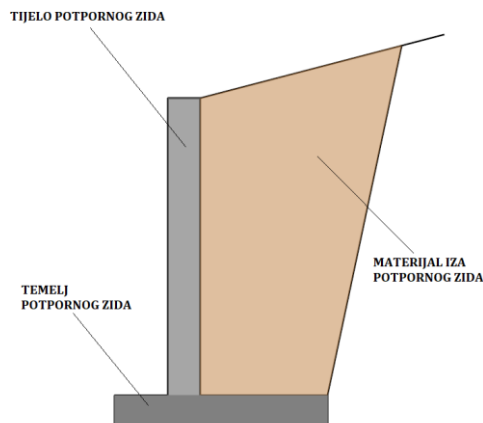
Funkcija potpornih konstrukcija se također može definirati kao i bočno pridržavanje terena pri potrebnoj denivelaciji. Što znači da takve konstrukcije pridržavaju ili podupiru tlo. [10] Potporne konstrukcije uglavnom podupiru nasuti materijal koji nazivamo zasip, a njegova širina će ovisiti o tome kako će se graditi zid i koju vrstu materijala će podupirati. Na slici 7. slovom H je prikazana visina potporne konstrukcije od donje plohe temelja sve do krune zida. Širina temelja označava se slovom B, dok je visina temelja označena sa slovom D. [7]



Slika 7. Zasipi različitih širina [11]

Elementi potporne konstrukcije

Na slici 8. prikazani su glavni elementi potporne konstrukcije gdje treba naglasiti kako potporni zidovi podupiru materijal u visini zida od donje nivelacije sve do vrha zida. Materijal koji se nalazi iza potpornog zida izaziva potisak na potporni zid dok je temelj potpornog zida najčešće u pravilu ukopan u tlo. [9]



Slika 8. Elementi potporne konstrukcije

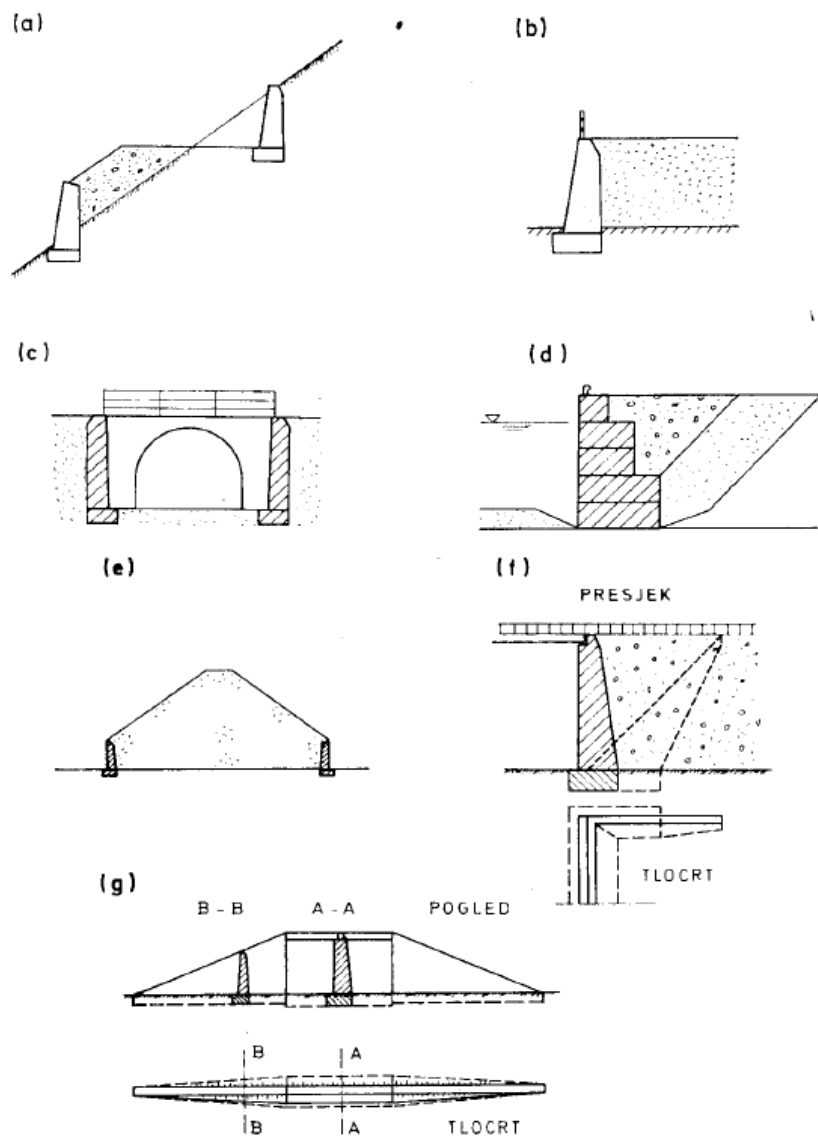
3.1. Primjena potpornih konstrukcija

Primjena potpornih konstrukcija u novije doba u urbanim sredinama je od velikog značaja, pogotovo u velikim gradovima gdje treba naći prostora za izgradnju novih građevinskih objekata na skućenom prostoru. To se posebice odnosi na gradnju podzemnih željeznica i garaža, kao i raznih trgovačkih centara gdje je nezamislivo izvoditi te objekte bez poznavanja različitih tehnologija izvedbe samih potpornih konstrukcija. [7]

Isto tako, izgradnjom i projektiranjem potpornih konstrukcija stvara se prostor za građevinske objekte visokogradnje, ali i za sastavni dio mnogih gospodarskih građevina kao što su potporni i uporni zidovi na cestama te osiguranje kosine terena na prometnicama (pritom se misli na mjeru sanacije nestabilnosti padine terena). [7]

Potporne konstrukcije se također primjenjuju kao pristaništa u lukama (obalni zidovi), zidovi brodskih predvodnica i zidovi suhih dokova, bazeni crpnih stanica, ulaznih rampa tunela te kao zidovi skladišta rasutih materijala i slično. [8]

Slikom 9. prikazane su različite mogućnosti primjene potpornih zidova. Od zasjeka, platoa, ulazne rampe tunela pa sve do upornjaka mostova koji su jedna od čestih vrsta potpornih konstrukcija koje preuzimaju nosivu konstrukciju mosta.



Slika 9. Različite mogućnosti primjene potpornih zidova:

a) zasjek za cestu, b) osiguranje platoa, c) ulazna rampa tunela, d) obalni zid, e) zidovi za skladište rude, f) i g) upornjak mosta s bočnim i poprečnim krilima [11]

3.2. Klasifikacija potpornih konstrukcija s obzirom na tehnologiju izvedbe

Potporne konstrukcije služe za bočno pridržavanje tla, najčešće kod izgradnje neke građevine ili kod uređenja zemljišta te je pritom važno razmotriti kakav će se izbor vrsta i dimenzije potpornih konstrukcija primijeniti. Osim što je njihova konačna namjena održavanje stabilnosti, također važan utjecaj ima i način izgradnje potporne konstrukcije jer moraju biti zadovoljeni odgovarajući kriteriji pouzdanosti. Zato, s obzirom na tehnologiju izvedbe, potporne konstrukcije se dijele u dvije skupine gdje jedinu razliku čini upravo način njihove izgradnje. [12]

U prvu skupinu spadaju potporne konstrukcije koje se grade u tlu, bilo to prije ili tijekom iskopa tla, a nazivaju se ugrađenim potpornim konstrukcijama. One su obično plošnog oblika, a predstavljaju ih razni zidovi od zabijenih platica ili talpi, armirano betonske dijafragme, različite pilotne stijene izgrađene od zabijenih ili bušenih pilota, te u novije vrijeme, konstrukcije od čavlanog tla. [12]

U drugu skupinu spadaju potporne konstrukcije koje se mogu graditi samo ako se tlo na njih ne pritišće, a nazivaju se zasipanim potpornim konstrukcijama. Tu spadaju masovni potporni ili gravitacijski zidovi, armirano-betonski L i T zidovi, razni tipovi montažnih zidova, gabionske potporne konstrukcije, ali i konstrukcije od armiranog tla koje se smatraju jednima od najmlađih vrsta potpornih konstrukcija. [12]



Slika 10. Primjer ugrađene i zasipane potporne konstrukcije – građevna jama „Branimir Centar“ te potporni zid uz prometnicu [13]

3.2.1. Ugrađene potporne konstrukcije

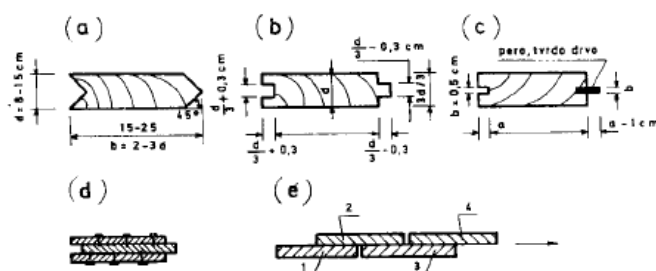
Karakteristika ugrađenih potpornih konstrukcija je da se posebnom tehnologijom izvode neposredno u tlu kao što je npr. bušenje, pobijanje, iskop rokova itd. te za razliku od zasipanih potpornih konstrukcija nije potrebno izvoditi iskop iza gotovog zida kojeg bi zatim trebalo zasipati. Ugrađene potporne konstrukcije je moguće izvoditi u okolnostima koje su nepovoljne uz minimalno zauzeće potrebnog prostora, kao npr. u neposrednoj blizini objekata u urbanim sredinama ili ispod prometnica koje su u funkciji te kod izvedbe u vodi ili moru i sl. [10]

Ugrađene potporne konstrukcije obično se grade tako da se izvodi iskop posebnim strojevima, tj. rade se rovovi u koje se prvo ugrađuje armatura, a zatim lijeva svježi beton. U ovu skupinu spadaju armiranobetonske dijafragme i pilotne stijene. Drugi način izvedbe ugrađene potporne konstrukcije je da se predgotovljeni elementi zabijaju u tlo, također posebnim strojevima te u ovu skupinu spadaju zabijene čelične talpe. [12]

Kod izvedbe ukopanih potpornih konstrukcija pri većim dubinama, nužno je razupiranje ili sidrenje konstrukcije koji služe kao dodatni oslonci konstrukciji kako bi se osigurala stabilnost i minimalizirala deformacija izazvana promjenom napreznja uslijed iskopa. [10]

Talpe

Platice ili talpe su posebni uski i dugački elementi koji se pobijaju u tlo formirajući stabilnu i kontinuiranu konstrukciju. Prema materijalu od kojeg se izvode, mogu se razlikovati drvene, betonske i čelične talpe te kompoziti. [10]



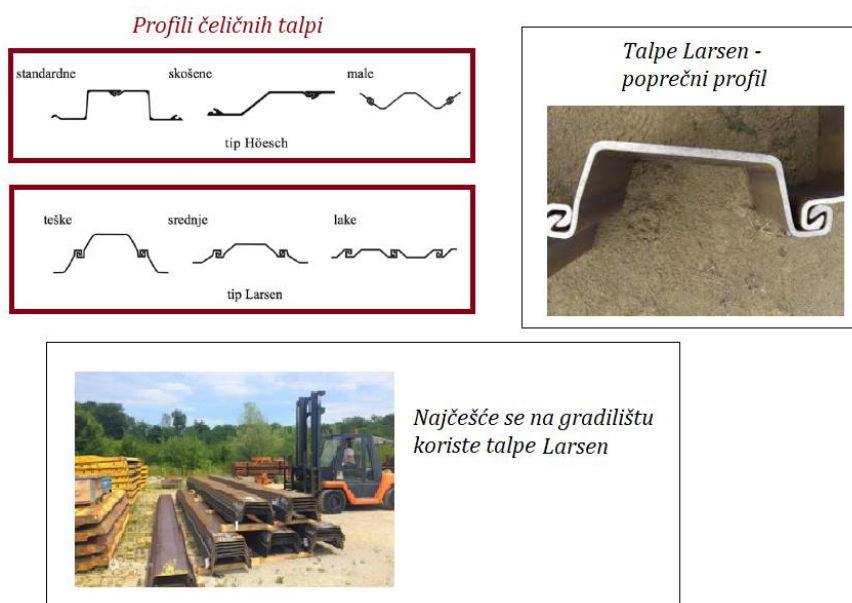
Slika 11. Primjer drvenih platice: a) skušeni utor, b) utor sa žlijebom, c) spoj među platicama na pero i žlijeb, d) utor i žlijeb platice, e) dvostruke platice s preklopom [11]

U prošlosti su najčešće u upotrebi bile drvene talpe dok se danas ipak najviše upotrebljavaju čelične talpe ili žmurje koje se koristi kao privremena geotehnička konstrukcija kod izvedbe privremenih građevnih jama u kombinaciji s razupiranjem i sidrenjem. Betonske talpe izvode se od armiranog betona te se kao predgotovljeni elementi pobijaju u tlo. Talpe od kompozitnih materijala se sastoje od kombinacije aluminija i plastomernih materijala. Ovakve vrste talpi mogu se samo ugrađivati kao trajne konstrukcija i ne mogu se modificirati, ali su zato mnoge lakše od čeličnih profila. [10]



Slika 12. Kompozitne talpe – ugradnja i poprečni profil zagatne stijene od kompozitnog materijala [10]

Čelične talpe izrađuju se od valjanog čelika koji su na svojim rubovima posebni oblikovani kako bi omogućili spajanje niza takvih elemenata u zidove. Ti posebno oblikovani rubovi talpi nazivaju se bravama, te na tržištu postoji veliki broj različitih profila talpi za različite namjere. Kao tri najčešća čelična profila talpi mogu se izdvojiti: Larssen, Hoesch, Union. [10]



Slika 13. Čelične talpe – profili i oblici [10, 14]

Dijafragme

Dijafragme su ukopane potporne konstrukcije koje se koriste za osiguranje vertikalnih iskopa građevinskih jama, ali također mogu se koristiti kao nosivi zidovi podruma objekta. Izvode se posebnom tehnologijom pomoću koje se kopaju rovovi i polažu predgotovljeni elementi ili na drugi način, da se odmah na licu mjesta ugrađuju armaturni koševi koji se ispunjavaju betonom ili isplakom. [10]

Debljina dijafragmi kreće se od 0,4 do 0,8 m, a u nekim slučajevima od 1,0 do 1,2 m dok dubina ne prelazi 30,0 m. Dijafragme, s obzirom na način ugradnje i izvedbe dijele se na:

- monolitne dijafragme
- predgotovljene dijafragme [10]

Izvedba monolitnih dijafragmi započinje najprije uvođenjem uvodnica i vodicica kako bi se definirao točan položaj zidova dijafragmi. [10] Tijekom izvedbe rova, stroj ima posebnu grabilicu koja je stabilno vođena kako bi se osigurala ravnina buduće stijene. Da se rov tijekom izvedbe ne bi urušio, iskop se radi pod vodom čija je razina iznad razine podzemne vode okolnog tla. Također, da voda ne bi otjecala u tlo, mogu joj se dodati posebni dodaci koji usporavaju njeno otjecanje. Najčešće se dodaje visoko plastična glina (bentonit) koja na stijenci rova stvara tanki slabo propusni sloj. Ovakve smjese nazivaju se isplakom. [12]



Slika 14. Primjer grabilice za iskop rova [10]

Predgotovljene dijafragme, se za razliku od armiranobetonskih dijafragmi ugrađuju kao gotovi armiranobetonski elementi, paneli. Armiranobetonski paneli se proizvode do pune dubine te se ugrađuju dizalicama u iskopane rovove koji se ispunjavaju samostvrdnjavajućom isplakom. [10]

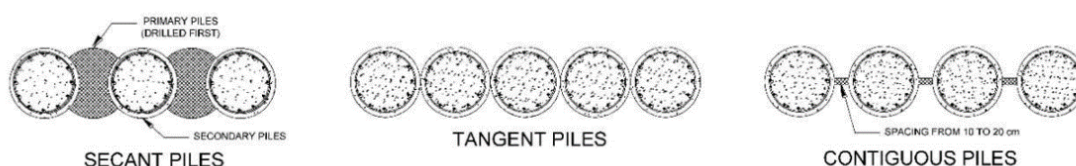
Da bi se osigurala čvrstoća i nepropusnost spojeva panela, kampada se osigurava pomoću brtvi koje se umeću i injektiraju. Osim toga, predgotovljena dijafragma može se dodatno osigurati pomoću razupora ili sustavom sidara te njezina upotreba česta je u projektima gdje se zahtjeva čista i ravna površina zidova. [10]

Pilotska stijena

Pilotska stijena je ugrađena potporna konstrukcija koju čini sustav od pilota izvedenih u nizu, a može biti betonski ili armiranobetonski niz pilota. [10] Piloti su štapni elementi, u ovom slučaju kružnog presjeka koji se izvode prvotno bušenjem okruglog promjera budućeg pilota i zatim se u bušotinu spušta armaturni koš u koji se ulijeva tekući beton „kontraktor postupkom“. To je primjer bušenih pilota, dok postoji još primjer uvrtnih armiranobetonskih pilota gdje se može bušotina ispuniti betonom u operaciji vađenja pribora, a armaturni koš se spušta u svježi beton uz pomoć vibratora. [12]

Pilotske stijene se uglavnom izvode od bušenih pilota u nizu te prije početka izvedbe pilota izvodi se konstrukcija uvodnice od nearmiranog betona kako bi se osiguralo točnije pozicioniranje kod početka bušenja. [10]

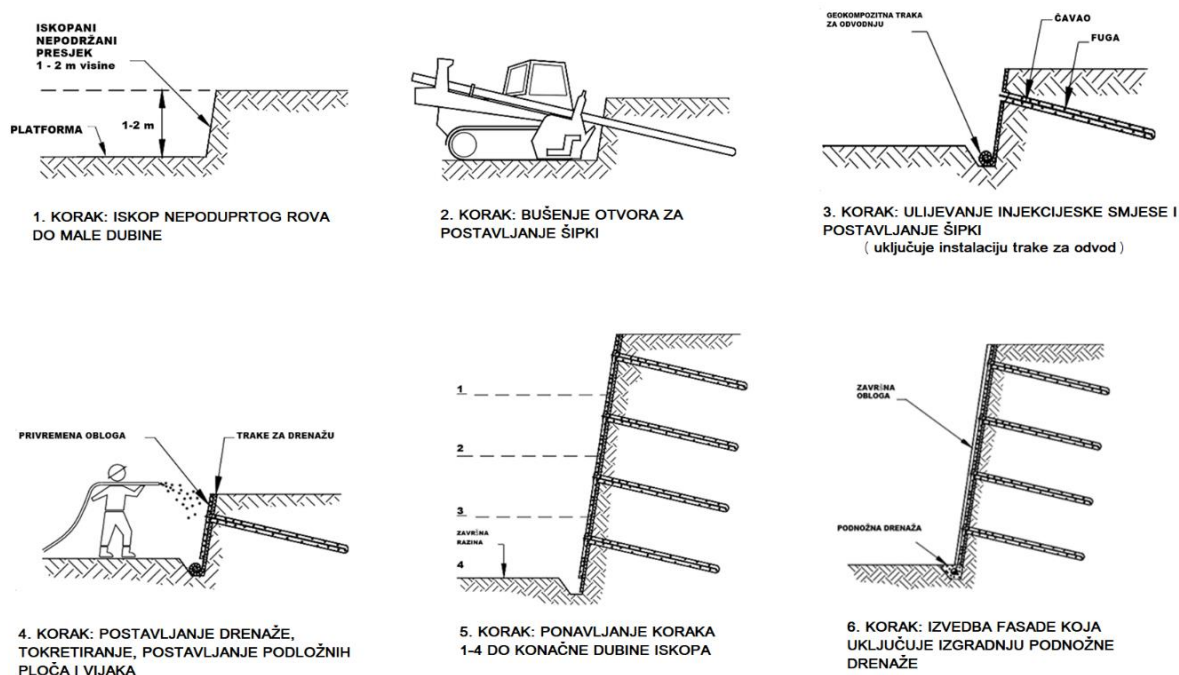
Pilotska stijena može se izvesti kao neprekidni niz armiranobetonskih pilota koji se međusobno dodiruju, tj. gdje se rubovi dotiču. Mogu se izvesti kao sustav armiranih i nearmiranih pilota koji se međusobno preklapaju te se mogu izvesti na određenom razmaku s prazninom, kao što je prikazano na slici 15. [10]



Slika 15. Vrste pilotskih stijena [15]

Čavlano tlo

Čavlano tlo spada u ugrađene potporne konstrukcije koje se sastoje od usko postavljenih razmaknutih čeličnih šipki (čavala) koji su obavijeni injekcijskom smjesom. Izvodi se od vrha prema dnu te se na kraju dodaje mlazni beton na površinu. Slikom 16. prikazani su koraci izvedbe čavlanog tla.



Slika 16. Koraci izvedbe čavlanog tla [16]

Primjena čavlanog tla je najčešće kod usjeka autocesta i proširenja cesta ispod postojećeg mosta ili kod iskopa s gotovo okomitim rezovima i sl.

Prednosti čavlanog tla u odnosu na druge potporne konstrukcije u tome što ima manji utjecaj na okoliš, brzo izvođenje s „manje“ materijala pa su ekonomski vrlo prihvatljiviji. Negativni aspekti čavlanog tla su što sustav zahtijeva određenu deformaciju tla za mobilizaciju otpora te za ovakav tip građenja potrebni su specijalizirani i iskusni izvođači. [16]



Iskop nove razine



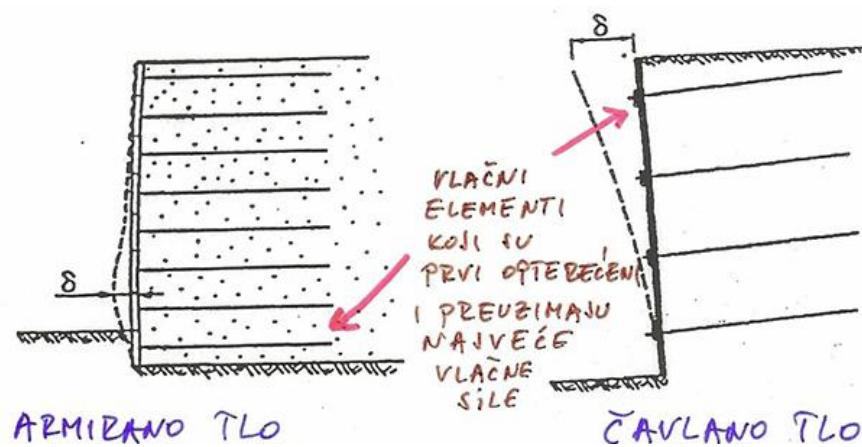
Postavljanje završnog sloja - mlazni beton



Pobijanje čavala na nepristupačnim mjestima

Slika 17. Čavlano tlo [17]

Stabilizacija čavlanog tla dobiva se pomoću vlačnih naprezanja koje čavli izazivaju te je slikom 18. prikazana razlika u odnosu na armirano tlo.



Slika 18. Razlika čavlanog i armiranog tla [18]

3.2.3. Zasipane potporne konstrukcije

Karakteristika zasipanih potpornih konstrukcija je u tome što se prvo radi iskop tla za temelje, a zatim izvedba konstrukcije te se na kraju ispunjava prostor iza konstrukcije do lica iskopa s materijalom. Ponekad je potrebno, za izvedbu iskopa izvršiti zasijecanje u postojeći teren da bi se formirala privremena geotehnička konstrukcija – zasjek. Ovisno o geološkoj građi i uvjetima na terenu izvode se nagibi predmetnih kosina koji se kreću od 1V:1H do 3V:1H, dok za manje zidove se gotovo izvode i vertikalno. Također, bitno je kod ovakvih konstrukcija računski provjeriti stabilnost da ne bi došlo do ugroženosti izvedbe iskopa i zidova u horizontalnim kampadama. [10]

Podjela zasipanih potpornih konstrukcija:

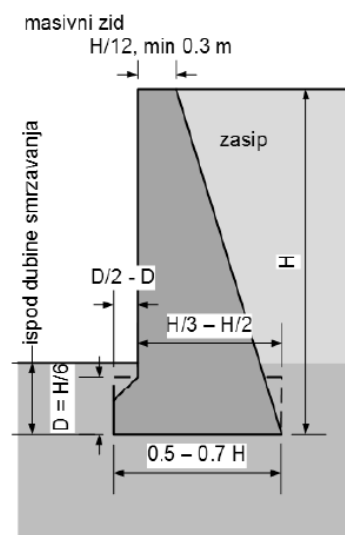
- betonski i kameni gravitacijski zidovi
- armiranobetonski konzolni zidovi
- gabionski potporni zidovi
- potporni zidovi sa zategom
- armirano tlo [10]

Betonski i kameni gravitacijski zidovi

Gravitacijski ili masivni potporni zidovi su vrsta potporne konstrukcije koja svojom težinom osigurava stabilnost konstrukcije te je u tom trenutku moment stabilnosti težine konstrukcije veći u odnosu na moment prevrtanja. [10] To je i najjednostavnija vrsta zida. [12]

U prošlosti su se gravitacijski zidovi izvodili od kamena i nearmiranog betona što u današnje vrijeme nije čest slučaj u inženjerskoj praksi. Kameni zidovi postavljali su se ručno, pažljivim slaganjem prednjeg lica u zasipu, dok su se betonski nearmirani gravitacijski zidovi izvodili od betona lošije kvalitete, čija je ispuna ponekad bila s kamenom radi uštede materijala. Jedan od velikih nedostataka masivnih zidova je upravo velik udio materijala potrošenog na konstrukciju. [10]

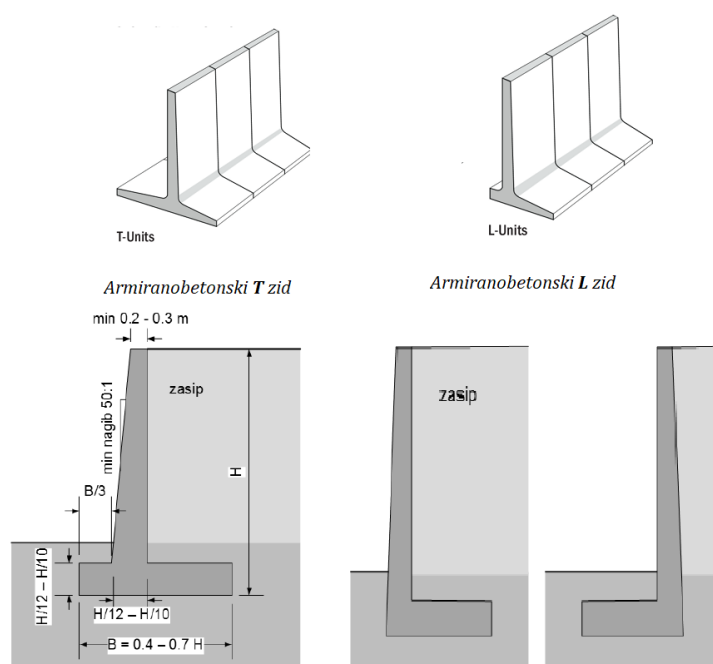
Slika 19. daje okvirne dimenzije gravitacijskih zidova od kojih se kreće u provjerama stabilnosti i izboru konačnih elemenata. [18]



Slika 19. Gravitacijski masivni betonski zid [12]

Armiranobetonski konzolni zidovi

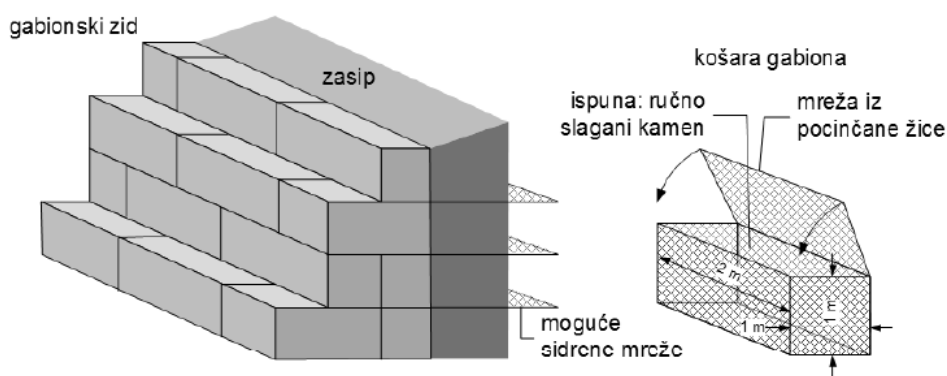
Armiranobetonski konzolni zidovi postižu stabilnost samim oblikovanjem zida, tj. konzolom koja se zasipava te na nju djeluje težina tla. Zasipani materijal povećava moment stabilnosti. Prednost kod ovakvih zidova je što su znatno lakši od masivnih zidova i potrebno je mnogo manje betona za izvedbu. Zato je izvedba takvih potpornih konstrukcija jedan od čestih slučajeva u inženjerskoj praksi jer je su ujedno i cjenovno najprihvatljiviji. [10] Ovakvi zidovi su karakterističnih oblika, pa se još nazivaju T ili L konzolni zidovi. [12]



Slika 20. Konzolni T i L zid [12,18]

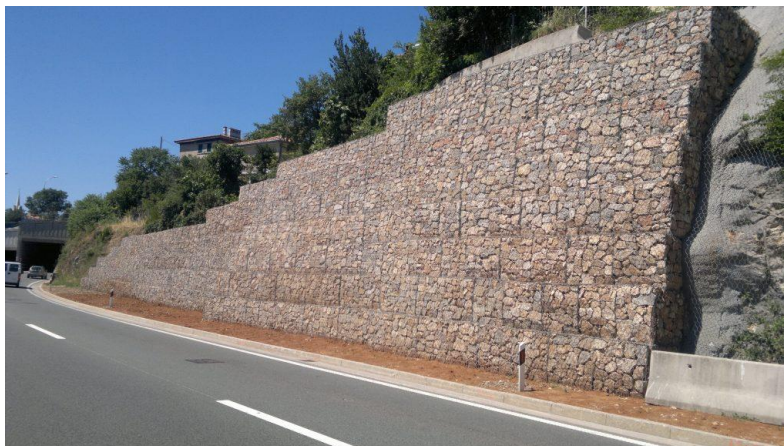
Gabionske potporne konstrukcije

Gabionski zidovi su gravitacijske potporne konstrukcije koje se izvode slaganjem gabiona, kvadarskih košara koje se na licu mjesta pune odgovarajućim lomljenim ili priručnim kamenom te se zatim međusobno povezuju. Uobičajene dimenzije gabionskih košara su 2,0 x 1,0 x 1,0 m koje su izgrađene od pletenih mreža pocinčane, a ponekad i zaštićene plastičnim premazom. [12] Na gradilištu se najčešće dopremaju složeni kako bi zauzeli što manje mjesta prilikom transporta, te se prije ugradnje koševi rastvaraju, ravnaju i spajaju i pripremaju za ugradnju. [10]



Slika 21. Gabionski zid i elementi [12]

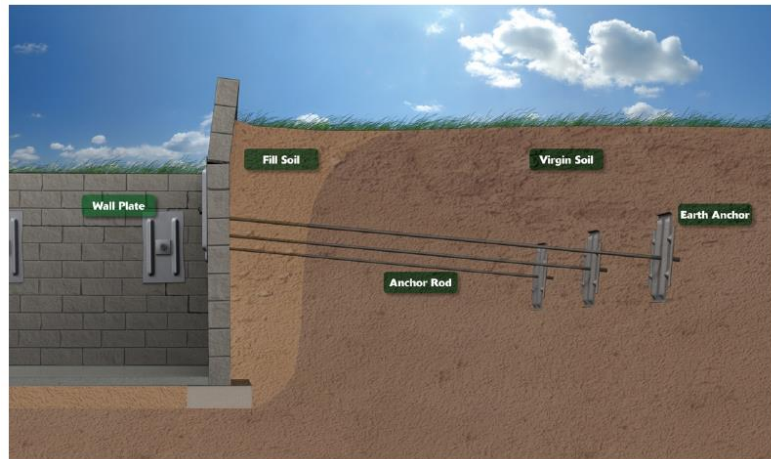
Prednosti kod ovakvih zidova je što osiguravaju dobro dreniranje tla iza zida i primjenjivost na različita tla. Nedostatak gabionskih zidova je to što se punjenje košara radi ručno što produljuje vrijeme izvedbe, ali i daje veće troškove. Također, važno je voditi računa da čelična žica bude što bolje zaštićena kako s vremenom ne bi korodirala i da se ne dovodi u pitanje stabilnost zida. Ovi zidovi spadaju također u vrstu potpornih konstrukcija od armiranog tla jer svojom konstrukcijom postižu armiranje tla, tj. preuzimanje vlačnih naprezanja koje tlo ne može preuzeti. [12]



Slika 22. Primjer gabionskog zida uz prometnicu [19]

Potporni zidovi sa zategom

Zidovi sa zategom su oblik potpornih konstrukcija koje se izvode tako da je prednje lice zida armiranobetonski zid ili zid od montažnih elemenata u koji se uvodi zatega kako bi se povećala stabilnost konstrukcije. Zatege se najčešće izvode od sidrene ploče koja se postavlja u teren i šipkama povezuje na ploču koja se nalazi na zidu. Zatege moraju pritom biti izvedene kao metalne sidrene ploče, sidro-štapno ili geotehničko, spiralna ili uvojna sidra, armiranobetonski blok itd. [10]



Slika 23. Zid sa zategom [10]

U zasipane potporne konstrukcije također spadaju i potporne konstrukcije od armiranog tla koje su predstavljene u sljedećem poglavlju.

4. POTPORNE KONSTRUKCIJE OD ARMIRANOG TLA

4.1. Kratka povijest armiranog tla

U prošlosti, izgradnja prvih, primarnih tipova ojačanja tla odnosila na nasipe od zemlje i grana drveća koje su korištene u Kini najmanje tisuću godina, kao što je npr. zapadni dio Kineskog zida ili nasipi u Americi duž rijeke Mississippi koji su se gradili u 19. stoljeću. [20]



Slika 24. Ilustracija povijesne potporne konstrukcije zapadnoga dijela Kineskoga zida [20]

Jedan od novijih tipova potpornih zasipanih konstrukcija koja se u suvremenom graditeljstvu primjenjuje posljednjih 50 godina je armirano tlo ili ojačano tlo, tj. mehanički stabilizirano tlo. [20]

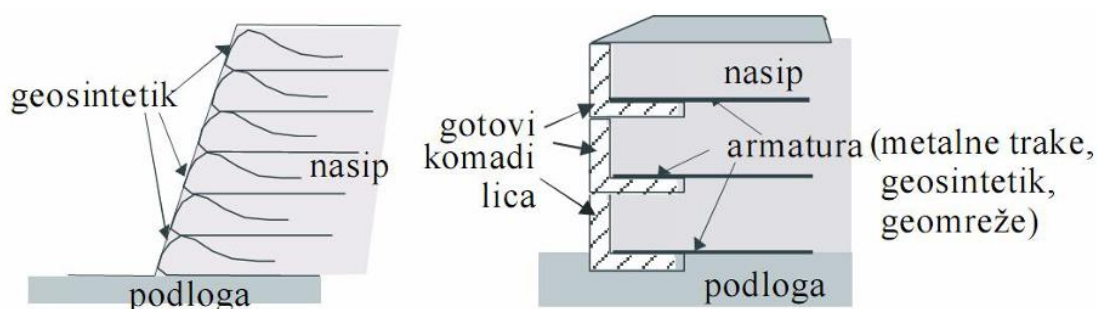
Suvremene metode armiranja tla kao jedan od tipova potporne konstrukcije osmislio je francuski arhitekt i inženjer Henri Vidal. On je 1963. godine, nakon pet godina eksperimentiranja na modelima, prijavio patent za armirano tlo, tj. sustav u kojem se koristi armatura čeličnim trakama. Prvi značajni građevinski radovi koji su izvedeni primjenom tog pristupa izvedeni su 1968. godine u Francuskoj, blizu grada Nice na autocesti A53. Nekoliko godina kasnije, inženjeri predlažu korištenje geotekstila za

izvođenje konstrukcije od ojačanog tla jer su strahovali da će se razviti korozija čelične armature unutar tla. Tako je u Francuskoj, 1971. godine izveden prvi rad sa geosintetikom. Sljedećih godina Vidalova tehnologija armiranja se počinje uspješno primjenjivati u mnogim područjima niskogradnje, posebice kod potpornih zidova, podzidova, upornjacima mostova i branama. [20]

Početakom 80-ih godina prošlog stoljeća tako nastaje nova niša u građevinskoj industriji koja nudi sustave za armiranje tla. U današnje vrijeme, tlo se najčešće armira geosinteticima i sličnim materijalima navedenima u nastavku kako bi se povećala njegova vlačna čvrstoća i otpornost na smicanje. [20]

4.2. Općenito o armiranom potpornom tlu

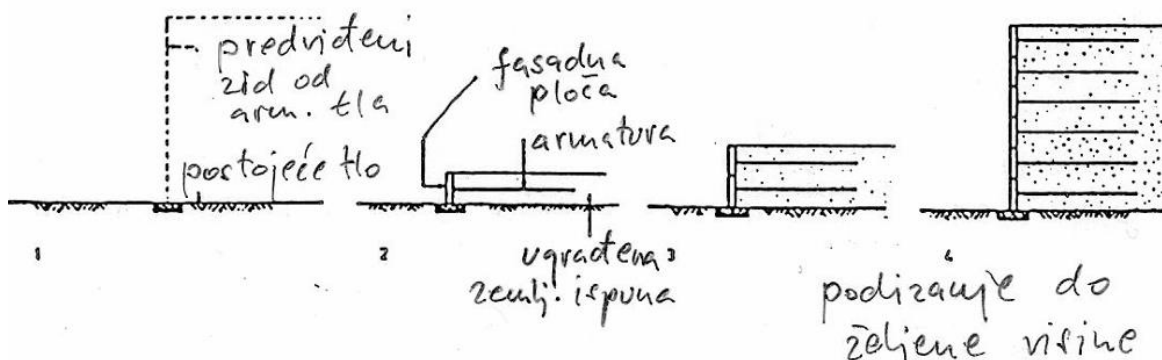
Ojačano tlo svoju stabilnost zasniva na međudjelovanju vlačnih elemenata (armature) i okolnog nasipanog tla. To je vrsta gradnje koja djeluje tako da armatura ugrađena u nasip, naprezanja prenosi trenjem po dodirnoj površini između armature i tla u nasipu. Armiranje tla se izvodi odozdo prema gore, gdje se nasip iza prednjeg lica potporne konstrukcije izvodi u kombinaciji s geomrežom ili geosintetikom ili metalnom trakom ili heksagonalnim mrežama, zategama i sl. Pritom, prednje lice konstrukcije služi za sprječavanje lokalne erozije i ima više estetsku ulogu nego li neki bitni doprinos stabilnosti cjelokupne konstrukcije. [20]



Slika 25. Armirane zemljane konstrukcije – ojačanje geosintetikom i betonskim elementima [22]

Tehnologija izvođenja armiranoga tla sastavni je dio ugradnje i zbijanja zemljanog materijala u nasipu koje prati određene korake, tj. faze koje se ponavljaju svaki put sve do željene visine, a da je pritom i definirana vrsta i raspored planiranih geomreža koje

predstavljaju armaturu. U odnosu na neka druga konvencionalna rješenja, kao što su gabionski ili armiranobetonski zidovi, gradi se puno brže, ali je i povoljnija opcija, posebice s ekonomskog i estetskog stajališta. [20]



Slika 26. Redoslijed izvedbe armiranog nasipa [22]

Područje primjene armiranog tla, upravo zbog toga što armatura daje komponentu vlačne čvrstoće, je za ojačanje tla u temeljnim konstrukcijama kao npr. na nasipima, potpornim zidovima i upornjacima mostova. Isto tako, armirano tlo je povoljno za visoke i strme padine, ali i visoke nasipe. Što se tiče seizmičkih opterećenja, njihova uporaba u područjima visoke seizmičnosti još uvijek je ograničena zbog nedostatka ispitivanja vezanih za ojačanje tla i elemenata za oblogu. [20]

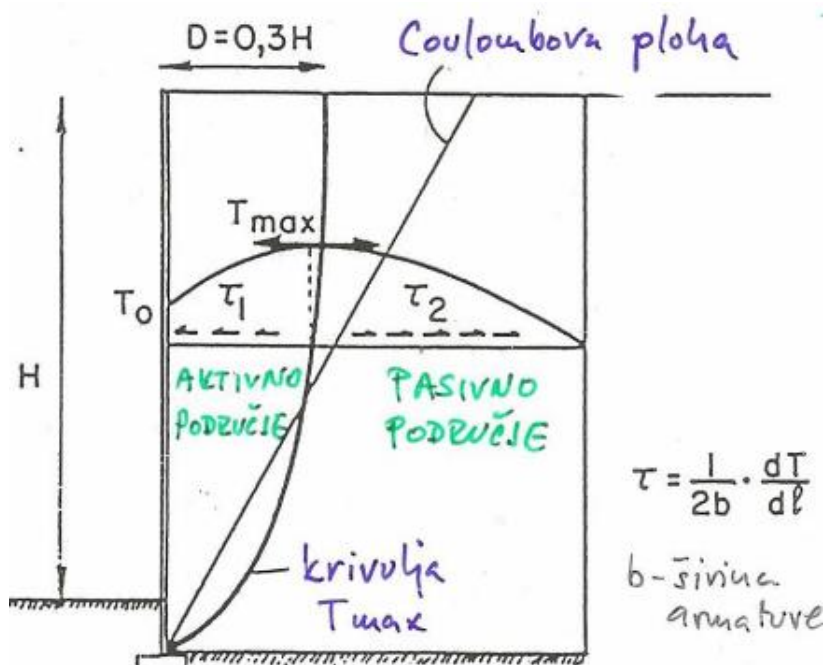


Slika 27. Armirano tlo na poziciji upornjaka mosta [23]

Osim što se izgradnjom armiranog tla mogu postići znatne visine konstrukcija, čak više od 50 metara, bitno je napomenuti da je ovaj tip potpornih konstrukcija odličan za izgradnju nasipa u geomorfološko složenim uvjetima jer smanjuje troškove izgradnje, ali je i puno jeftiniji od konvencionalnih potpornih konstrukcija. Druga prednost armiranog tla je što se materijal iz iskopa može iskoristiti za zatrpavanje te postoji mogućnost oblikovanja estetski atraktivne fasade. [20]

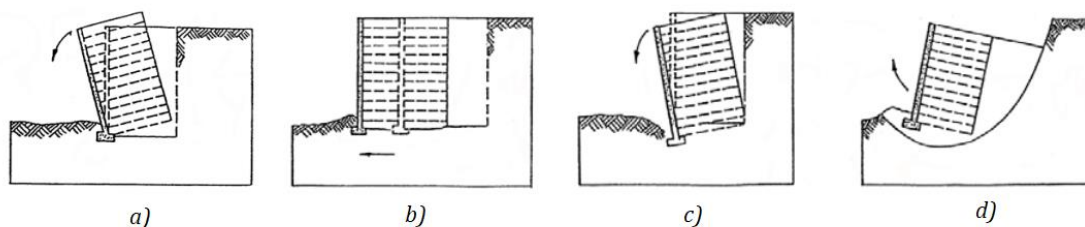
4.3. Način djelovanja i provjere stabilnosti armiranog tla

Porastom visine ojačanog tla raste težina nadsloja te se povećavaju vrijednosti posmičnog naprezanja unutar tla. [22] Vlačne sile koje djeluju u armaturi pridonose normalnom naprezanju koje djeluju duž potencijalnih kliznih površina unutar armiranog tla čime se povećava sila otpora trenja duž njih. Unutar armiranog tla javljaju se maksimalne vlačne sile koje razdvajaju armirano tlo u dvije različite zone, aktivnu i pasivnu. [20] U aktivnoj zoni tlo se pomiče prema van i vuče armaturu dok u pasivnoj zoni posmična naprezanja uzduž kontakta djeluju prema unutra kao "reakcija – princip sidra". [22]



Slika 28. Način djelovanja armiranog tla [22]

Provjera stabilnosti armiranog tla obuhvaća vanjsku i unutrašnju stabilnost. Vanjska stabilnost prikazana je slikom 29. kojom su prikazane provjere stabilnosti na: a) prevrtanje, b) klizanje, c) slom temeljnog tla, d) globalnu stabilnost, koja armiranu zonu zida tretira kao kvazi-homogeni kruti blok. [24]



Slika 29. Provjera vanjske stabilnosti

Unutarnja stabilnost armiranog tla provjera se u svakoj pojedinoj fazi gradnje kako bi se osiguralo da ne dođe do oštećenja u armaturi ili oko nje ili na licu zida armiranog tla. To se ispituje metodama granične ravnoteže kojima se ispituju samo krajnja granična stanja. [20]

4.4. Vrste potpornih konstrukcija od armiranog tla

Konstrukcije od armiranog tla s obzirom na oblik i izgled prednjeg lica:

- Predgotovljeni elementi – blokovi
- Gabionski koševi
- Ozelenjeno prednje lice [10]

Konstrukcije od armiranog tla s obzirom na vrste vlačnih elemenata:

- Heksagonalna mreža
- Geomreža
- Nosive trake – ojačanja od čeličnih ili geosintetičkih traka [10]

Konstrukcije od armiranog tla koji su prisutni na tržištu:

- Terramesh i Green Terramesh
- Terre Armee
- Tensar Wall i Tensar Green Wall [10]

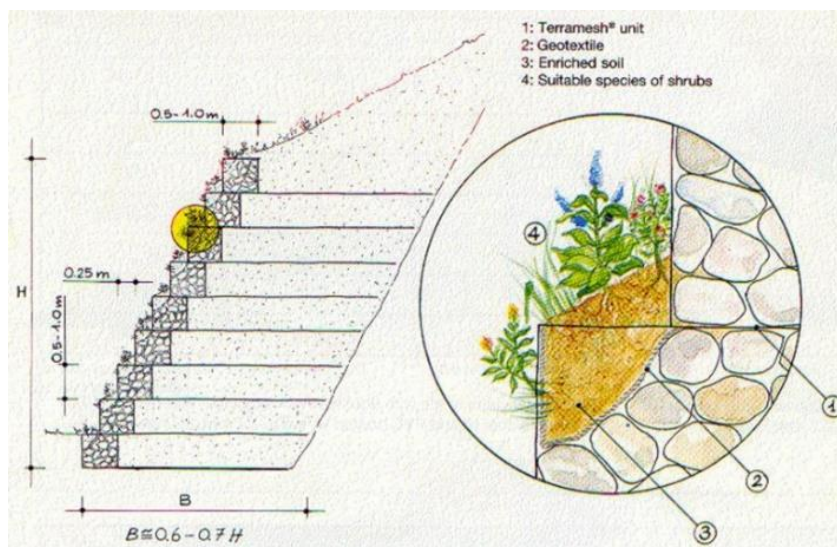
Terramesh sustav

Potporna konstrukcija od armiranog tla koja je razvijena od strane talijanske korporacije *Officine Maccaferri S.p.A.*, a sastoji se od gabionskih koševa sa zategama. Gabionski koševi imaju elemente formirane od heksagonske mreže izrađene od pocinčane plastificirane žice te takav sustav omogućuje izvedbu potporne konstrukcije s vrlo strmim prednjim licem nagiba, čak do 70° . [25]



Slika 30. Terramesh sustav [25]

Elementi sustava se proizvode u standardnim dimenzijama, a po potrebi moguće je proizvesti druge dimenzije, ovisno o projektnom zahtjevu. Prostor između gabionskih koševa i lica iskopa iskopava se u slojevima, od zemljanog i kamenog materijala, glinovitim šljunaka i slično. [25]



Slika 31. Poprečni presjek jednog primjera Terramesha [22]

Terra armee

Sustav potpornih konstrukcija razvijen u Francuskoj 60-ih i 70-ih godina prošlog stoljeća koji se izvodi od nasipnog materijala, najčešće nekoherentnog materijala iz iskopa. Izvedba potporne konstrukcije Terra armee je naizmjenično nasip od nekoherentnog tla i armature koju ovdje mogu činiti metalne trake kao što je galvanizirani čelik ili aluminij. Također, armatura osim traka može biti i od geokompozita. [25]



Slika 32. Primjer Terra armee uz prometnicu te presjek izvedbe [10,26]

Tensar Wall i Tensar Green Wall

Sustav zasipane potporne konstrukcije od engleskog proizvođača geokompozita Tensar International. Ovaj sustav sastoji se od modularnih fasadnih elemenata i armature kao npr. geokompozit – jednoosna geomreža koja se ugrađuje u kombinaciji s nasipom od materijala iz iskopa. Iako je ovaj sustav vrlo sličan sustavu Green Terramesh, razliku čini što se umjesto zatege od heksagonskih mreža koriste upravo geomreže. [25]



Slika 33. Green Tensar Wall potporna konstrukcija [25]

4.5. Geomreže armiranih potpornih konstrukcija

Geomreže su geosintetski materijali koji su izrađeni od polimernih materijala kao što su polietilen, poliester i polipropilen. One mogu biti tkane, toplinski spojene iz traka ili ekstrudirane. Prvotne geomreže proizvedene su bušenjem rupa u plati materijala, dok se danas takve mreže rade postupkom ekstruzije. [27] Time se postiže orijentacija molekula polimera čime se znatno povećavaju mehaničke karakteristike materijala. Takve mreže svojom visokom vlačnom čvrstoćom i malim istezanjem uspješno armiraju nasip, bio on od koherentnog ili nekoherentnog materijala. Koriste se za izradu armiranih potpornih konstrukcija bez posebne obrade lica pokosa, a moguće je ih koristiti u različitim kombinacijama s licem od prefabriciranih elemenata. Najčešće se primjenjuju jednoosne i dvoosne mreže. [20]

Izum polimernih geomreža se pripisuje dr. Brianu Mercer-u koji je 1950. godine patentirao postupak utiskivanja rastopljene plastike u rešetke umjesto tkanja polimernih vlakana, te se takav tip geomreža pokazao vrlo popularan u mnogim industrijama, uključujući i građevinarstvo. Mercer je uvidio potencijal za širom primjenom geomreža u građevinarstvu te 1978. godine izumio revolucionarne Tensar geomreže koje su bile jače i kompaktnije čime im je povećao snagu i trajnost. Za taj izum nagrađen je nagradom Kraljevske akademije za inženjerstvo za inovacije 1984. godine. Također su Tensar mreže imenovane jednim od glavnih britanskih izuma 20 stoljeća. Danas se te mreže koriste diljem svijeta za stabilizaciju tla kojeg koriste mnoge tvrtke. [28]

4.5.1. Jednoosne i dvoosne geomreže

Jednoosne geomreže su orijentirane u jednom smjeru koji može nositi visoka vlačna naprezanja. Takva vrsta geomreža se koristi za izvedbu potpornih zidova od armiranog tla kako bi se ojačalo i stabiliziralo slabo nosivo tlo, zatim kod upornjaka mostova, pojačanja temelja nasipa te pokosa. Životni vijek im 120 godina čime postaju povoljno rješenje za izgradnju nasipa na slabo nosivom tlu. Jednoosne mreže također imaju sposobnost apsorpcije i preraspodjele u ojačanu masu čime dodatno povećavaju otpor armiranog tla statičkim i dinamičkim opterećenjima. [20]

Dvoosne geomreže koriste se za ojačanje tla u izgradnji cesta, točnije za ojačanje asfalta tako da se između slojeva ugradi geomreža. U ovom slučaju, uloga geomreža je da preuzima djelovanje sila i sprječava nastajanje pukotina na novougrađenom sloju asfalta. [27]

Osim toga, namjena dvoosnih mreža može biti da ojačava tlo kod izgradnje željeznica, temelja i potpornih konstrukcija, erozije tla, rezervoara i brana, kanala te zemljanih radova. Također se koriste kod odlaganja krutog otpada i zadržavanja tekućeg otpada, pokrovnih slojeva te za održavanje ravnosti podloženoga tla preko mekog i slabo nosivoga tla. [20]

Dvoosne geomreže imaju takve otvore da pomažu u agregatnome povezivanju i zbijanju (efekt uklještenja), čime se omogućuje učinkovito pojačanje i zatvaranje tla. Efekt uklještenja postiže se kod dvoosnih geomreža krutošću čvorova i snagom 90 % osnovnog sustava. Izbor odgovarajuće dvoosne mreže definiran je veličinom opterećenja, zbijenošću podložnog sloja i granulometrijskim sastavom tla. [20]

4.5.2. Geomreže potporne konstrukcije od armiranog tla „Doli“

Potporna konstrukcija od armiranog tla „Doli“ napravljena je od geosintetskih mreža Tenax TT dobivenih od hrvatske tvrtke Konoteks koja je zastupnik i distributer renomiranih europskih proizvođača geosintetika i srodnih materijala. [29]

Tenax TT je jednoosna geomreže dobivena ekstrudiranjem i jednoosnim rezanjem rešetki od polietilena visoke gustoće (PEHD) koje u interakciji s tлом postaju element ojačanja te poboljšavaju mehanički stabilizirati tlo. Struktura tla-geomreže kombinira tlačnu čvrstoću tla s vlačnom čvrstoćom geomreže stvarajući tako materijal s poboljšanim karakteristikama. [30]

Tenax TT geomreže su kemijski inertne, ne podliježu hidrolizi te se mogu koristiti u mnogim primjenama. Također, ovaj tip geomreža omogućava rast travnjaka ili nekih drugih prikladnih biljaka. [30]



Slika 34. Tenax TT geomreža [30]

5. PRIMJER PROJEKTA POTPORNE KONSTRUKCIJE

Pelješki most jedan je od najvećih infrastrukturnih projekata u Hrvatskoj koji je dio projekta „Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom“ kojem je primarni cilj bilo ojačati povezanost državnog teritorija na samom jugu Republike Hrvatske izgradnjom mosta Pelješac s pristupnim cestama i cestama na Pelješcu (tzv. stonska obilaznica). Izvedba projekta odvijala se u razdoblju od 2016. do 2022. godine tijekom kojih je sveukupno izgrađeno 32,53 km ceste s pratećim objektima kao što su mostovi, tuneli i vijadukti i sl. [31]

Izgradnjom mosta Pelješac i pristupnih cesta povećao se stupanj usluge prometnog sustava i sigurnost prometa, ali i omogućio pristup krajnjem jugu za vrijeme jakih vjetrova kad je onemogućen zračni i pomorski promet. [31]



Slika 35. Pelješki most [32]

Izgradnja pristupnih cesta mostu Pelješac započinje od km 0+020 km do 1+300 km i km 5+240 do km 14+460. Početak trase nalazi se na kopnenoj strani Republike Hrvatske između mjesta Raba i Duboka te je ukupne duljine 1,3 km. U stacionaži Duboka km 0+520,00 nalazi se čvorište Duboka koji je spojen na državnu cestu DC8 u smjeru Neuma i BiH-a. [33]

Nova trasa prelazi preko državne ceste DC8 (podvožnjak) u stacionaži km 1+261,82 te se nastavlja dalje do stacionaže km 1+300. Trasa nastavlja dalje prolazeći iznad naselja Komarna nizbrdo prema novom mostu Pelješac km 2+120 (L=2.404 m) prelazeći

Malostonski kanal i dolazeći na poluotok Pelješac u km 4+560 te nastavljajući trasom do km 5+240. [33]

Od stacionaže km 5+240 trasa nastavlja na poluotoku Pelješac te se u km 6+692 nalazi prolaz za ljude i životinje. Zatim trasa prolazi kroz brdo Kamenice tunelom Kamenice u km 7+546 duljine $L=499$ m te nastavlja dalje preko prvotno zamišljenog vijadukta Doli koji je prenamijenjen u armirano tlo, o čemu će više riječi biti u nastavku rada. [33].

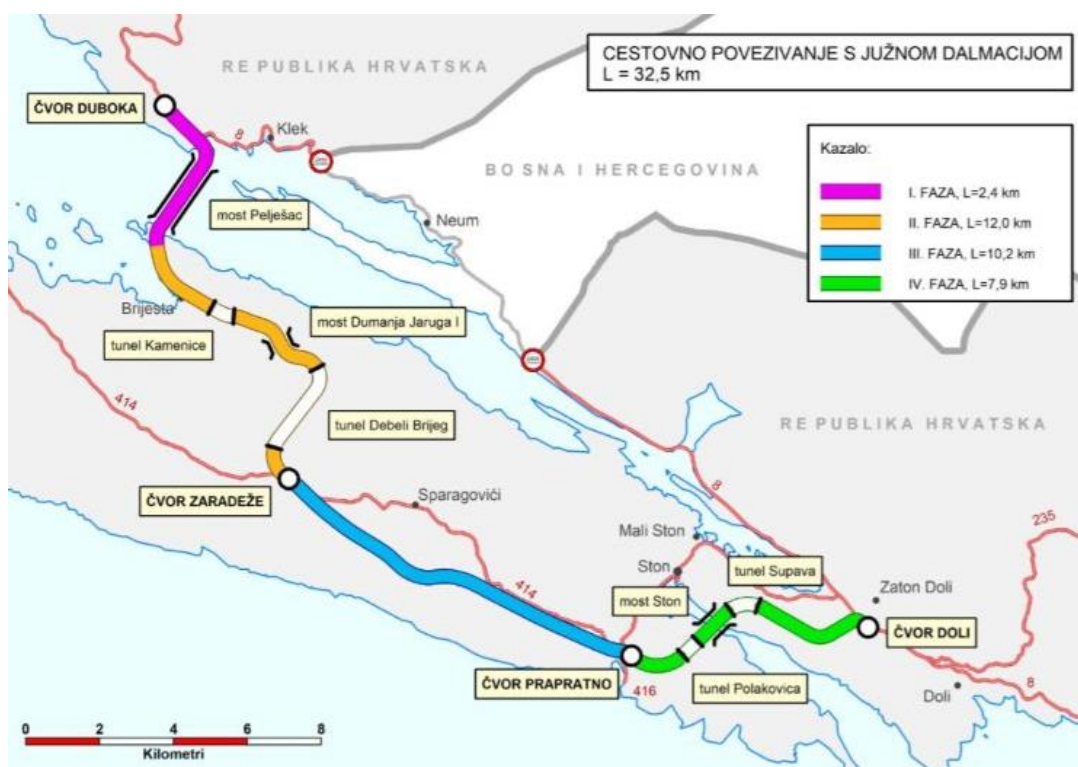
Vijadukt Doli trebao je započeti u km 8+090 te biti duljine $L=156$ m. Kad se pristupalo projektiranju prije nekih desetak godina, IGH-a je pristupne ceste tada tek neizgrađenog mosta Pelješac zamislio primjenjujući klasična rješenja premošćivanja dolina i draga na poluotok Pelješac upravo vijaduktima. Ali, izvedba konstrukcije od armiranog tla pokazala se kao modernije i jeftinije rješenje. [34]



Slika 36. Dionice prometnih trasa sa označenim predviđenim vijaduktom Doli [35]

Trasa dalje nastavlja te prelazi Dumanju Jarugu mostovima Dumanja Jaruga I u km 9+264 duljine L=488 m i Dumanja Jaruga II u km 9+964 duljine L=80 m. [33]

Nakon prelaska preko Dumanje Jaruge trasa dalje nastavlja prema tunelu Debeli Brijeg koji se nalazi u km 10+915 te je duljine L=2467. Nakon izlaska iz tog tunela trasa se nastavlja prema postojećoj cesti DC414 Orebić-Ston-Zaton Doli do km 14+460 gdje završava kao što je prikazano na slici 37. [33]



Slika 37. Cestovno povezivanje s južnom Dalmacijom [36]

U sklopu izgradnje pristupne ceste sa strane poluotoka Pelešca u ovom radu izdvojen je geotehnički projektni zid „Doli“ koji će biti u nastavku obrađen u BIM modelu.

Temeljem zahtjeva od naručitelja STRABAG d.o.o., čiji je investitor bilo poduzeće HRVATSKE CESTE d.o.o., pristupilo se izradi izvedbenog građevinskog projekta potporne konstrukcije od ojačanog tla na poziciji zida „Doli“ na području pristupne ceste mostu čiji je izrađivač bila tvrtka GEOTECH d.o.o. [37]

Navedeni zid nalazi se u sklopu dijela građevine „Trasa prometnice i ostali objekti od km 0+000 km do km 2+120 i od km 4+560 do km 14+460 km“ mosta kopno Pelješac s pristupnim cestama na D8 i D414. [37]

5.1. Opis lokacije

Lokacija izvedbe potporne konstrukcije od ojačanog tla nalazi se na sjevernom dijelu Pelješkog poluotoka, u Dubrovačko-neretvanskoj županiji na području katastarske čestice k.o. Brijesta. [37]

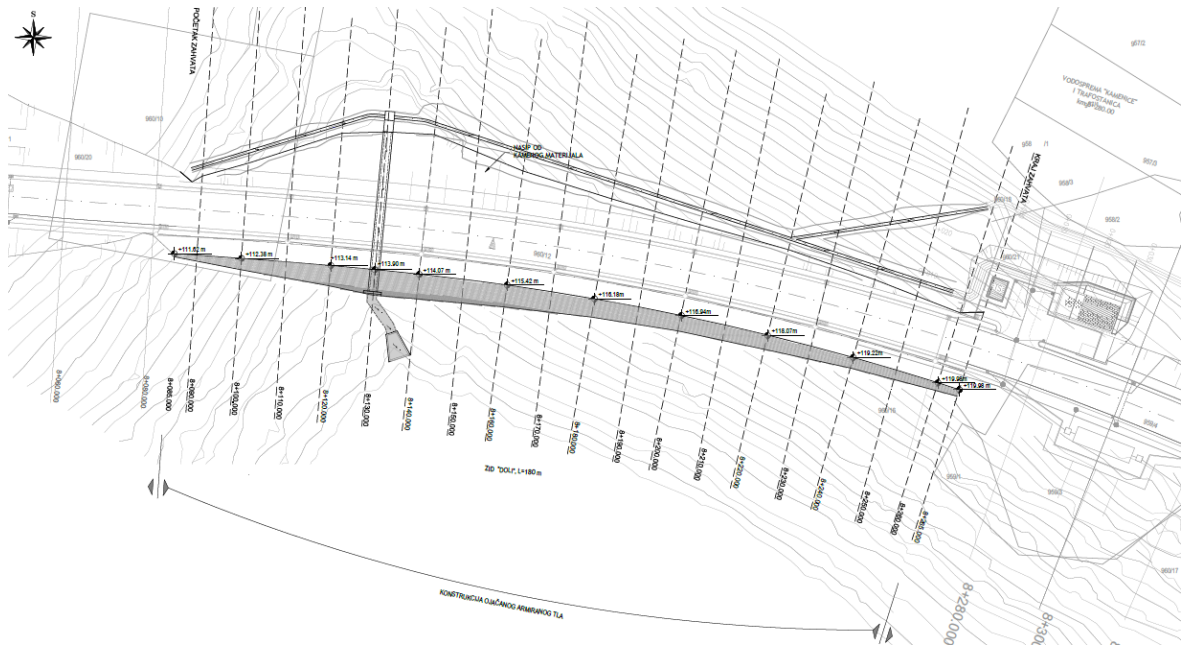


Slika 38. Položaj zida „Doli“ na katastarskoj čestici Brijesta

Zid „Doli“ započinje u km 8+085, a završava u km 8+265 uz pristupnu cestu, dok se nadmorske visine nivelete nasipa ceste na lokaciji kreću od cca 113.09 m n.m. do 122.68 m n.m. [37]

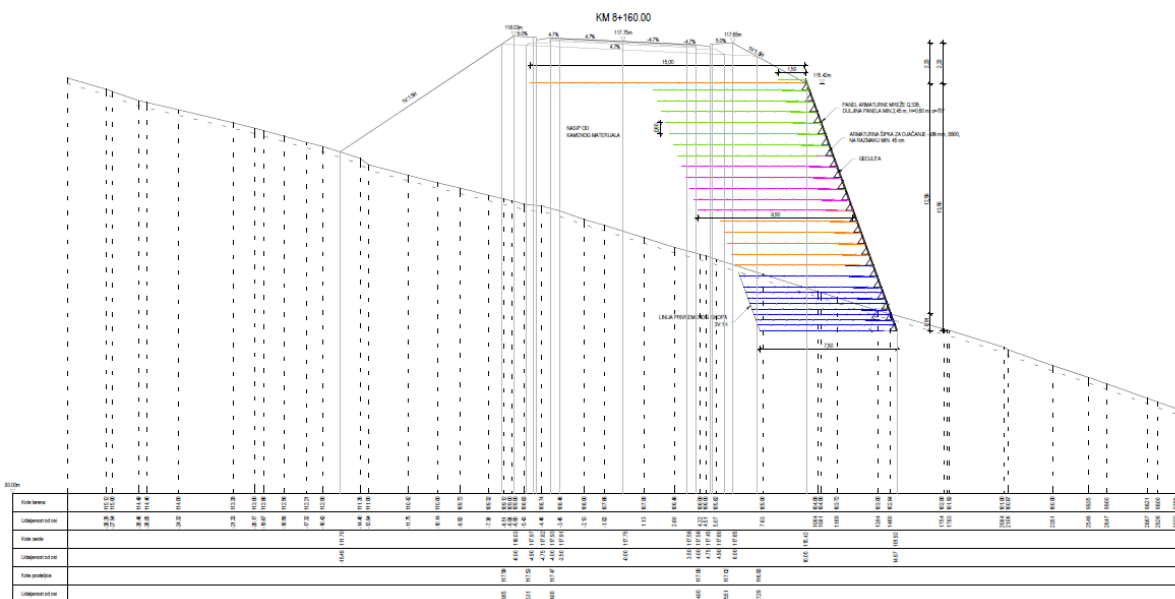
5.2. Opis zahvata

Zbog nepovoljne geomorfologije terena na opisanom dijelu Pelješkog poluotoka izgrađena je potporna konstrukcija od armiranog tla u svrhu ojačanja stabilnosti nasipa u zoni pristupne ceste mostu na poziciji zida „Doli“. Potporna konstrukcija od ojačanog tla napravljena je u duljini od 180 metara. Uz projekt potporne konstrukcije, rađen je i projekt oborinske vode prikazan na tlocrtnoj situaciji, na slici 39. U izradi BIM modela, projekt oborinske vode je izuzet.



Slika 39. Tlocrtna situacija armiranog zida Doli

Potpornu konstrukciju od armiranog tla čine pojedini tipovi koji su prvenstveno definirani visinom te vrstom i rasporedom predviđenih geomreža. Geomreže su postavljene na međusobnom visinskom razmaku od 0,30 i 0,60 m. [37] Korištene su četiri vrste geomreža Tenax prikazane slikom 40. poprečnog presjeka cjelokupnog terena.

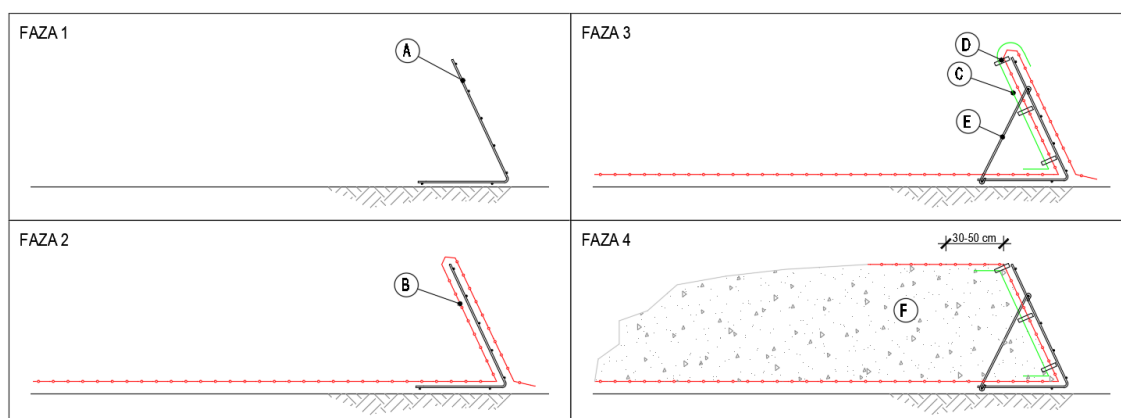


Slika 40. Poprečni presjek stacionaže na km 8+160

Postupak izvedbe pojedinog sloja ojačanog tla prikazan je slikom 41. gdje se u prvoj fazi radi priprema temeljnog tla izravnavanjem i zbijanjem tla. Zatim se radi čišćenje temeljnog tla od dijelova koji mogu oštetiti ili otežati postavljanje panela armaturne mreže. [37]

Postavljanje panela na temeljno tlo prikazano je slovom A na spomenutoj slici gdje je dozvoljen prijeklop panela od minimalno 10 cm. U drugoj fazi radi se postavljanje geomreža s prijeklopom preko vrha panela od 1,5 m (B). [37]

U trećoj fazi postavlja se geojuta (C) koja se pričvršćuje na armaturne panele pomoću plastičnih vezica i sl. (D). Isto tako radi se ugradnja armaturnih šipki $\varnothing 8\text{mm}$, B500, na razmaku 45 cm (E) čija je svrha ojačanje armaturne mreže. U četvrtoj fazi radi se nasipavanje tla preko geomreža u slojevima debljine 30 i 60 cm (F). [37]



Slika 41. Postupak izvedbe jednog sloja nasipa ojačanog tla

Izvedba armiranog tla provodila se odozdo prema gore gdje je izgradnja slijedila korake, tj. faze izgradnje koje su prikazane u Tablici 1. [37]

Tablica 1. Faze izvedbe potporne konstrukcije od armiranog tla [37]

Faze izvedbe potporne konstrukcije	
Faza 1	Iskop postojećeg terena u nagibu 3V:1H za potrebe izvedbe potporne konstrukcije od ojačanog tla
Faza 2	Postavljanje prvog panela armaturne mreže Q-335 na dno iskopa radi formiranja prednjeg lica potporne konstrukcije od ojačanog tla
Faza 3	Postavljanje geomreža različitih duljina u ovisnosti o zoni zahvata izvedbe potporne konstrukcije od ojačanog tla (preklapom s gornjim slojem od 1,5 m)
Faza 4	Postavljanje geojute na panel armaturne mreže u svrhu sprječavanja osipavanja nasipnog materijala kroz prednje lice konstrukcije
Faza 5	Ugradnja armaturnih šipki $\Phi 8,00$ mm od rebraste armature B 500B u svrhu ukrućivanja panela armaturne mreže na svakih 45,0 cm
Faza 6	Izrada sloja ojačanog tla debljine 30 i 60 cm, nasipavanjem materijala i zbijanjem u dva sloja
Faza 7	Postavljanje drugog panela armaturne mreže Q-335 radi formiranja prednjeg lica potporne konstrukcije od ojačanog tla

Faze od 2 do 7 treba ponavljati kako bi potporna konstrukcija došla do potrebne visine. Po izvedbi svakog reda nasipa provodilo se adekvatno zbijanje uz vibraciju, dok se uz prednje lice zbijanje provodilo ručno. Postizanje do željene visine postiglo se ponavljanjem prethodno gore navedenih faza i sljedećih osnovnih dijelova:

- tla potrebnog za izgradnju potporne konstrukcije od armiranog tla
- panela armaturne mreže Q-335 i armaturnih šipki $\Phi 8,0$ mm od rebraste armature B500B radi formiranja prednjeg lica potporne konstrukcije od armiranog tla u nagibu od 70°
- jednoosne geomreže od polietilena visoke gustoće (PEHD) [37]

Za izvedbu potporne konstrukcije, bilo je potrebno izvesti iskop i profiliranje zasjeka u nagibu 3V:1H. Iskop se izvodio strojno i pažljivo kako se ne bi odronili veći dijelovi stijenske mase. Radovi su se izvodili prema Općim tehničkim uvjetima za radove na cesti, knjiga II, stavka 2-02, Široki iskop i trebali biti odobreni od strane nadzornog inženjera. [37]

5.3. Paneli prednjeg lica potporne konstrukcije od armiranog tla

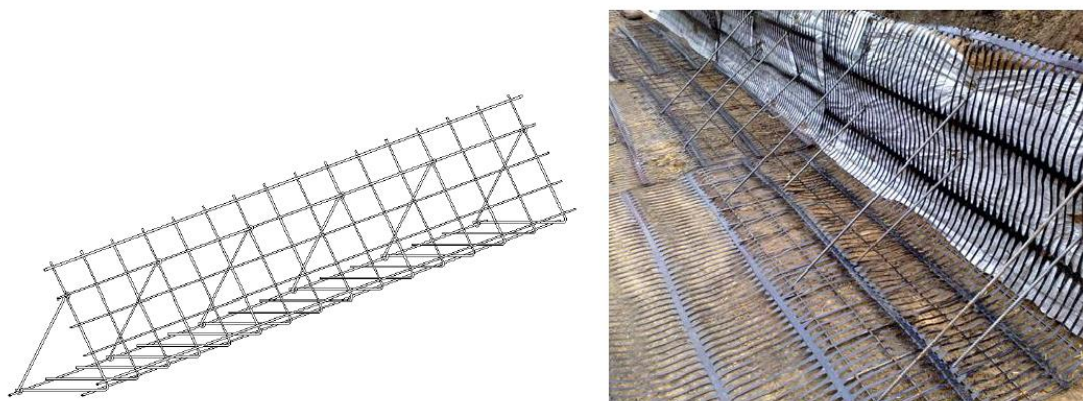
Prednje lice potporne konstrukcije od armiranog tla izvodilo se u nagibu od 70° postavljanjem modularnih panela od armaturne mreže Q-335 ($\Phi 8/15$ cm). Minimalni preklop armaturnih panela prednjeg lica je 10,0 cm, a dodatno ukrućenje panela se postiglo ugradnjom šipki (spona) promjera $\Phi 8,0$ mm, od rebraste armature B500B smještenih na horizontalnom razmaku od 45,0 cm. [37]

Tablica 2. Tehničke specifikacije armaturnog panela prednjeg lica potporne konstrukcije od armiranog tla [37]

Tehničke specifikacije armaturnog panela prednjeg lica	
Tip mreže	Q-335
Promjer šipki	8,00 mm
Razmak šipki	15,0 cm
Razred duktilnosti	B
Granica velikih izduženja	500 N/mm ²
Duljina dijela panela u nagibu	66,0 cm
Duljina horizontalnog dijela panela	38,0 cm
Kut horizontalnog i nagnutog dijela	70
Minimalni preklop susjednih panela	10,0 cm

Tablica 3. Tehničke specifikacije armaturnih šipki (spona) za ukrućenje armaturnih panela [37]

Tehničke specifikacije armaturnih šipki	
Promjer šipki	8,00 mm
Razred duktilnosti	B
Najveći razmak šipki	45,0 cm
Ukupna duljina spone	67,0 cm
Granica velikih izduženja	500 N/mm ²
Duljina ravnog dijela šipke	55,0 cm
Duljina savijenog kraja šipke (2kom)	6,0 cm



Slika 42. Prikaz armaturnog panela ukrućenog sponama [37]

5.4. Zaštita prednjeg lica potporne konstrukcije od armiranog tla

Zaštita prednjeg lica nasipa potporne konstrukcije od armiranog tla izvela se postavljanjem geojute za zadržavanje nasipnog materijala. Geojuta se pričvrstila PVC vezicama na armaturni panel prednjeg lica u svrhu sprječavanja erozije tla u zoni prednjeg lica potporne konstrukcije od ojačanog tla. [37]

Tablica 4. Tehničke specifikacije geojute za zadržavanje nasipnog materijala [37]

Tehničke specifikacije geojute	
Sastav	100% prirodna juta
Jedinična težina	100,0 g/m ² (tolerancija +/- 3%)

5.5. Geomreže

Geomreže su glavni element potporne konstrukcije od ojačanog tla jer preuzimaju vlačne sile i tako osiguravaju stabilnost potporne konstrukcije. U projektu su predviđene jednoosne geomreže od polietilena visoke gustoće (PEHD). Geomreže su postavljene na svaki sloj potporne konstrukcije, a najmanji preklop između susjednih mreža iznosi 5,0 cm. Debljina sloja nasipa, tj. vertikalni razmak geomreža je 30,0 i 60,0 cm na različitim pozicijama. [37]



Prijeklop geomreže od 5,0 cm



Detalj geomreže



Oblik jednoosne geomreže od PEHD-a

Slika 43. Geomreža – prikaz prijeklopa, detalja i oblika [37,38]

U nasip potporne konstrukcije postavljena su četiri tipa geomreža čije su tehničke specifikacije prikazane Tablicom 5.

Tipovi geomreža koji će se koristiti ovise o minimalnoj karakterističnoj vlačnoj čvrstoći mreže u uzdužnom smjeru te odabrane geomreže postavljene su u smjeru jače nosivosti u uzdužnom smjeru. [37]

Tablica 5. Tehničke specifikacije geomreža u projektu [31]

Tehničke specifikacije geomreža			
Tip geomreže	Osnovni materijal geomreže	Min. karakteristična vlačna čvrstoća u uzdužnom smjeru	Vijek trajanja
TT 045	PEHD	45,0 kN/m	najmanje 100 godina
TT 060	PEHD	60,0 kN/m	najmanje 100 godina
TT 090	PEHD	90,0 kN/m	najmanje 100 godina
TT 120	PEHD	120,0 kN/m	najmanje 100 godina

5.6. Materijal za izvedbu potporne konstrukcije od armiranog tla

U geotehničkom projektu „Doli“ korišten je selektivni nasipni materijal koji je izveden u nagibu prednjeg lica od 70° i postavljanjem geomreža na svaki izvedeni sloj nasipa. Širina potporne konstrukcije od armiranog tla je jednaka duljini geomreža koje se javljaju duž zahvata, a kreće se od 4,0 do 15,0 m. [37]

Visina nasipa jednog reda potporne konstrukcije jednaka je vertikalnom razmaku između dvije geomreže ($h=30,0$ i $60,0$ cm), a nasip je formiran samim nasipavanjem materijala i zbijanjem u dva sloja s odgovarajućim sredstvima za zbijanje. Zbijano je od nižeg ruba prema višem i to vibrovaljcima (samohodnim i vučenim), vibronabijačima i kompaktorima, ovisno o tome koja se vrsta materijala upotrebljavala. Zona širine 1,50 m koja se nalazi od lica potporne konstrukcije od armiranog tla zbijena je ručno i vibropločama kako bi se izbjeglo oštećenje armaturnih panela prednjeg lica. [37]

Tablica 6. Svojstva završne površine sloja materijala na koju je postavljena geomreža [37]

Svojstva završne površine sloja materijala	
Granulometrija (veličina)	100 mm (100% prolaza kroz sita)
	0,425 mm (0-60% prolaza kroz sita)
	0,075 mm (0,15% prolaza kroz sita)
Koeficijent nejednolikosti	$d_{60}/d_{10} \geq 4$
Indeks plastičnosti	IP < 6
Udio organskih tvari	< 1%
Ostalo	nasip mora biti bez mekanih, trošenju sklonih materijala (lapori, glinjaci i sli.)

5.7. Nasip iznad / iza potporne konstrukcije od armiranog tla

Nasip potporne konstrukcije je izveden od kamenog materijala, gdje je nasipavanje izvođeno u slojevima od 50,0 cm sa zbijanjem. Za zbijanje su korišteni vibrovaljci (samohodni i vučni), vibronabijači i kompaktori. [37]

Materijal za ugradnju sastoji se od sljedećih svojstava: čistog kamenog materijala, nema primjesa gline, koeficijent nejednolikosti je $U=d_{60}/d_{10} > 4$ te maksimalna veličina zrna nije veća od polovice debljine sloja (250,0 mm max). [37]

5.8. Slike izvedenog projekta Doli

Slika 44. prikazuje izradu armiranog tla te propusta, dok slike 44. i 45. prikazuju izvedenu potpornu konstrukciju od armiranog tla.



Slika 44. Izgradnja armirane potporne konstrukcije [20]



Slika 45. Pogled na lice zida Doli [34]



Slika 46. Pogled na izvedenu konstrukciju od armiranog tla sa strane [37]

6. BIM MODELIRANJE POTPORNE KONSTRUKCIJE „DOLI“

6.1. Općenito o Allplanu

Allplan je softverski program tvrtke Nemetschek Group koju je osnovao u Münchenu 1963. godine profesor Nemetschek pod tadašnjim nazivom „*Building Sector Engineering Office*“ čime je pokrenuo istraživanje pametnije gradnje bazirane na virtualnom modelu građevine koja danas uvelike olakšava rad arhitekata i inženjera te zapravo predstavlja princip rada u BIM-u (*Building Information Modeling*). [39]

Allplan nudi inovativne alate za projektiranje i izradu projektne dokumentacije u jedinstvenom rješenju kroz točnost, ali i brzinu njegova rada. Pokriva različita područja, tj. prikladno je za sve vrste projekata, od jednostavnih do kompleksnih, od visokogradnje do niskogradnje ili pak urbanizma i mostova. Osim što daje korisniku da kreira vrhunske 3D modele, omogućuje i crtanje u 2D modelu. [40]

Jedna od bitnih značajki Allplana je to što podržava cjelokupan proces projektiranja unutar jednog sustava, od inicijalne skice sve do glavnog projekta i vrlo je precizan pri generiranju nacрта koji su iz BIM modela izvedeni u par klikova. Osim što može prikazati visoko kvalitetne vizualizacije i animaciju, isto tako Allplan je jedan od najboljih programa za 3D armiranje. U programu je također omogućen ispis količina svega što je rađeno te je vrlo olakšana razmjena svih potrebnih formata za import i export, kao što je dwg, dxf, pdf, icf i slično. [40]

6.2. Izrada i oblikovanje modela u Allplanu

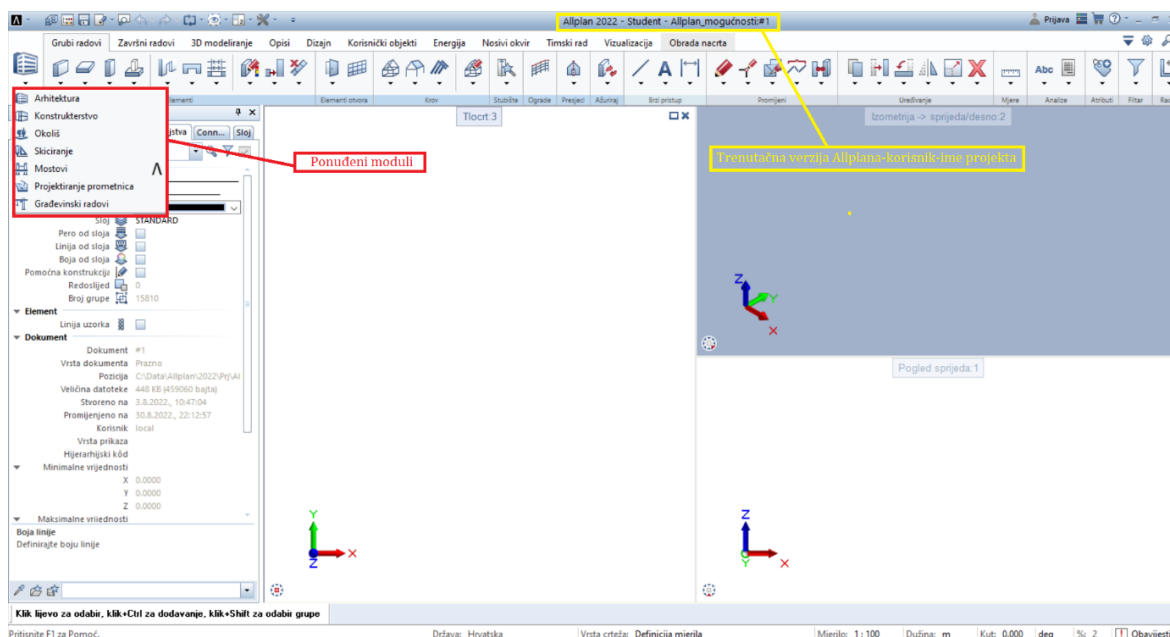
Glavni zadatak ovog diplomskog rada je izrada prethodno objašnjenog geotehničkog projekta, točnije rečeno, potrebno je bilo modelirati potpornu konstrukciju od armiranog tla uz pristupnu cestu u programu Allplan.

U radu je korištena studentska verzija Allplana 2022 koja je dobivena od tvrtke Baldinistudio d.o.o. u svrhu edukacije, ali i izrade modela. Prednost studentske verzije je u tome što korisnik uz pomoć licence može nesmetano koristiti program na određeno vremensko razdoblje što mu omogućava upoznavanje sa programom i radom u njemu.



Slika 47. Studentska verzija Allplana 2022 – otvaranje programa

Nakon otvaranja programa i dodjeljivanja naziva projekta, na ekranu se pojavljuje radno okruženje Allplana prikazano na slici 48. gdje su ponuđeni moduli od kojih svaki ima svoju akcijsku traku s brzim pristupom pojedinoj naredbi. U verziji Allplana 2022 ponuđeno je sedam modula (Arhitektura, Konstrukterstvo, Okoliš, Skiciranje, Mostovi, Projektiranje prometnica, Građevinski radovi) koji se biraju ovisno o tome što je korisniku potrebno tijekom izrade.

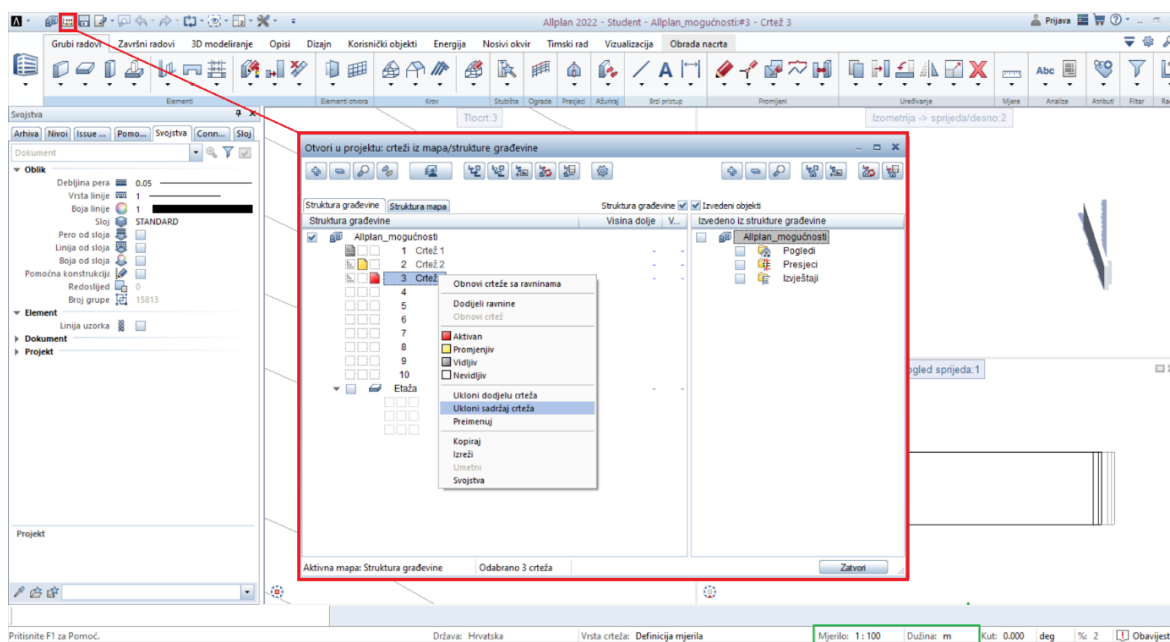


Slika 48. Korisničko sučelje Allplana

Prije samog početka modeliranja potrebno je izabrati ikonu Otvori u projektu, prikazanu na slici 49. i stvoriti strukturu građevine te joj dodijeliti predefinirane nivoe strukture kao npr. Etaža koja se može definirati odmah ili kasnije tijekom razrade

projekta i dopunjavati u bilo kojem trenutku. Nakon izrade Etaže, dodjeljuju joj se crteži koji se automatski spremaju u Allplanu što je korisna stvar jer ne postoji opasnost od gubitka dokumenta.

U strukturi građevine prikazanoj na slici 49. postoje opcije stanja crteža koje korisnik sam određuje. Crtež u kojem se trenutno radi mora se označiti kao aktivan (crvena oznaka) i tada se u tom crtežu crta. Druga opcija stanja crteža je promjenjiv (žuta oznaka) koji prikazuje crtež koji se već napravio te se najčešće koristi s aktivnim crtežom kako bi moglo vidjeti sve do sada napravljeno u Allplanu. Posljednja opcija crteža je vidljiv (siva oznaka) što znači da crtež se ne može uređivati, ali je i dalje vidljiv u Allplanu ako se tako odredilo. Takva vrsta crteža je korisna kada se želi nešto precrtati, npr. tlocrt prometnice. Crtež u koji je kojem se nalazi tlocrt prometnice stavi se kao vidljiv, dok crtež u kojem se crta kao aktivan kako bi se mogao iscrtati tlocrt.

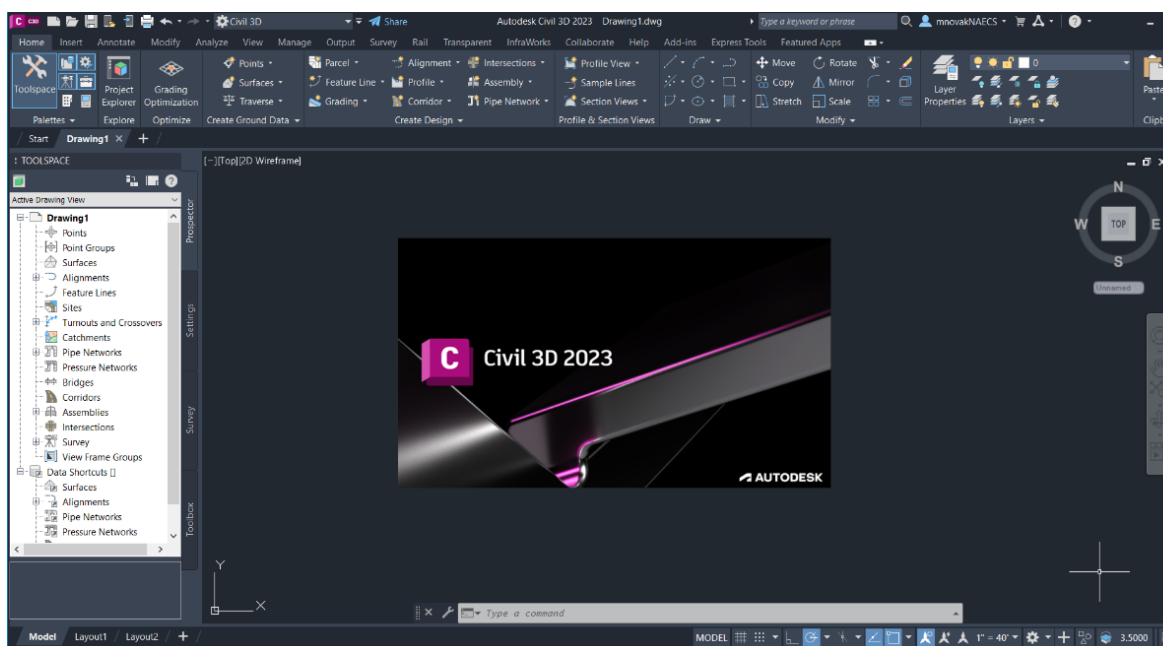


Slika 49. Struktura građevine

6.2.1. Import terena – Civil 3D i Allplan

Nakon postavljene strukture građevine i dodijeljenih crteža u Allplanu, sljedeći korak rada je bilo ubacivanje modela terena koji se u početku samo sastajao od slojnica s pripadajućim visinama u DWG dokumentu, odnosno *Autocadu*.

Kako bi se stvorila ploha terena od slojnica korišten je softverski program *Civil 3D 2023* koji je također dobiven u studentskoj verziji od kompanije *Autodesk* na određeno vremensko razdoblje. To je bilo potrebno napraviti jer se u Allplanu model terena od slojnica jedino može izmodelirati pomoću nekih od ponuđenih formata kao što je *LandXML*, *Bimplus*, *Cadics* ili *Toporail*. Upravo radi tog razloga je izabran program *Civil 3D* u kojem se može eksportirati datoteka kao *LandXML* format.



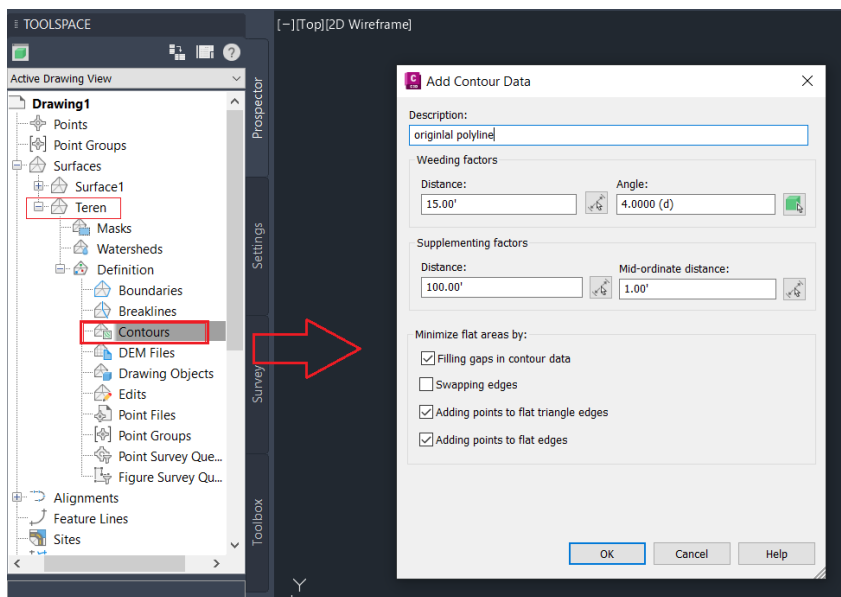
Slika 50. Radno sučelje Civil 3D-a

Civil 3D je softverski program namijenjen za projektiranje u niskogradnji, posebice infrastrukturnih objekata poput cesta, željeznica, raskrižja, kružnih tokova, koridora i sl., ali i za projektiranje hidrauličnih objekata i komunalne infrastrukture. Jedna od bitnih i osnovnih značajki *Civil 3D-a* je što podržava CAD i BIM te s radnim sučeljem nalikuje na *AutoCad*. Ipak treba naglasiti da *Civil 3D* radi kao samostalni program, a ne kao dodatak *Autocadu*. Isto tako sadrži mnoge funkcije za modeliranje, izračune i analize. [41]

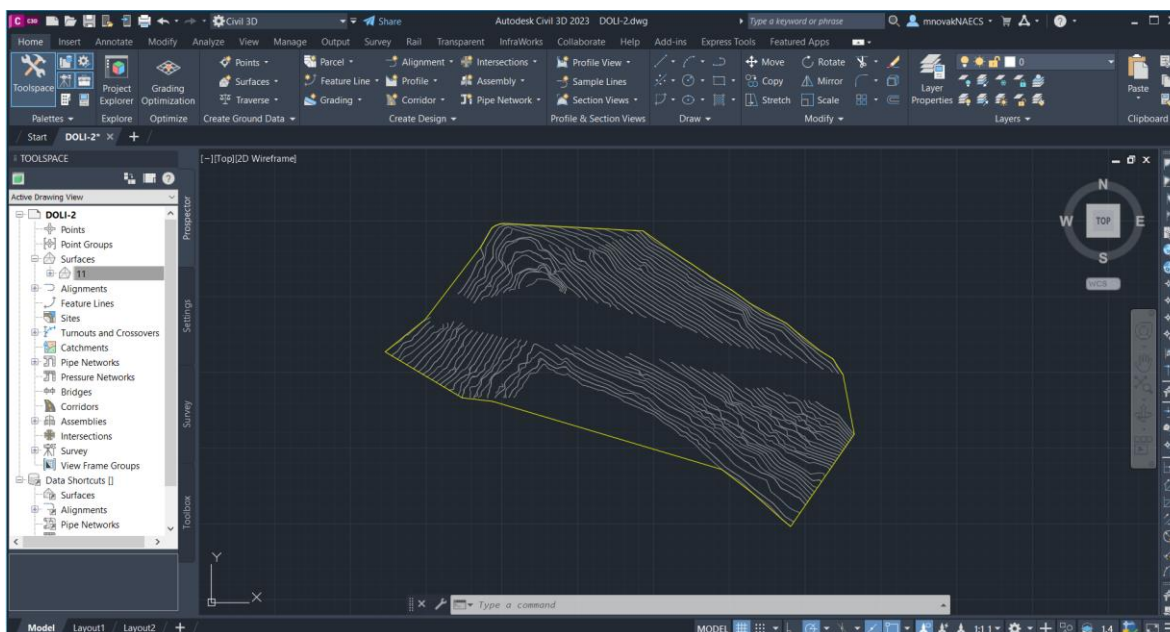
U ovom radu *Civil 3D* korišten je za izradu modela plohe terena od dobivenih slojnica u DWG formatu. Postupak izrade površine napravi se u nekoliko koraka. Prvi korak je odabir naredbe *Surface* u kojoj se kreira površina koja će dodijeliti unesenim slojnicama, točnije definiraju se njezina svojstva. Nakon toga potrebno je izabrati naredbu *Countorus* prikazanu slikom 51. koja se nalazi u izborniku *Toolspace* koji se

nalazi s lijeve strane radnog sučelja. Ovdje se također provjeravaju svojstva koja se dodjeljuju odabranim slojnicama kako bi se stvorila površina.

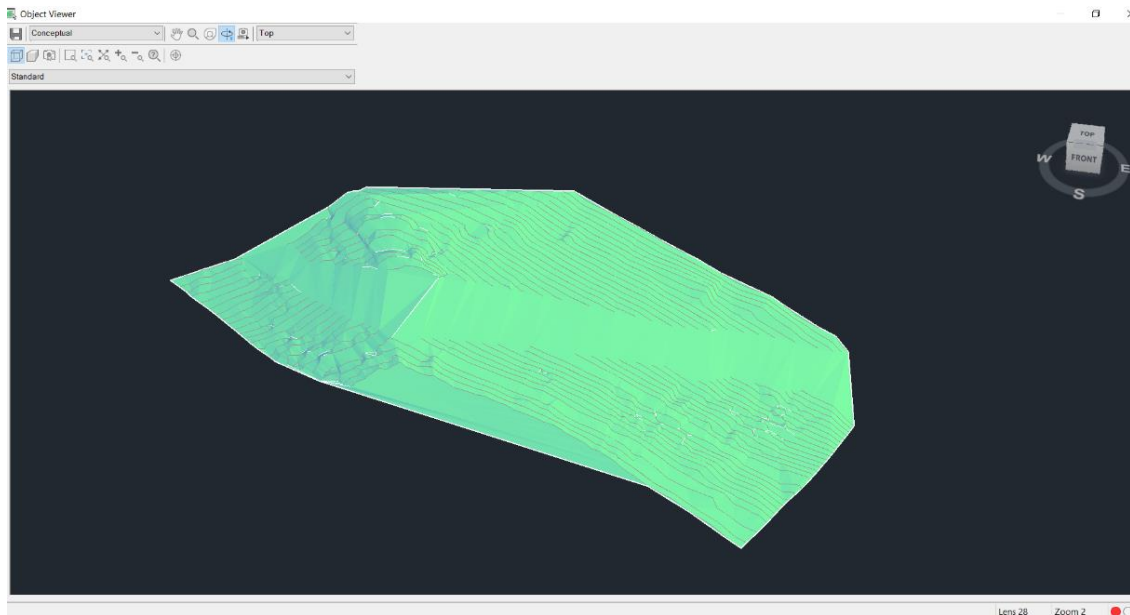
Slika 51. prikazuje značajke koje moraju biti uključene kod dodijele svojstava, dok slike 52. i 53. prikazuju dobivene rezultate u *Civilu 3D-u*. Nakon toga, potrebno je model exportat u *LandXML* datoteku kako bi bio spreman za import u Allplan.



Slika 51. Odabir svojstava u naredbi Countours

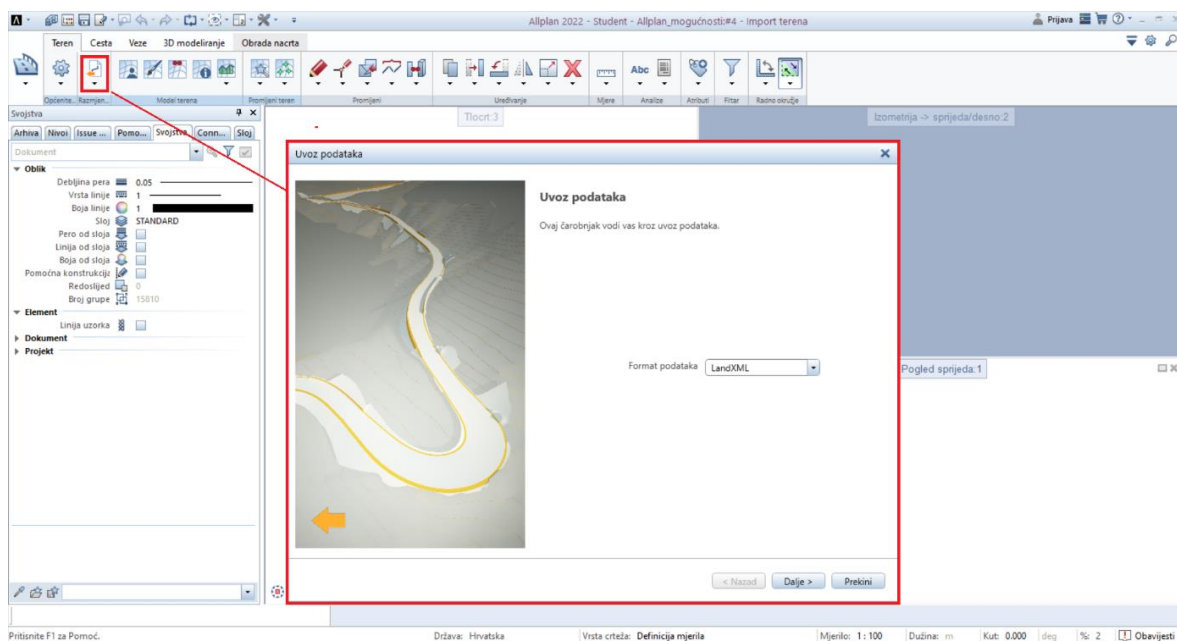


Slika 52. Dobivena površina od slojnicama u Civil 3D-u – označena žutom bojom



Slika 53. Odabir naredbe Object Viewer – prikaz plohe u 3D-u

Importiranje datoteke u Allplan u ovom radu napravljeno je preko modula Projektiranje prometnica gdje se odabire naredba Import podataka o cesti, prikazana na slici 54. Otvara se zaseban prozor u kojem se izabire *LandXML* format te se zatim u nekoliko klikova pronalazi mjesto spremljene datoteke i dovršava uvoz kao što je prikazano na slici 55.

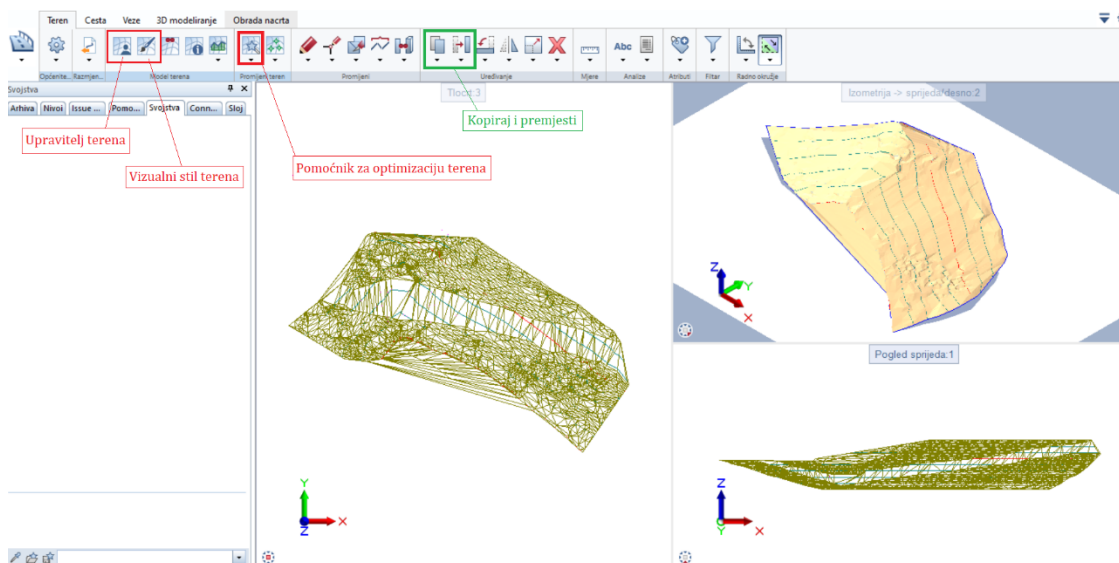


Slika 54. Import LandXML dakoteke u Allplan



Slika 55. Postupak importa u Allplan

Nakon toga, model terena se ne prikazuje odmah nego se moraju koristiti naredbe poput Pomoćnika za optimizaciju terena i Upravitelja terena gdje se potvrđuju svojstva terena i eventualno nešto mijenja ako je potrebno. Da bi se na kraju prikazao teren koji je importiran potrebno je odabrati naredbu Vizualizacija terena i odabrati 3D prikaz te se dobiva ploha terena prikazana na slici 56.

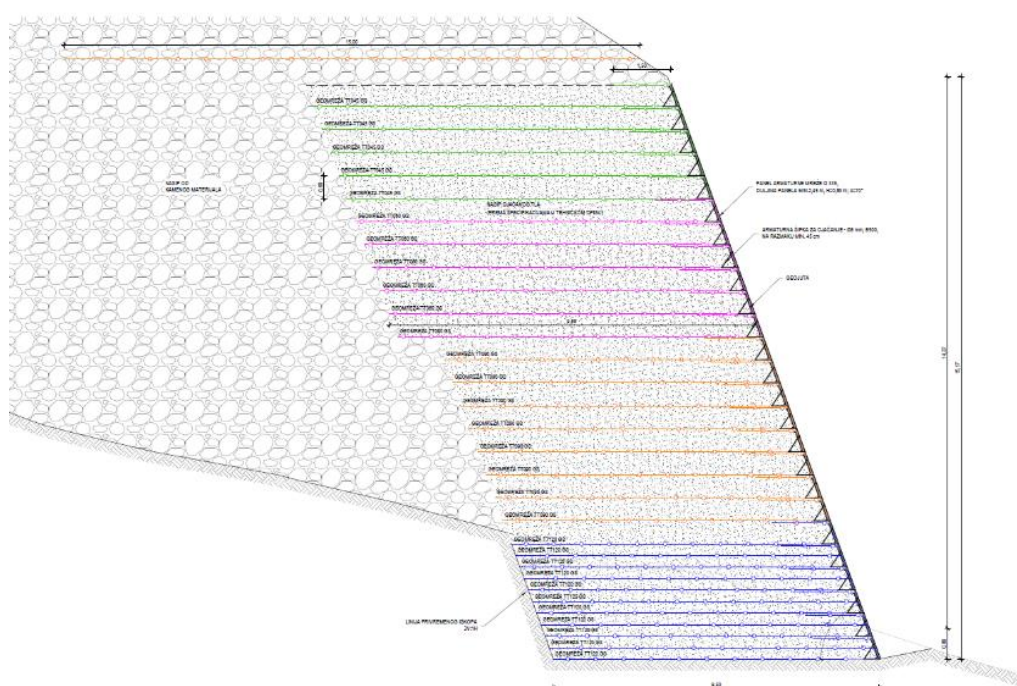


Slika 56. Korištene naredbe za import plohe u modulu Projektiranje prometnica

6.2.2. Modeliranje geomreža potporne konstrukcije od armiranog tla

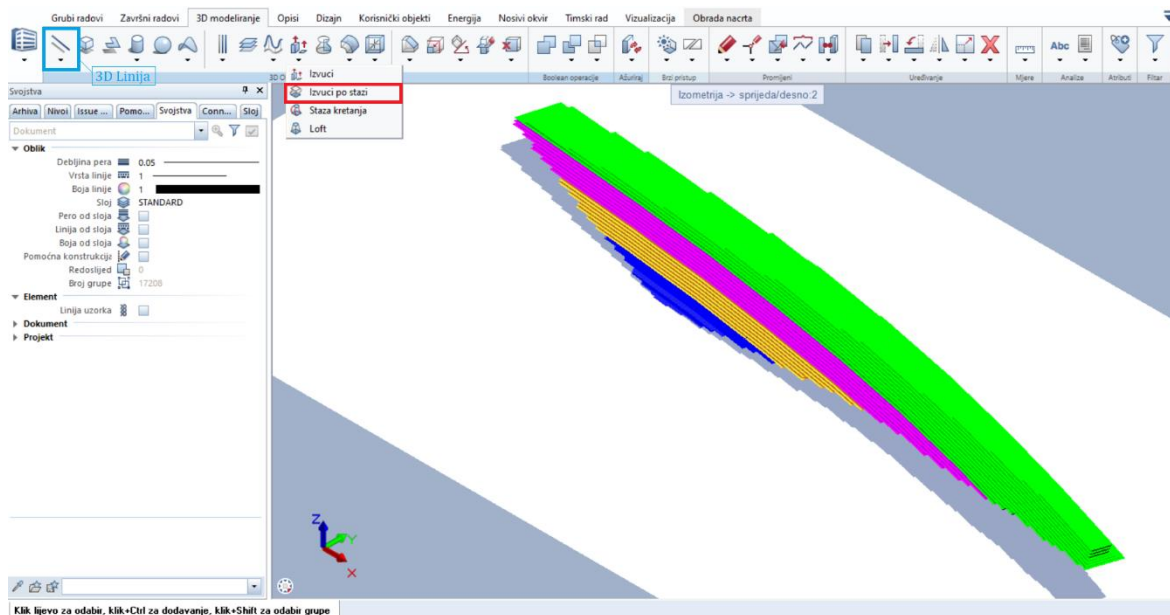
Potporna konstrukcija od armiranog tla sastoji se od četiri vrste geomreža koje su u Allplanu i normalnom poprečnom presjeku prikazane sljedećim bojama:

- geomreža TT 045 GS (zelene boje)
- geomreža TT 060 GS (roze boje)
- geomreža TT 090 GS (narančaste boje)
- geomreža TT 120 GS (plave boje)

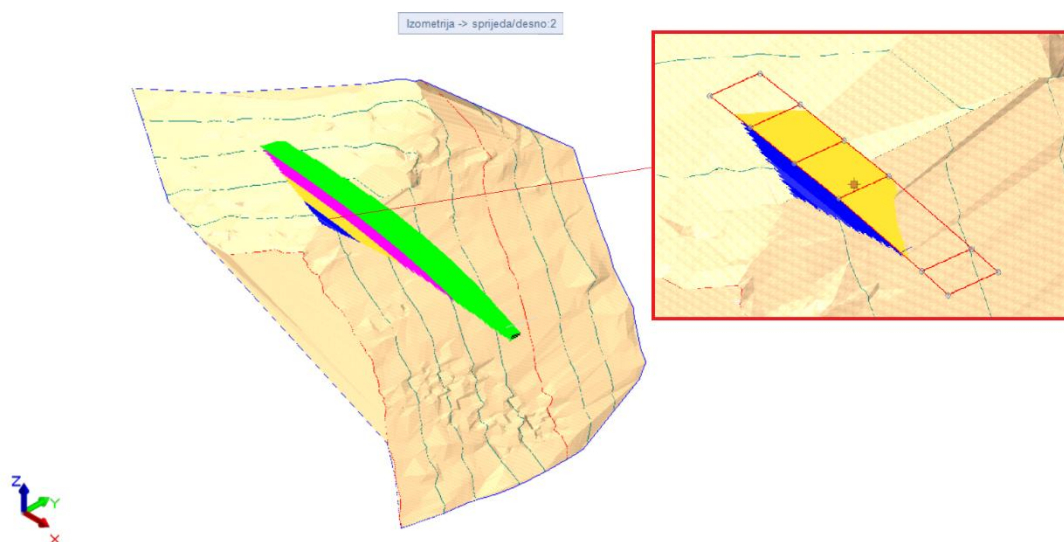


Slika 57. Normalni poprečni presjek ojačanog tla s geomrežama [31]

U stvarnosti geomreže su rađene s prijeklopima i određenim duljinama po širini, ali radi mogućeg prikaza tih geomreža u Allplanu, linije geomreža su u Autocadu napravljene kao polilinije sa zadanim visinama očitanim iz pogleda te zatim importirane u Allplan. Ravninska ploha geomreža dobivena je pomoću naredbe Izvuci po stazi (traka 3D modeliranje) gdje je trebalo označiti liniju importiranu iz CAD-a i novu nacrtanu 3D liniju pod pravim kutem. Slika 58. prikazuje donje linije geomreža i korištene naredbe, dok slika 59. prikazuje prikaz tih mreža u odnosu na teren.

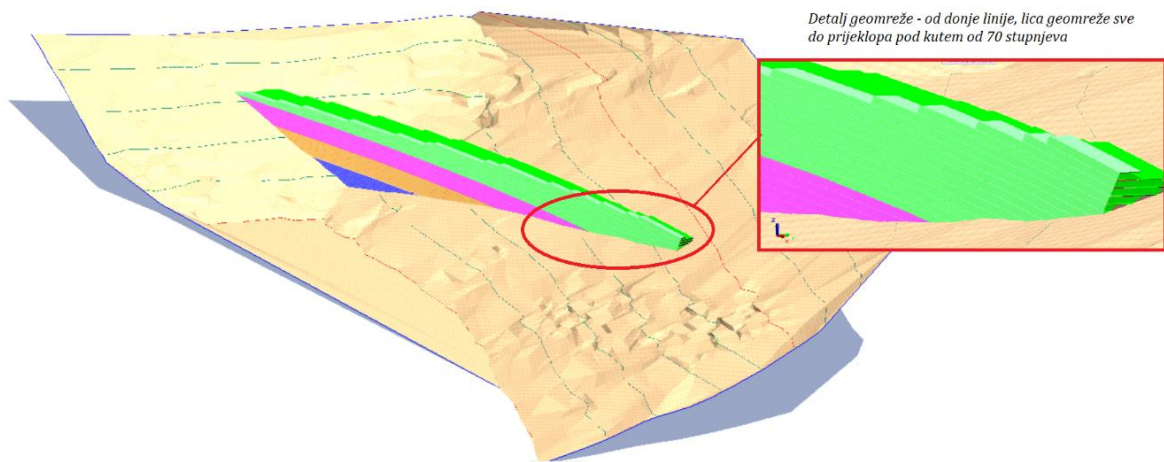


Slika 58. Donja linija geomreža i korištene naredbe

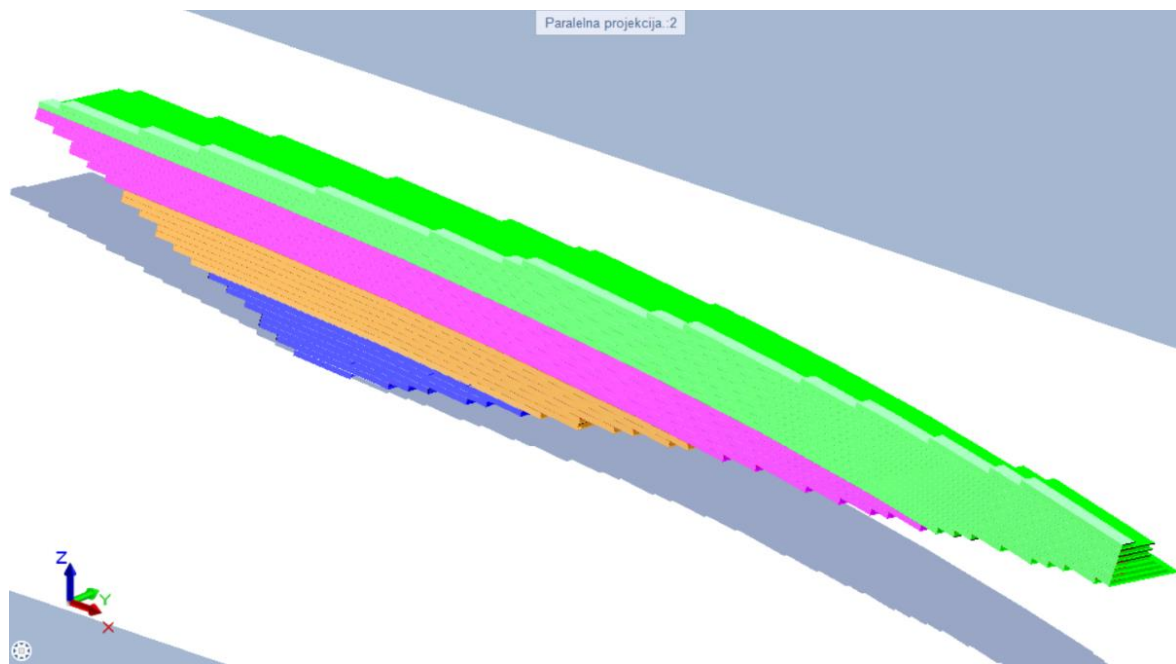


Slika 59. Prikaz geomreža u odnosu na teren s detaljem kako se usijeca u teren

Kako se svaki izvedeni sloj tla izvodi u nasipu od 70°, sljedeći korak u Allplanu je bilo crtanje lica geomreže i prijklopnog dijela geomreže duljine 1,5 metar kako bi se dočarao privid nasipa u nagibu. Vertikalni razmak geomreža TT 120 GS je na 30,0 cm, dok su sve preostale mreže na vertikalnom razmaku od 60,0 cm. U ovom dijelu se također koristi naredba *Izvuci po stazi* radi nepravilnog oblika samog armiranog zida i mogućnosti iscrtavanja zakrivljenih ploha.



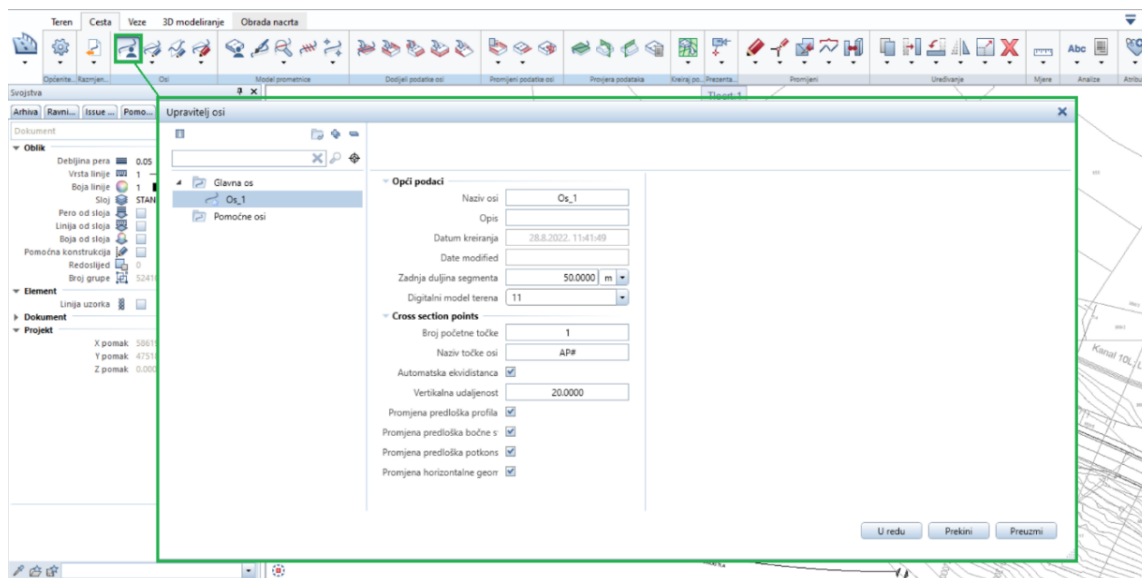
Slika 60. Prikaz geomreža – donja linija, lice, prijeklop



Slika 61. Cjelovit prikaz geomreže bez terena u koji usijeca

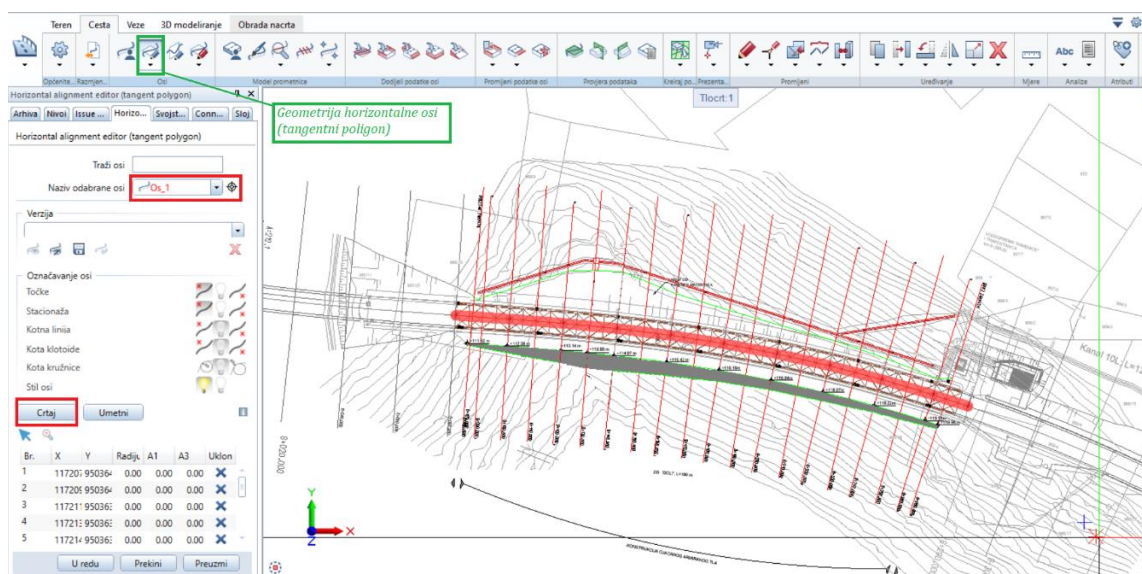
6.2.3. Modeliranje prometnice

Pristupna cesta uz potpurnu konstrukciju od armiranog tla napravljena je u modulu Projektiranje prometnica, akcijska traka Ceste, gdje se prvo pristupa naredbi Upravitelj osi kao što je prikazano na slici 62. Ovdje se dodaje os prometnice kojoj se dodjeljuju svojstva i ime koji su potrebni za daljnje dimenzioniranje ceste.



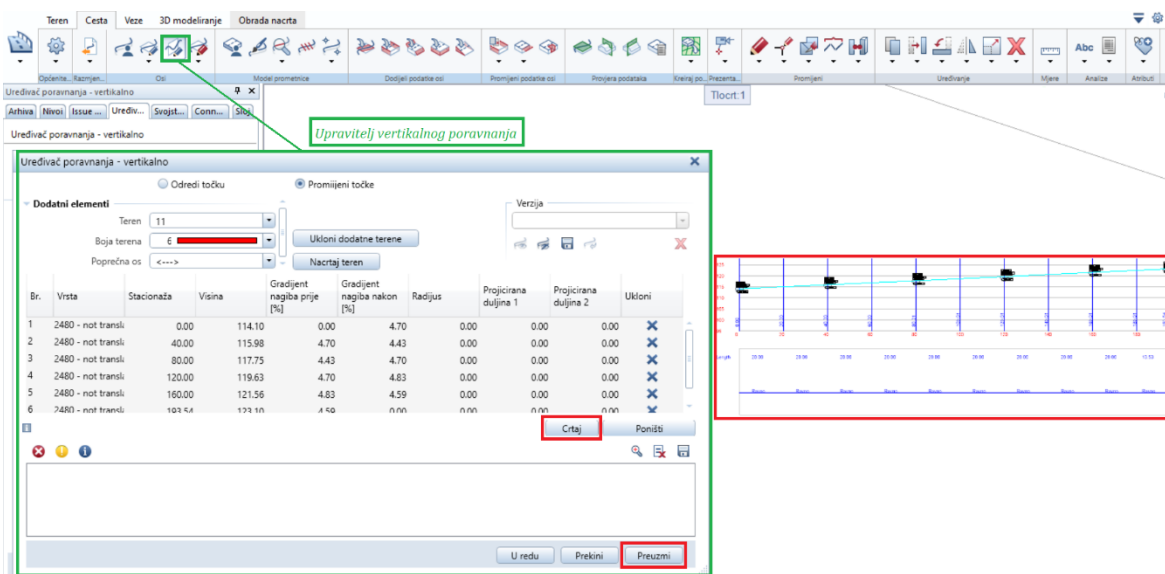
Slika 62. Upravitelj osi – svojstva

Sljedeći korak je ucrtavanje trase prometnice u naredbi Geometrija horizontalne osi (tangenti poligon) gdje se otvara izbornik s lijeve strane koji nudi naredbu „Crtaj“ pomoću koje se poligonalno crta buduća prometnica u prozoru Tlocrta. Također, nakon iscrtavanja moguće su promjene radijusa ceste u istom izborniku. Nakon dodjeljivanja svojstava potrebno ih je primijeniti na crtež pomoću opcije Preuzmi i U redu.



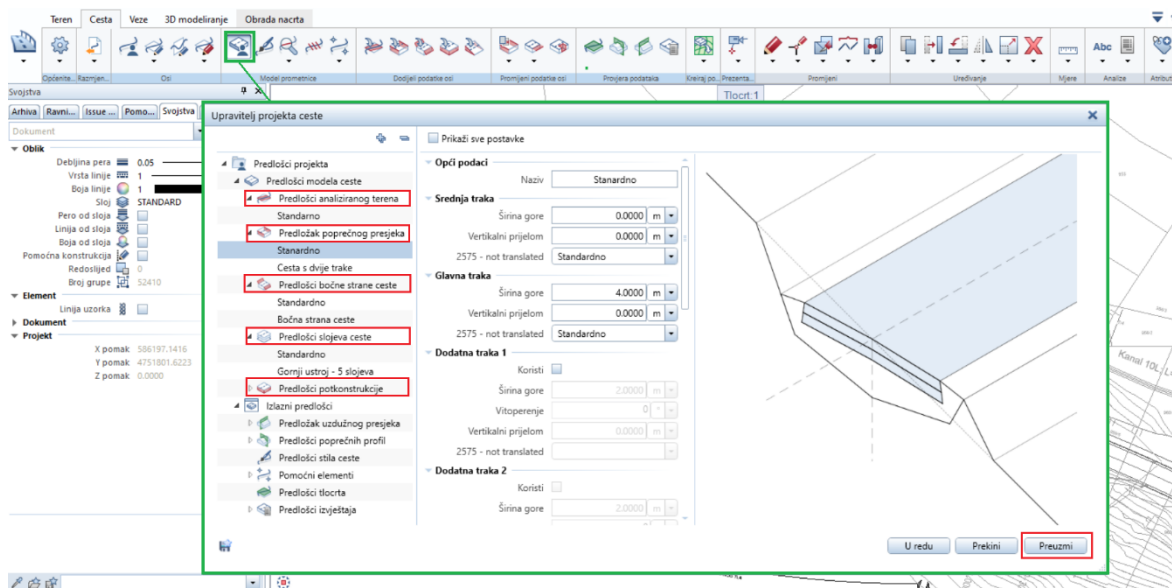
Slika 63. Geometrija horizontalne osi

Nakon što se prometnici odredila horizontalna os, potrebno je tu os i vertikalno definirati pomoću naredbe Upravitelj vertikalnog poravnjanja gdje se pojavi poprečni presjek označen crveno na slici 64. Uz to se otvara i izbornik Uređivač poravnjanja pomoću kojeg se dodjeljuju točke tom poprečnom presjeku. Nakon iscrtavanja moguće je promijeniti željenu visinu i kao u prethodnoj naredbi, potrebno je primijeniti to na crtež pomoću opcije Preuzmi i U redu.



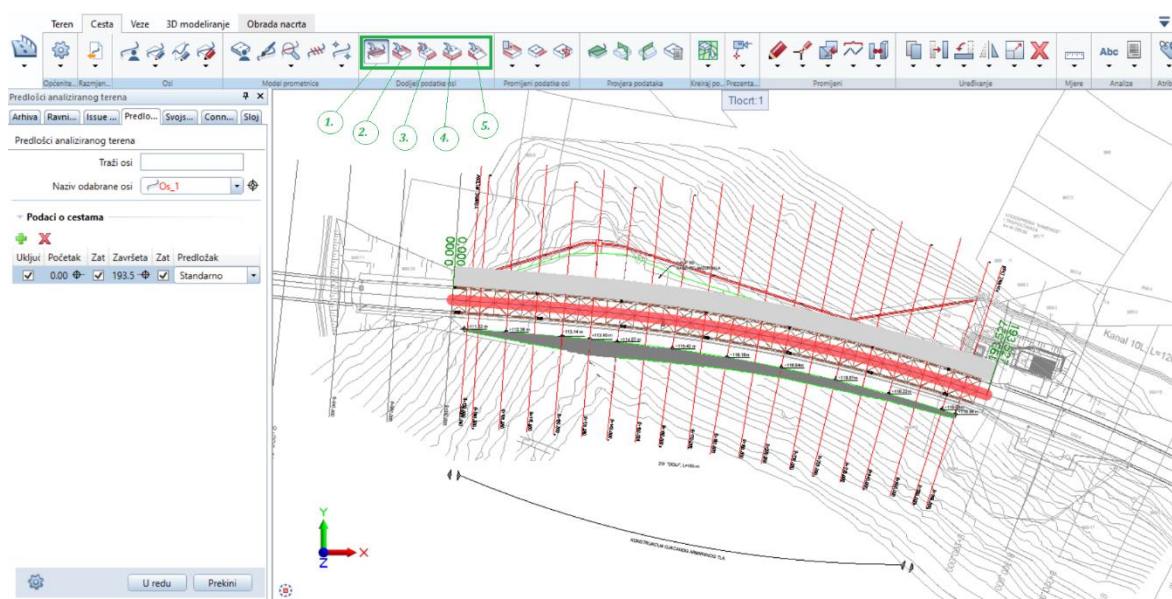
Slika 64. Upravitelj vertikalnog poravnjanja

Za definiranje poprečnih presjeka ceste odabire se naredba Upravitelj projekta ceste gdje se ulazi u izbornik u kojem se definiraju predlošci koji sadrže sva svojstva konstrukcije i njenog prikaza te je bitno napomenuti kako se oni mogu mijenjati u Upravitelju projekta cesta u bilo kojem trenutku. Svaki od tih predložaka koji su označeni crvenom bojom na slici 65. se mogu uređivati, kopirati ili spremati kao favoriti kako bi se mogli ponovno koristiti u bilo kojem projektu. U ovom izborniku zadaju se svi parametri ceste poput naziva, širine trake, nadvišenja, slojeva gornjeg i donjeg ustroja, oblika bočnih strana poput vrste jarka s dubinom i širinom i slično. Nakon što su ti svi parametri definirani, izabire se opcija Preuzmi kako bi sve dodijelilo osi koja je prethodno kreirana te se nakon toga se odabire opcija U redu.



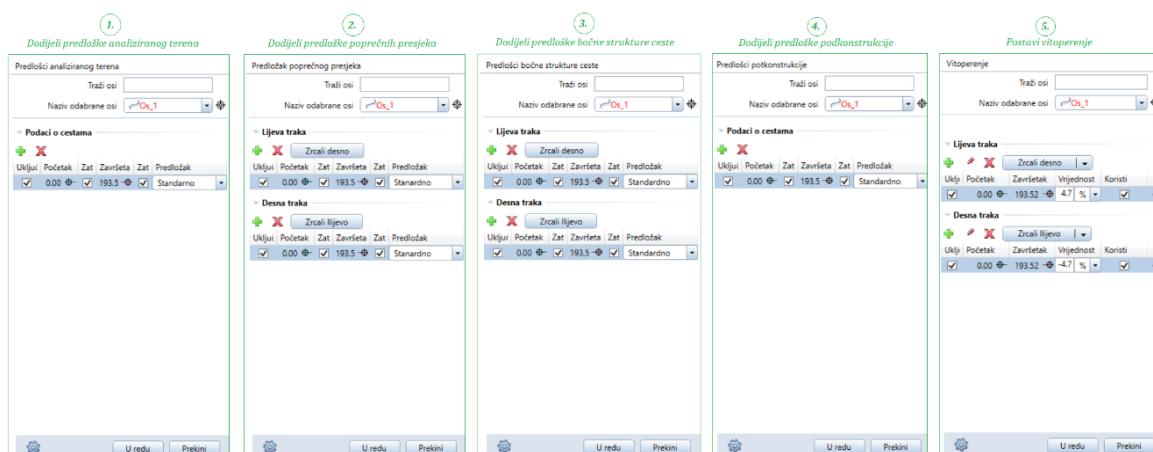
Slika 65. Upravitelj projekta ceste

Posljednji korak dimenzioniranja prometnice je dodjeljivanje zadanih parametara pomoću skupine naredbi Dodijeli podatke osi koja se sastoji od pet takvih naredbi koje su označene na slici 66. Odabirom jedne od naredbi otvara se izbornik s lijeve strane Allplana u kojem je potrebno odabrati os kojoj se želi pridružiti svojstva te je ponuđen zeleni plus pomoću kojeg se prelazi duž trase s kursorom. Trase ceste prelazi se s kursorom s lijeva na desno te nakon završetka označivanja na izborniku se pojavi početna i krajnja točka stacionaže koja obuhvaća dodijeljene parametre, ali i predložak poprečnog presjeka koji se koristi.



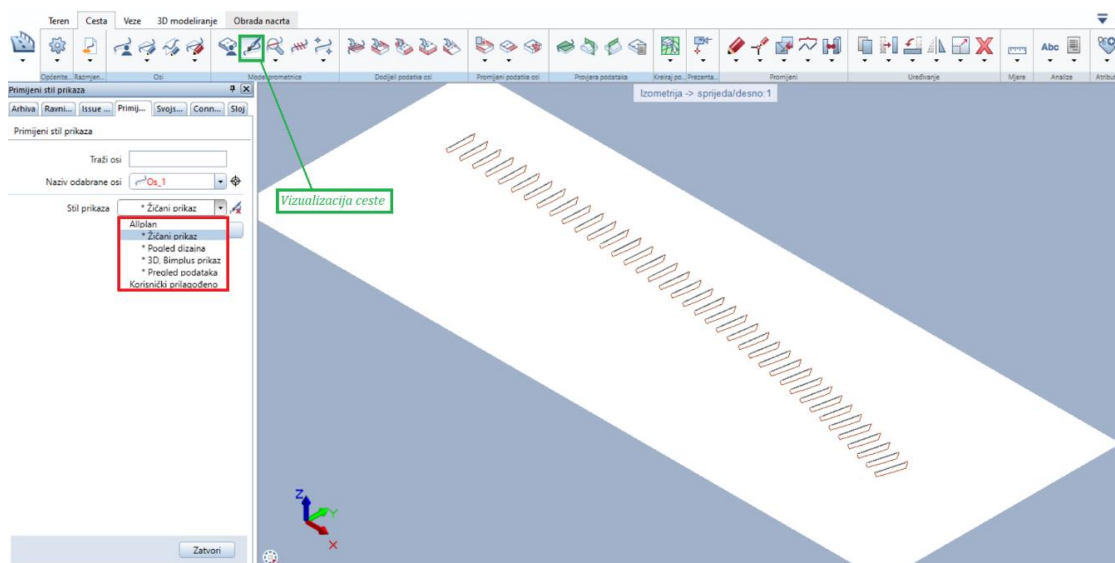
Slika 66. Dodijeli podatke osi – pet bitnih naredbi

Postupak se ponavlja za svaku od tih naredbi čiji su izbornici prikazani slikom 67. Kod nekih naredbi potrebno je dodijeliti poprečne presjeke na obje strane ceste te se stoga koristi opcija Zrcali (kopira podatke) kako bi se ubrzao i olakšao postupak označivanja. Naredba Postavi Vitoperenje se definira s lijeve i desne strane trake te je potrebno, ako se želi imati isti nagib ceste kao u ovom slučaju, nagib s jedne strane postaviti kao pozitivan, a s druge negativan.



Slika 67. Izdvojeni izbornici pojedinih naredbi sa dodijeljenim svojstvima

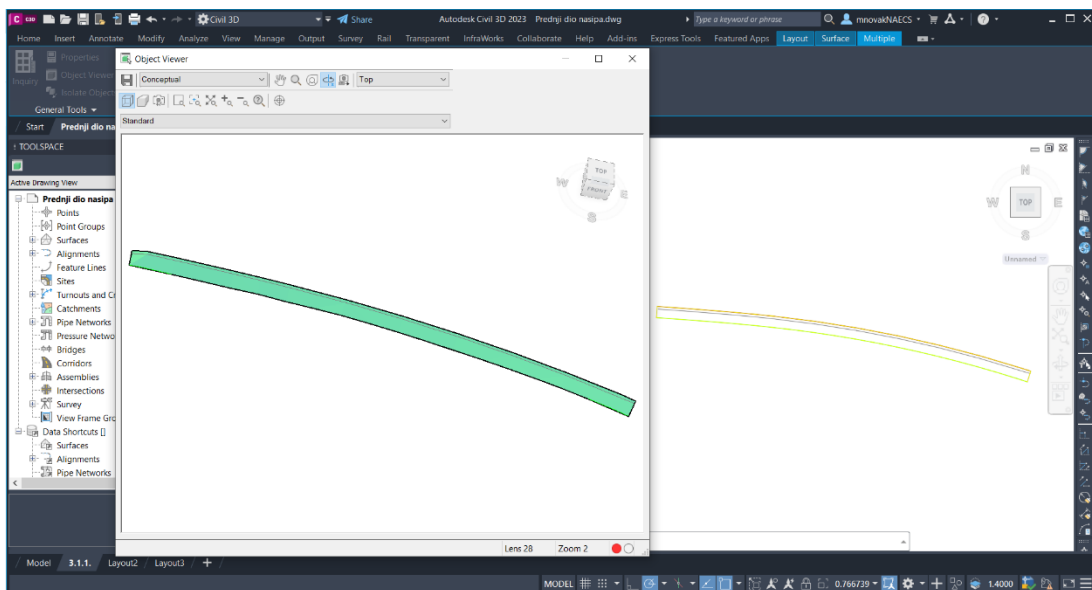
Nakon dimenzioniranja ceste, preostalo je još prikazati njen izgled te se odabire naredba Vizualizacija ceste u kojoj se može birati stil prikaza u ponuđenom lijevom izborniku. Slika 68. prikazuje žičani prikaz modela čisto da prikaže jedan od stilova. U ovom radu izabran je 3D BimPlus prikaz koji će biti prikazan kasnije u radu kako bi se što realističnije prikazala prometnica.



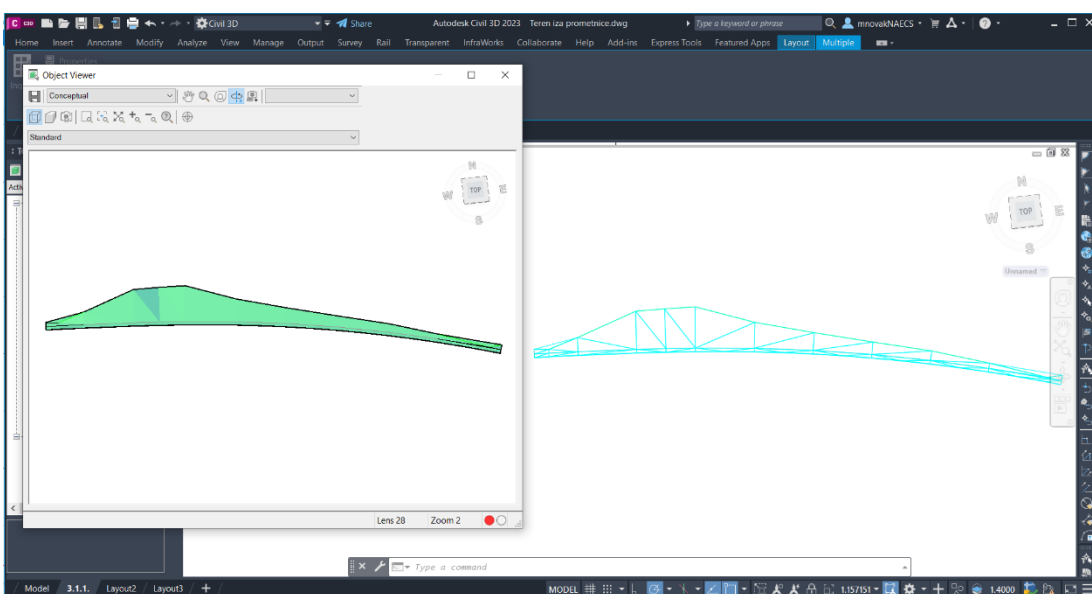
Slika 68. Vizualizacija ceste – žičani prikaz

6.2.4. Modeliranje ploha nasipa i armaturnog panela

Potporna konstrukcija od armiranog tla rađena je u slojevima do željene visine gdje je na nju trebalo nasipati kameni materijal koji ide sve do prometnice, ali i iza nje. Kako bi se što vjernije pokazao prikaz nasipa, u *Autocadu* su dodijeljene visine polilinjama koje ocrtavaju te nasipe te su izvučene plohe u *Civil 3D-u* na isti način kao i sam teren. Slike 69. i 70. prikazuju dobiven plohe nasipa u *Civil 3D-u* koje su također exportane u *LandXML* datoteci i u ubačene u *Allplan* na isti način kao i teren.

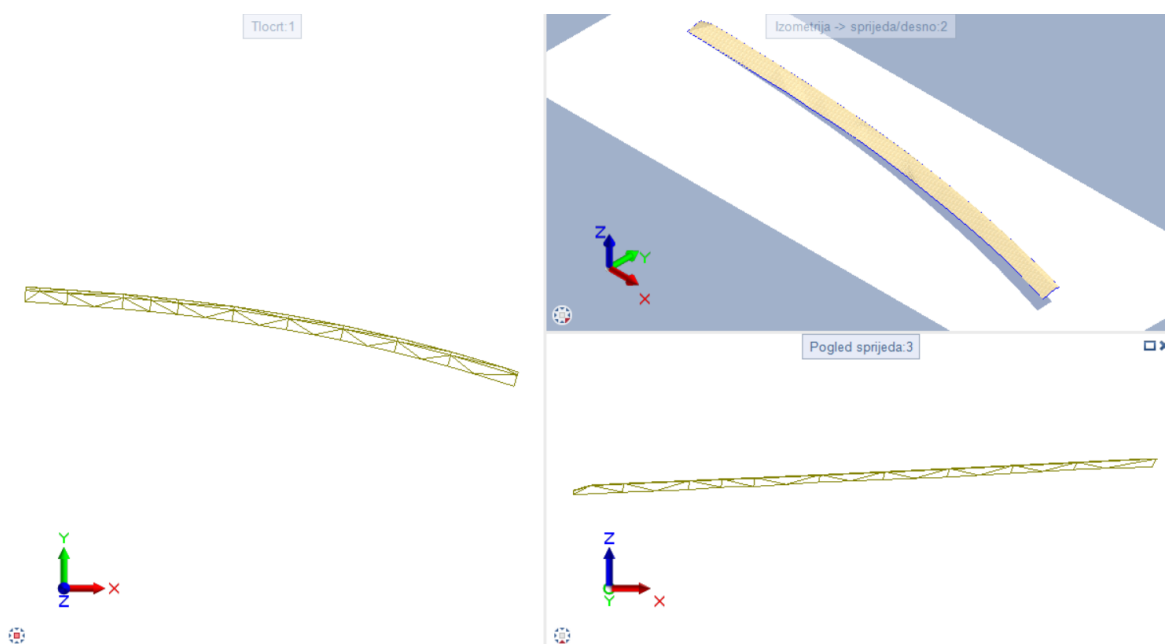


Slika 69. Ploha prednjeg dijela nasipa

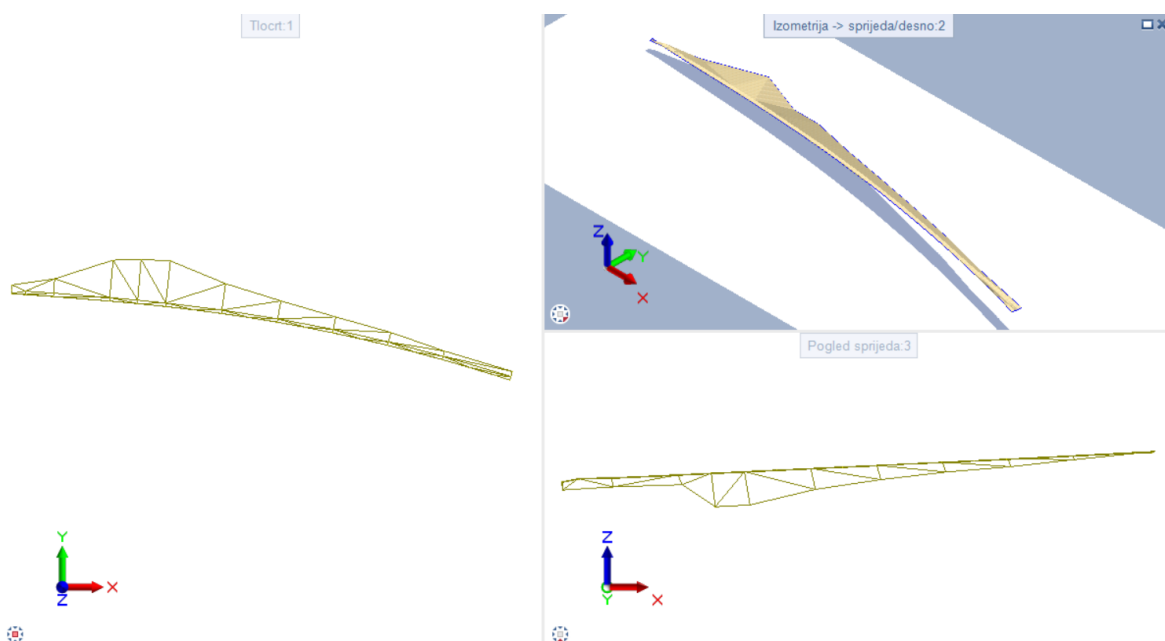


Slika 70. Ploha drugog dijela nasipa

Slike 71. i 72. prikazuju dobivene plohe nasipa u Allplanu u tlocrtu, pogledu sprijeda te izometriji.



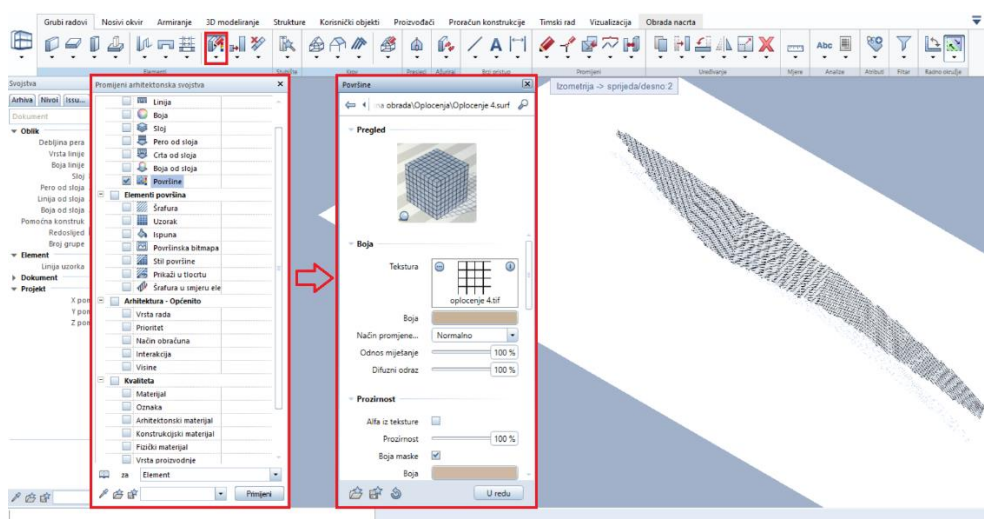
Slika 71. Ploha nasipa ispred prometnice



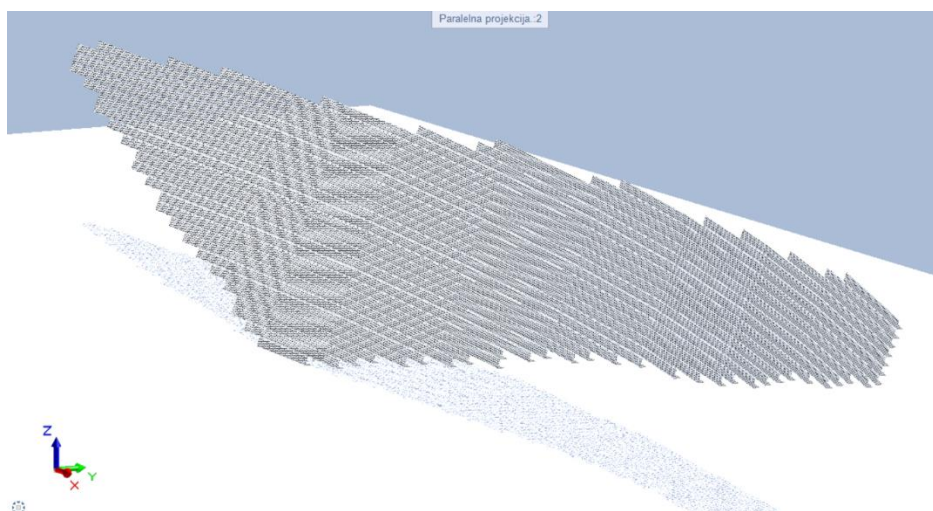
Slika 72. Ploha nasipa iza prometnice

Armaturni panel kojeg čini armaturna mreža ukrućena sponama se u potpornoj konstrukciji od armiranog tla izvodi u nagibu od 70° s prijeklopom koji se podudara s ravninama i licem geomreže te se dodatno ukrućuje ugradnjom spona na određenom razmaku. Kako je teren specifičnog oblika nije bilo moguće izvesti te panele jedan do drugoga u Allplanu, ali da se ipak prikaže korištene su iste opcije naredbi za prikazivanje ravninskih ploha kao i kod geomreža, ali s jednom bitnom razlikom. Korištena je naredba Promijeni arhitektonska svojstva koja se nalazi u akcijski traci Grubi radovi kako bi što bolje prikazala svojstva armaturnog panela prikazanog na slikama 73. i 74.

Detalj armaturnog panela ukrućenog sponama bit će prikazan u sljedećem poglavlju gdje se prikazuje njegova izrada u modulu Konstrukterstvo, akcijska traka Armiranje.

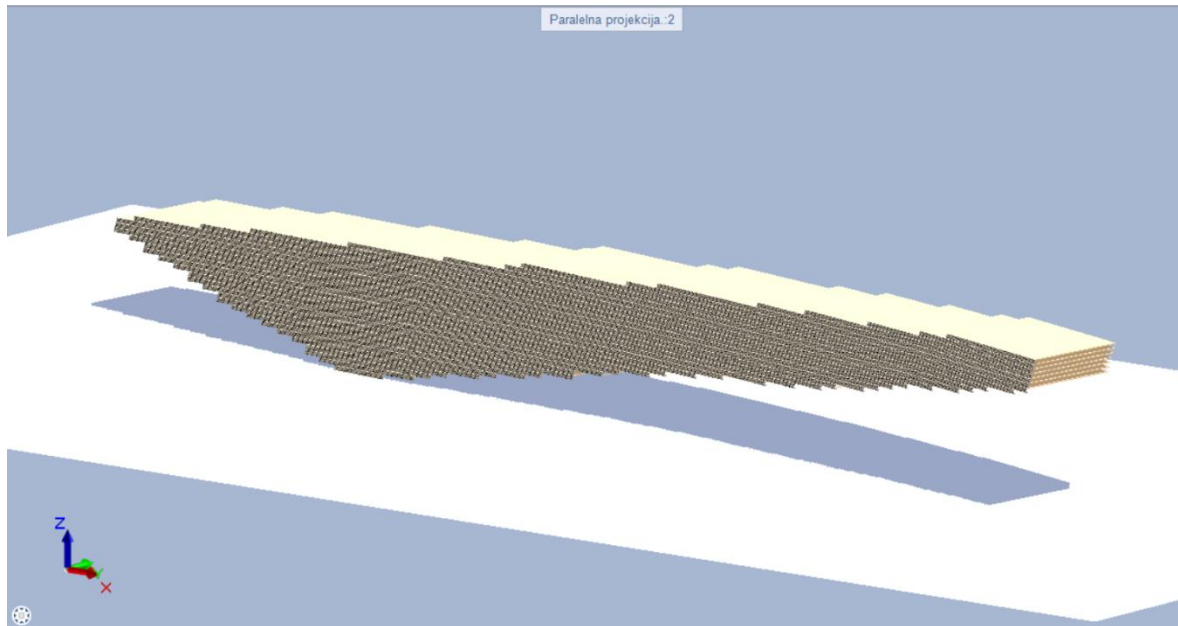


Slika 73. Korištenje naredbe Promijeni arhitektonska svojstva

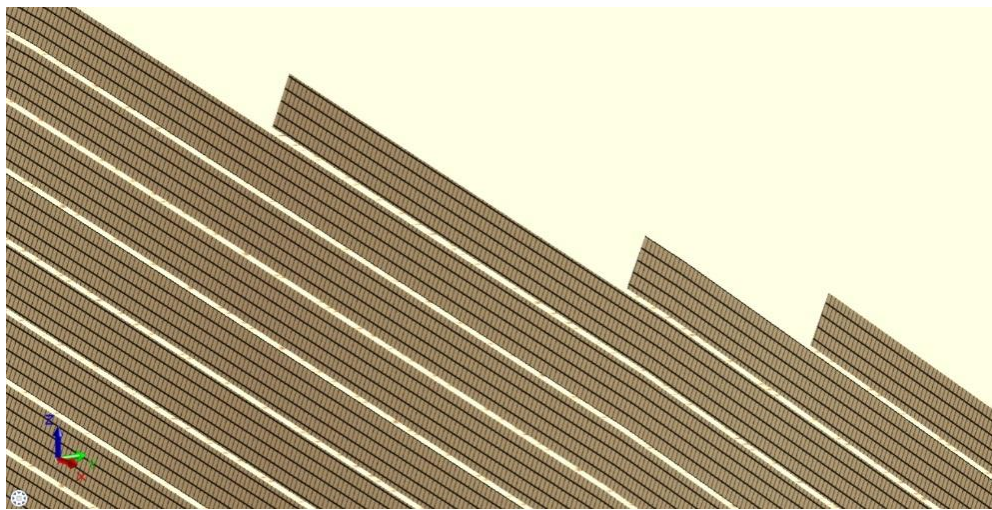


Slika 74. Prikaz dodijeljenog svojstva armaturne mreže

Slika 75. prikazuje promijenjena svojstva armaturnog panela i dodane ravnine koje simboliziraju tlo kako bi se što bolje prikazalo armirano tlo.



Slika 75. Prikaz armiranog tla

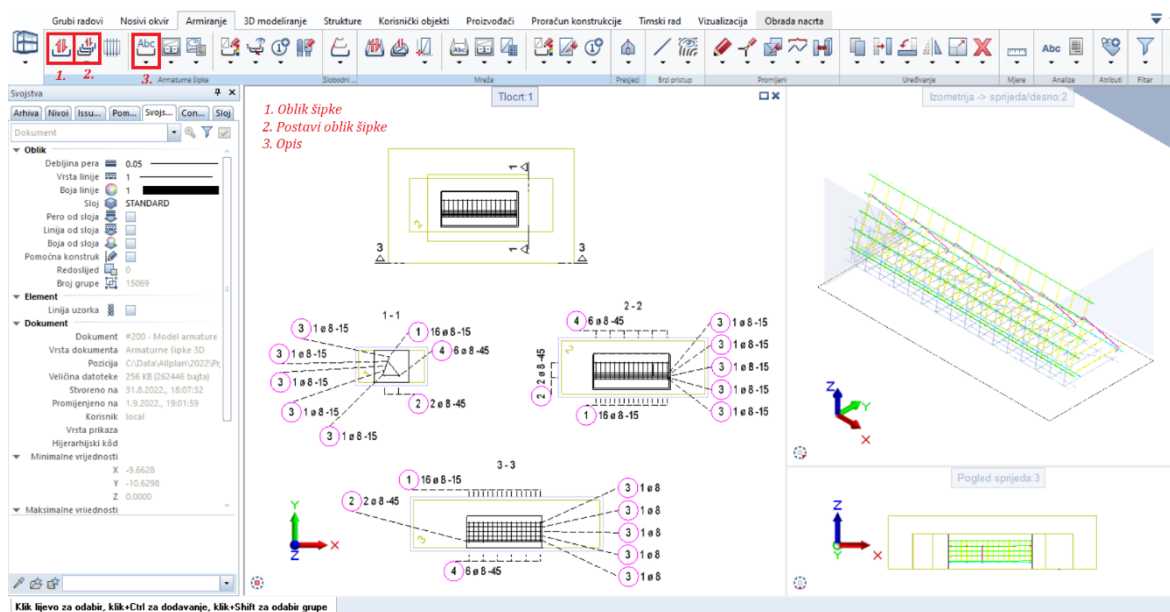


Slika 76. Detalj armaturne mreže prikazan izbliza

6.3. Detalj armaturnog panela

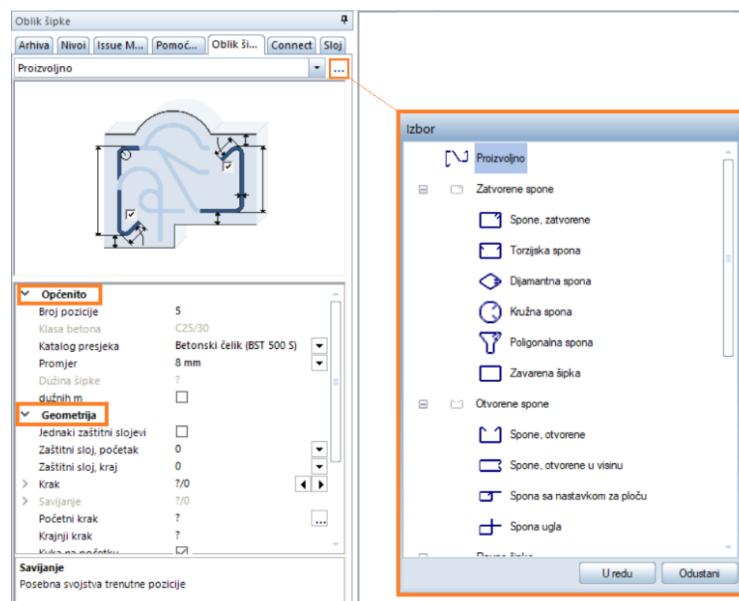
Detalj armaturnog panela prednjeg lica koji se sastoji od armaturne mreže ukrućene sponama rađen je u modulu Konstrukterstvo, na kartici Armiranje. Općenito, prije nego li se počne raditi armiranje u Allplanu potrebno je napraviti presjeka elementa u koji će biti smještena armatura. U ovom slučaju napravljen je 3D oblik kvadra gdje su napravljena tri presjeka radi lakšeg i preglednijeg ubacivanja armature.

Elementu kvadra dodijeljena je prozirna površina pomoću naredbe Promijeni arhitektonska svojstva kako bi se bolje vidjela napravljena armatura. Nakon toga započinje se s radom armature gdje su korištene naredbe označene na slici 77. koja prikazuje gotov crtež.



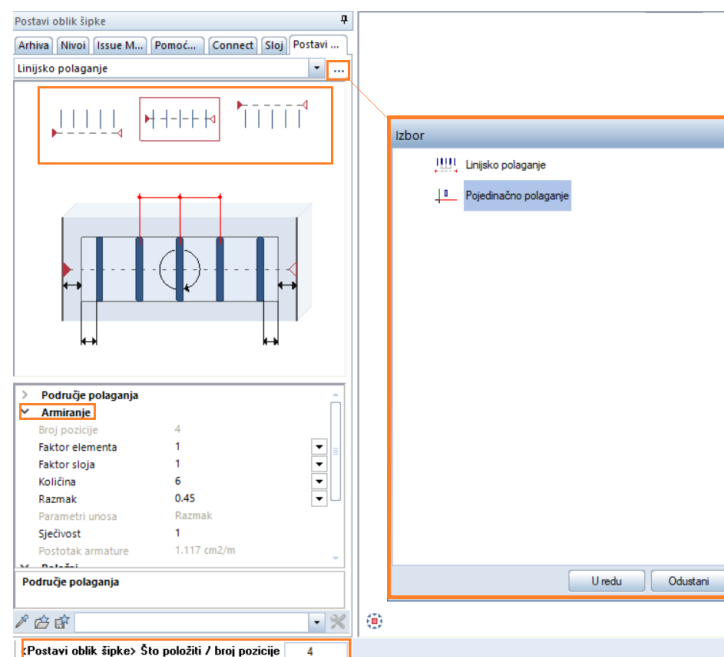
Slika 77. Korištene naredbe za dobivanje armature

Prva naredba koja se koristi je Oblik šipke gdje se preko padajućeg izbornika bira kakav oblik šipke će se dodijeliti crtežu kao što je prikazano na slici 78. Pritiskom na ikonicu s tri točke nudi se paleta širokog izbora šipki. Osim toga, izbornik nudi općenite postavke gdje se može dodijeliti broj pozicije, katalog presjeka, promjer i duljina šipke te geometrijske postavke poput kuta i dužine kuke i slično. Nakon dodjele svojstava, šipka se postavlja ručno u jedan od presjeka. U ovom radu korištena je proizvoljna šipka koja je predstavljala jedan dio armaturne mreže.



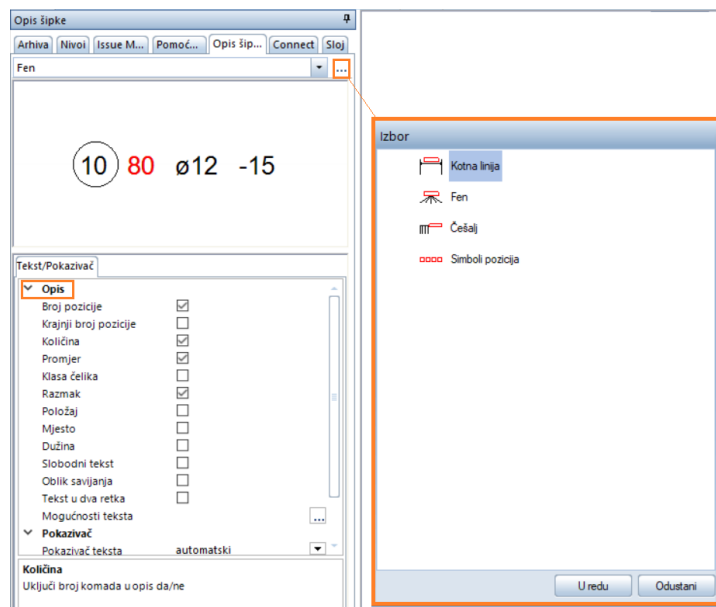
Slika 78. Izbornik naredbe Oblik šipke

Sljedeća naredba koja se koristi je Postavi oblik šipki gdje se također otvara izbornik prikazan slikom 79. Pomoću ove naredbe odabire se jedna od tri osi postavljanja armature gdje crveni pokazivač pokazuje početnu točku dok bijeli pokazivač pokazuje krajnju točku između kojih će se postaviti armatura. U ovoj naredbi bira se dužina polaganja, razmak i količina šipki kojih se postavlja. Osim što je ovdje moguće polaganje šipki po pravcu, također se omogućava točkasto polaganje koje je korišteno u ovom radu nakon postave prvog oblika šipki kako bi se što vjernije pokazao detalj.



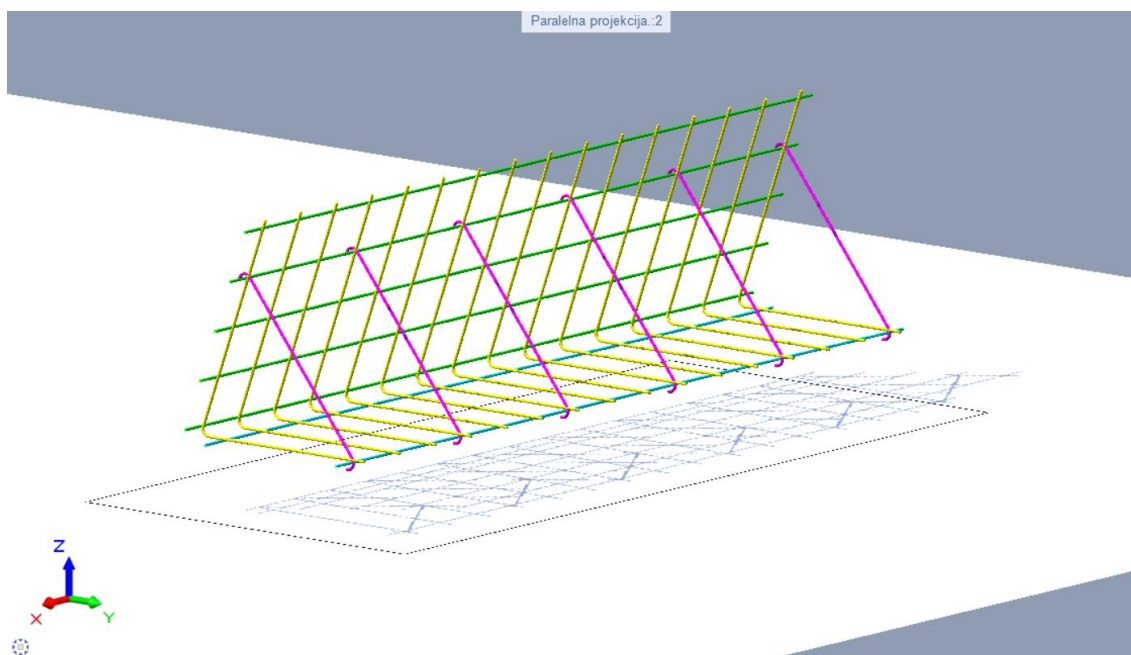
Slika 79. Izbornik naredbe Postavi oblik šipki

Posljednja stavka armiranja u ovom radu je korištenje naredbe Opis koja nudi različite mogućnosti opisivanja armaturnih šipki. Klikom na naredbu otvara se izbornik prikazan slikom 80. gdje se mogu uključivati i isključivati elementi. Isto tako može se birati vrsta opisa, kao što je kotna linija, fen, češalj ili simboli pozicija.



Slika 80. Izbornik naredbe Opis

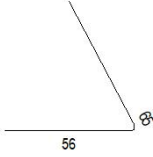


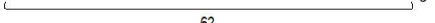
Slika 81. prikazuje krajnji rezultat armaturnog panela napravljenog u Allplanu pomoću naredbi Opis šipke i Postavi oblik šipki.



Slika 81. Detalj armaturnog panela

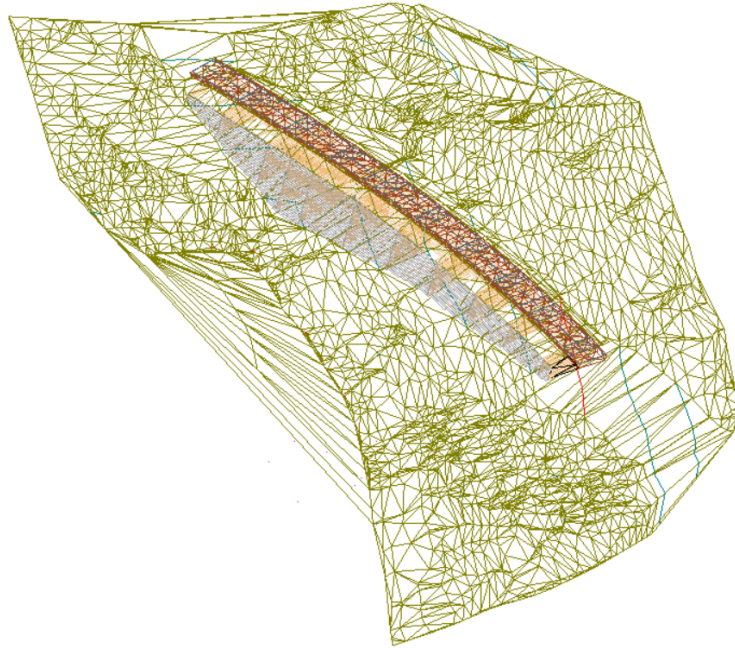
U nastavku prikazan iskaz količina koji je dobiven pomoću naredbe Izvještaji armature u Allplanu.

Sve šipke

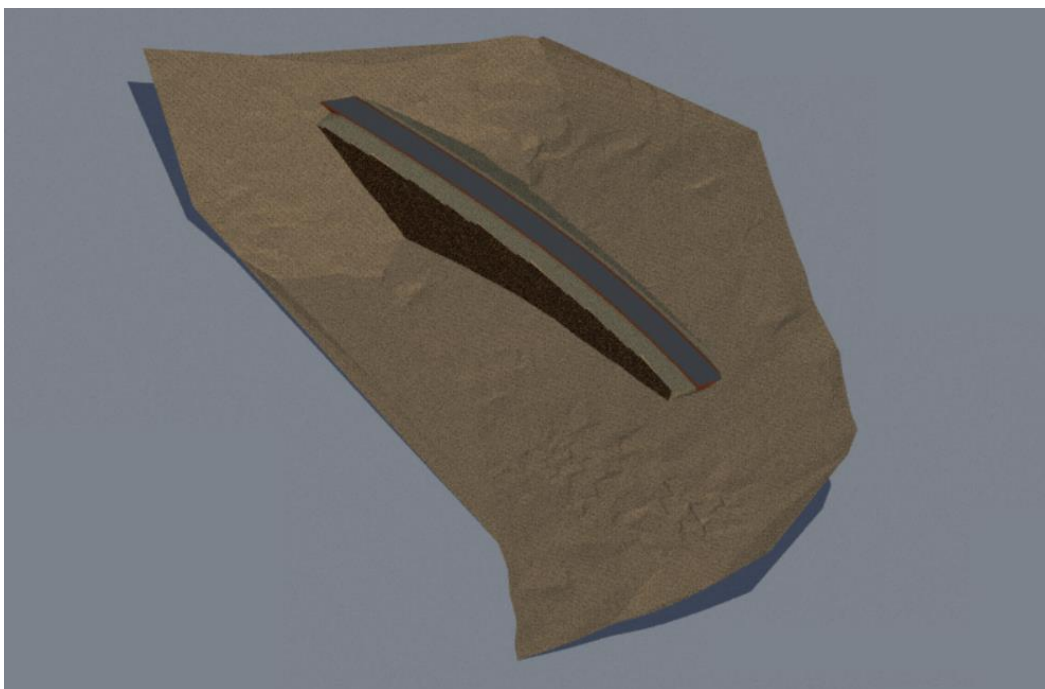
Pozicija	Komada	Ø [mm]	Kotirani oblik	Pojedinačna duljina [m]	Ukupna duljina [m]	Težina [kg]
3D model armaturnog dijela						
1	16	8		1.21	19,36	7,65
2	2	8		2.38	4,76	1,88
3	5	8		2.38	11,90	4,70
4	6	8		0.68	4,08	1,61
Suma 3D model armaturnog dijela						15,84
Zbroj svih elemenata						15,84
Broj faza						1
Ukupna težina						15,84

6.4. Cjelokupni prikaz modela

Allplan je program koji nudi mnogobrojne prikaze vizualizacije u različitim pogledima. Na slikama 82. i 83. prikazan je cjelokupan model armiranog tla i prometnice u žičanom i RTRender pogledu.

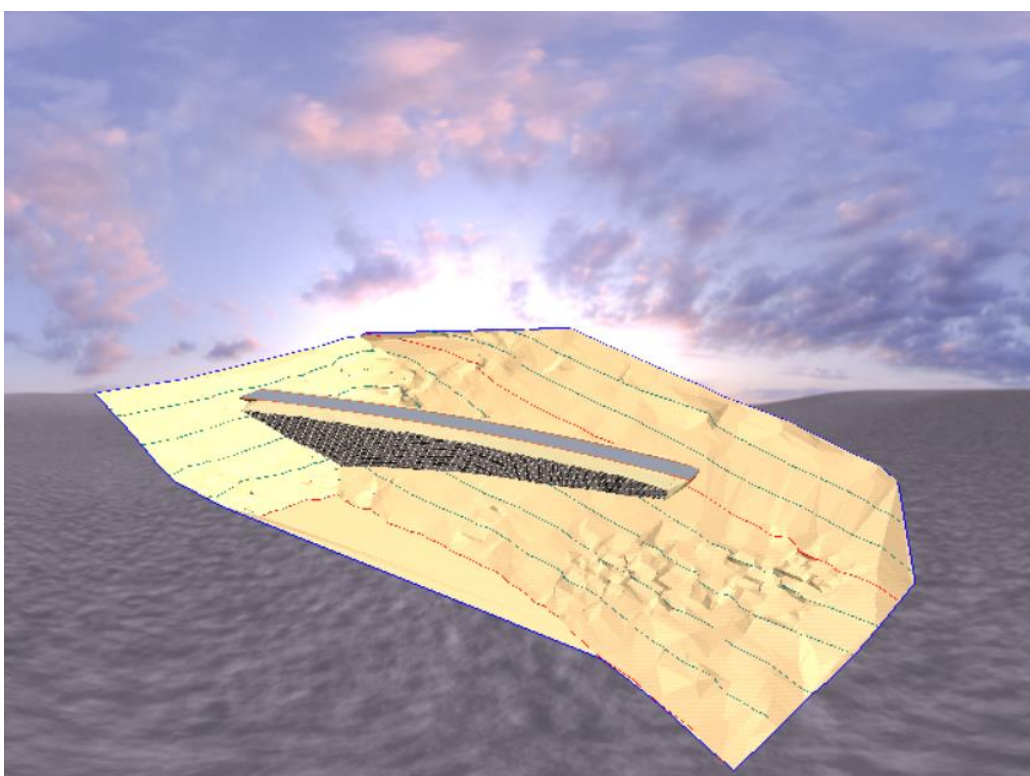


Slika 82. Žičani pogled



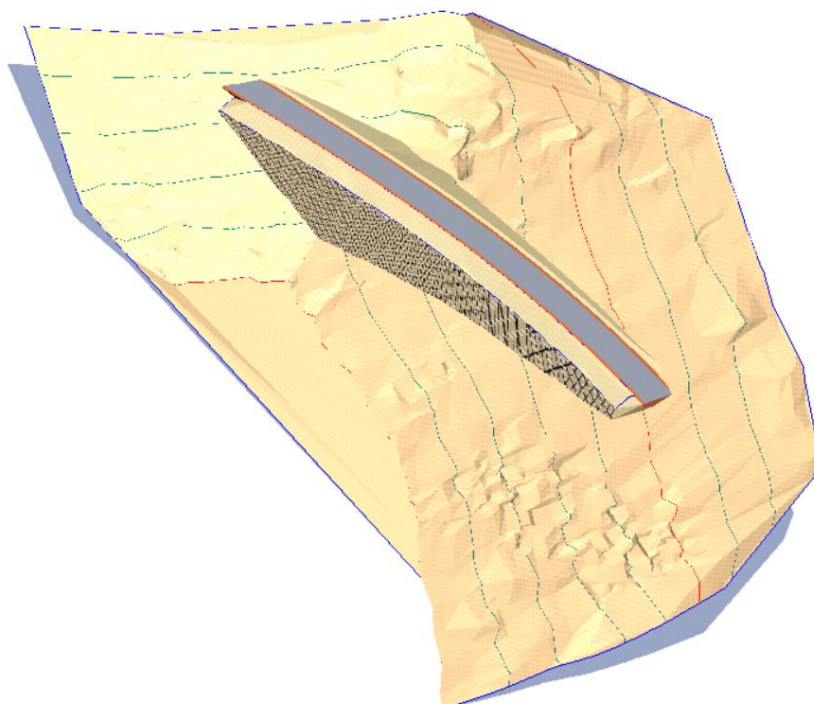
Slika 83. RTRender pogled

Također, Allplan nudi promjenu pozadine 3D modela u jednu od mogućnosti kao što je Boja, Fizičko nebo i Korisnički podaci koja se nudi u izborniku Okoliš, akcijske trake Vizualizacija u modulu Arhitektura. U opciji Boja bira se neka od boja u ponuđenoj paleti ili koristi kapaljka pomoću koje se može dodijeliti neka boja iz prikaza modela. Opcija Fizičko nebo simulira svijetlo ispod čistog neba gdje je pozadina i dalje siva, ali se uzima u obzir svijetlo dana i kut gledanja. Na kraju, opcija Korisnički podaci služi za biranje pozadine iz dodijeljenih mapa u Allplanu s različitim teksturama pozadina, ali ima i specifičnu mapu *HDRI Skies* koja nudi pozadinu s nebom kao što je prikazano na slici 84.

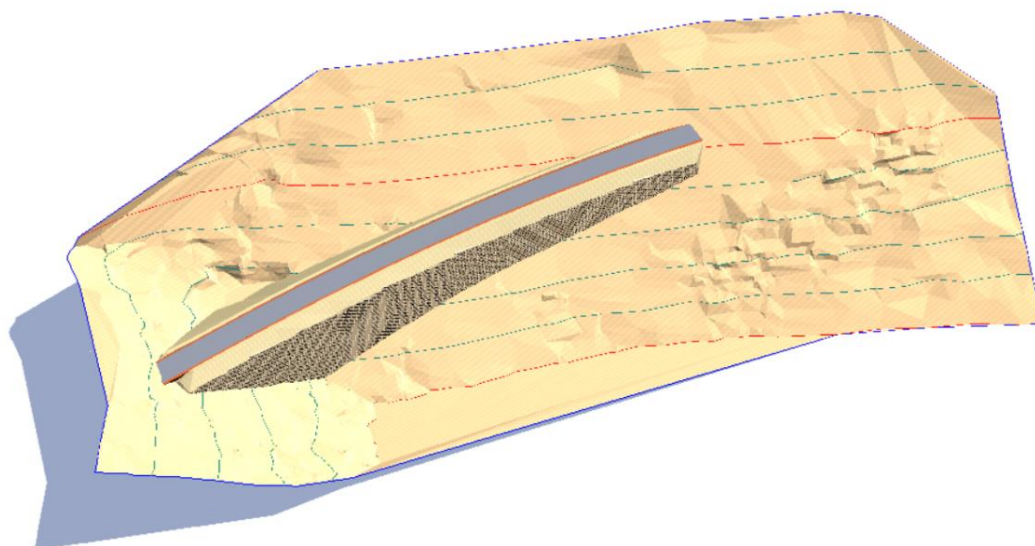


Slika 84. Model sa promjenom pozadine

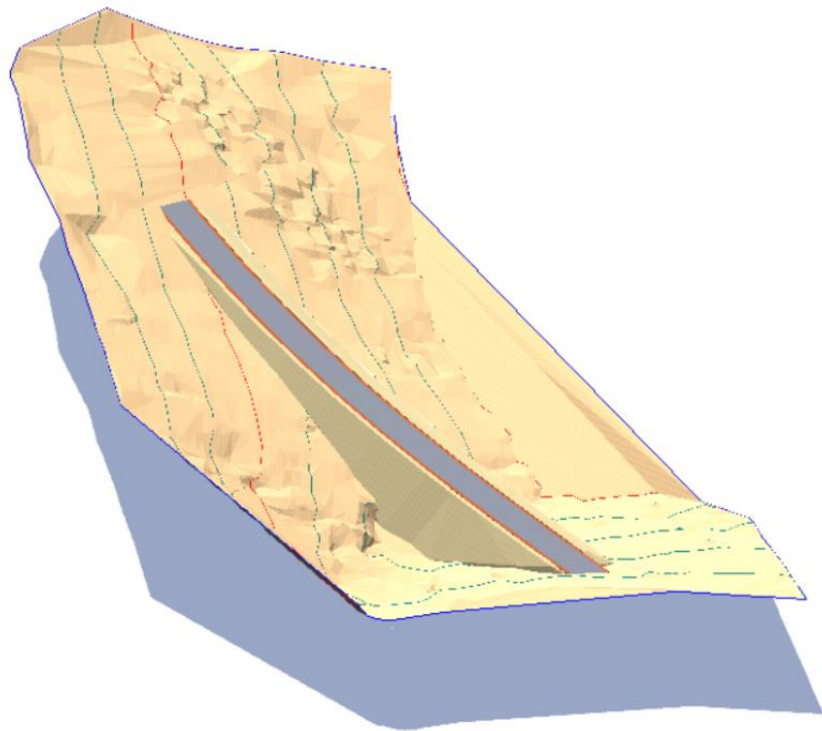
U sljedećim slikama dobiveni 3D model je prikazan u pogledu animacije (izometrija) s različitih strana kako bi se dočarao cjelokupan pogled na model i kako on izgleda.



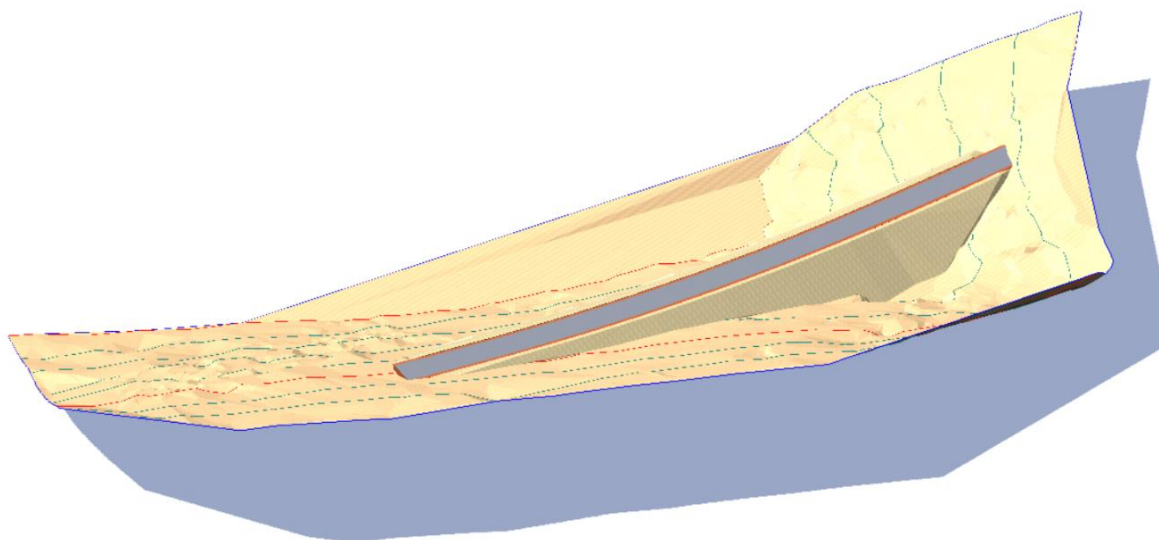
Slika 85. Jugoistočni pogled na model – najčešći prikaz modela



Slika 86. Jugozapadni pogled na model

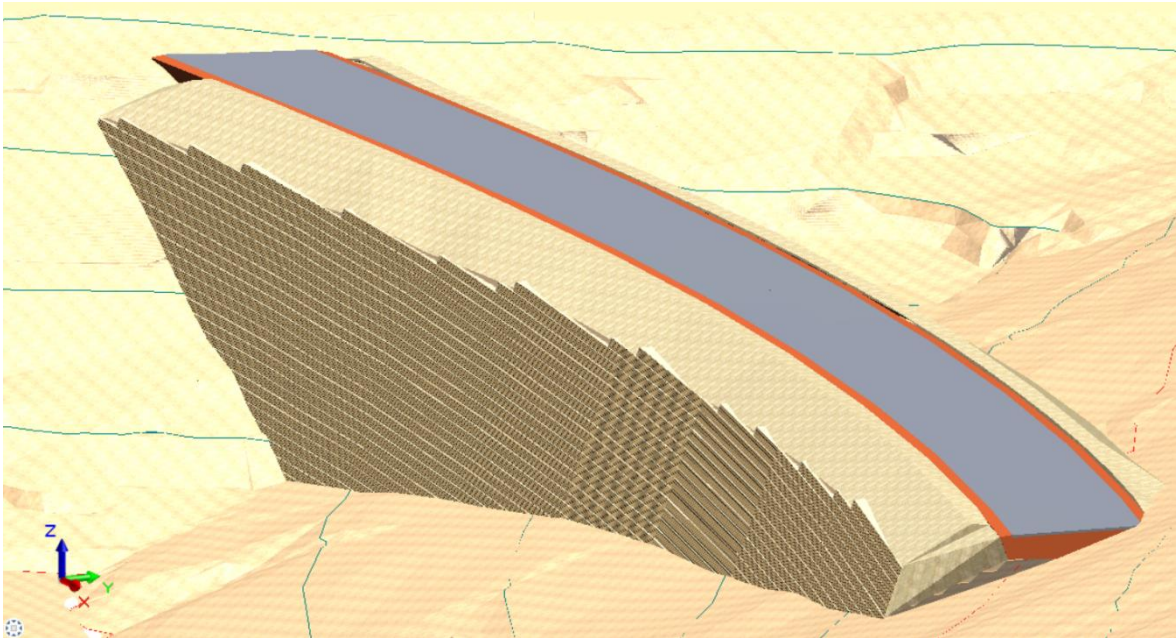


Slika 87. Sjeverozapadni pogled na model

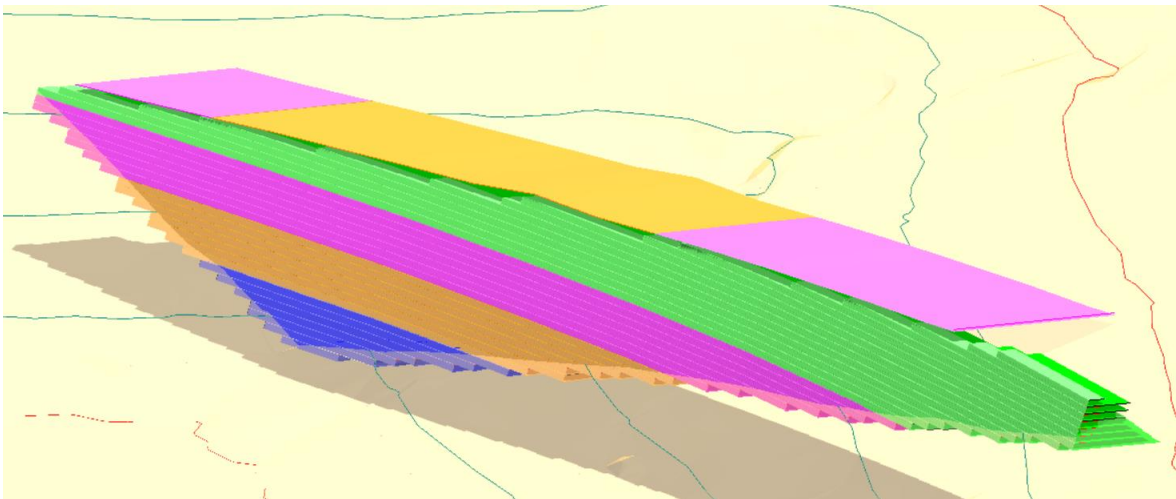


Slika 88. Sjeveroistočni pogled na model

Slika 89. prikazuje približni 3D model armiranog tla i prometnice u pogledu perspektive kako bi se što bolje prikazali detalji, dok slika 90. prikazuje geomreže koje se nalaze ispod cijele konstrukcije te je modelu terena dodijeljena transparentna površina u svrhu prikaza kako plohe geomreža zasijecaju teren.



Slika 89. Približni prikaz 3D modela u perspektivi



Slika 90. Prikaz geomreža kroz transparentnu površinu terena

7. ZAKLJUČAK

Primjena BIM pristupa u današnje doba postaje standard koji se zasniva na inteligentom i podacima bogatom modelu koji služi kao dobar temelj za projektiranje, izradu i suradnju kroz sve faze građevinskog projekta. Kao glavna značajka BIM pristupa je BIM projekt i BIM softverski alati koji daju različite poglede i prikaze 3D modela te prilagođavanje tih svojstava ako se to zahtijeva u projektu. Iako se najčešće BIM model objašnjava kao digitalna prezentacija neke građevine, taj model je različiti po pitanju visokogradnje i niskogradnje.

U počecima primjene BIM pristupa bila je prisutna velika razlika između niskogradnje i visokogradnje posebice radi toga jer je modele visokogradnje puno lakše opisati i formirati u odnosu na modele niskogradnje, ipak u današnje vrijeme implementacija BIM modela u niskogradnji je sve bolja, posebice u infrastrukturnim projektima gdje je na tržištu danas dostupan velik broj alata predstavljenih u radu. Iako se javljaju određeni problemi vezani za uporabu BIM pristupa jer zahtijeva razvoj novih standarda i traži više ulaganja od tradicionalnog 2D pristupa, dugoročno gledano BIM pristup se itekako isplati jer je to budućnost projektiranja.

U ovom radu primjena BIM pristupa ostvarena je kroz softverski program Allplan koje je korisno rješenje za izradu i vizualizaciju 3D modela u različitim područjima rada. Zadatak diplomskog rada je bilo modelirati potpornu konstrukciju od armiranog tla uz pristupnu cestu. Zbog svoje složenosti, kompletan BIM model nije se mogao dobiti automatski u Allplanu, već se u početku doradivao u više aplikacija, poput *Autocada* i *Civil 3D-a* pomoću kojih su dobiveni podaci za unos u Allplan.

Iako BIM alati poput Allplana sadrže vrlo dobre funkcije za formiranje različitih 3D oblika, svakako je bitno naglasiti da se u ovom radu na temelju 2D podataka iz *AutoCada* postigla bolja funkcija stvaranja 3D modela jer pomogla u izradi vizualizacije samog modela. Naime 2D prikazi, kao što su uzdužni i poprečni profili u infrastrukturnim projektima su vrlo važni jer sadrže velik broj podatka i imaju visok stupanj razrađenosti te su neizostavan dio u svakoj fazi projektiranja.

Ipak, treba naglasiti da Allplan, kao BIM alat znatno olakšava izradu 3D modela jer se dolazi do znatno bržih i željenih rezultata čime se povećava učinkovitost rada.

Zato se može zaključiti da je BIM model vrlo koristan jer poboljšava kvalitetu projekta gdje je se jako ističe prikaz vizualizacije samog modela, što je posebice u ovom radu vidljivo u prikazivanju modela terena, nasipa, geomreža, armiranog tla i detalja armaturnog panela. Posebnost Allplana se ističe u njegovom realističnom prikazu 3D modela te mogućnostima sagledavanja tog modela iz različitih kuteva.

Kod modeliranja u BIM pristupu, svakako je bitno naglasiti da i sam softver igra veliku ulogu jer se on treba neprestano razvijati i nadograđivati kako bi se proces projektiranja u njemu olakšao. Kao dobar primjer takvog pristupa, može se navesti Allplana koji svake godine korisnicima pruža sve više sadržaja. Tako se može izdvojiti najnovija verzija Allplana 2022 koja sadrži velike razlike od verzije Allplana 2021 koji nije imao modul Projektiranje prometnica koji je u ovom radu bio od velikog značaja jer se pomoću njega modelirao teren i prometnica. Zato se može reći da BIM pristup u infrastrukturnim projektima ima velik potencijal koji se tek može razviti i poboljšavanjem učinkovitosti procesa te pravilnim razumijevanjem principa BIM modela omogućene su velike koristi za korisnika.

8. LITERATURA

- [1] Jurčević, M., Pavlović, M., Šolman, H.: Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu, Hrvatska komora inženjera građevinarstva, Zagreb, 2017.
- [2] Andabaka F., Dolaček-Alduk Z., Ecimović A., Galić D., Grošić M., Pavlović Cerinski M., Šimenić D., Šolman H.: Smjernice za BIM pristup u infrastrukturnim projektima, Hrvatska komora inženjera građevinarstva, Zagreb, 2021.
- [3] BIM, <https://bim-hrvatska.hr/bim-building-information-modeling/>, pristup 07.04.2022.
- [4] 3D BIM Modeling Service, <https://3dpointshot.com/bim-modeling>, pristup 08.04.2022.
- [5] BIM metodologija, <https://www.prior.hr/rjesenja/bim-metodologija/>, pristup 08.04.2022.
- [6] What is BIM and what is it for?, <https://biblus.accasoftware.com/en/what-is-bim-and-what-is-it-for-everything-you-need-to-know/>, pristup 08.04.2022.
- [7] Suljić N.: Potporne konstrukcije prema Eurokodu, AGM knjiga d.o.o., Beograd 2018.
- [8] Roje-Bonacci T.: Potporne građevine i građevne jame, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Sveučilišta u Splitu, IGH d.d. Zagreb, Split 2005.
- [9] Arbanas Ž.: Temeljenje I, Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka 2016. (predavanja i vježbe)
- [10] Grošić M.: Geotehnika prometnih građevina, predavanja iz predmeta Geotehnika prometnih građevina, Rijeka, akademska godina 2015./2016.
- [11] Nonveiller E.: Mehanika tla i temeljenje građevina, Udžbenici sveučilišta u Zagrebu, Školska knjiga, Zagreb 1979.
- [12] Bleiziffer J.: Potporne konstrukcije, predavanja iz predmeta Konstrukcije, Zagreb, akademska godina 2021./2022.
- [13] Ivšić T.: Potporne konstrukcije 1, Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, predavanja, akademska godina 2018./2019., Zagreb
- [14] Prodaja Larssen talpi, <https://www.njuskalo.hr/gradjevina-ostalo/prodaja-larssen-talpi-zmurja-platica-zagatnica-direktno-proizvod-oglas-23221231>, Pristup 16.06.2022.
- [15] López Acosta N.P., Martínez Hernández E., Espinosa Santiago A.: Underpinning and Releveling of a Building Using Control Piles and Sub-Excavation, Cancun, Mexico, 2019.

- [16] Soil Nailing Tehnique, <https://www.onlinecivilforum.com/site/soil-nailing-technique/>, pristup 7.9. 2022.
- [17] Soil Nail Walls, <https://www.geotech.net.au/capabilities/basement-construction/soil-nail-walls.html>, pristup 7.9. 2022.
- [18] Bonić Z.: Potporne konstrukcije 1, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Sveučilište u Nišu, predavanja iz predmeta Geotehničko projektiranje, akademska godina 2007./2008., Niš
- [19] Potporne konstrukcije, Gabionski zid, <https://www.geotech.hr/gabionski-zid/>, pristup 15.05.2022.
- [20] Bogdan A., Armirano to kao potporna konstrukcija, časopis Građevinar, Zagreb 2022. godine
- [21] Potporne konstrukcije od armiranog tla, <https://www.geotech.hr/potporne-konstrukcije-od-armiranog-tla/>, pristup 10.08.2022.
- [22] Ivšić T.: Nasute i potporne građevine, Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, predavanja, akademska godina 2009./2010., Zagreb
- [23] Potporne konstrukcije od armiranog tla, <https://www.geotech.hr/potporne-konstrukcije-od-armiranog-tla-pristupne-ceste-peljeskog-mosta/>, pristup 15.05.2022.
- [24] Turčinović N. Analiza rješenja kosine usjeka primjenom metoda armiranog tla, čavljanja i izrade potpornog zida, Mašinstvo 4(14), 203 – 212, Sveučilište u Zenici, Zenica, 2017.
- [25] Potporne konstrukcije od armiranog tla, <https://www.geotech.hr/potporne-konstrukcije-od-armiranog-tla/>, pristup 10.08.2022.
- [26] TERRA ARME, <https://www.voetsgewapendegron.nl/home/terre-armee-leenderheide33-009/>, pristup 10.08.2022.
- [27] Geomreže, <http://www.geotekstili.com/geomreze.asp>, pristup 13.09.2022.
- [28] Tensar geomreže, <https://blog.tensar.com.hr/a-brief-history-of-tensar-geogrids-0> pristup 13.09.2022.
- [29] Kotonteks, https://kotonteks.hr/index.php?content=0_nama, pristup 13.09.2022.
- [30] Tenax, <https://www.tenax.net/en/geosynthetics/systems-products/reinforced-steep-slopes-rivel-system/>, pristup 13.09.2022.
- [31] Povezana Hrvatska, <https://povezananhrvatska.eu/projekti/peljeski-most/>, pristup 13.09.2022.
- [32] Pelješki most - iz bosanskohercegovačke perspektive, <https://www.dw.com/hr/pelje%C5%A1ki-most-iz-bosanskohercegova%C4%8Dke-perspektive/a-62607732>, pristup 13.09.2022.

- [33] Izgradnja pristupnih cesta mostu Pelješac, <https://www.strabag.hr/databases/internet/public/content.nsf/web/HR-STRABAG.HRN-STARTSEITE-NEWS-Izgradnja%20pristupnih%20cesta%20mostu%20Pelje%C5%A1ac>, pristup 13.09.2022.
- [34] Pothvat varaždinske tvrtke koja je brzopotezno armirala pristupne ceste prema Pelješkom mostu, <https://regionalni.com/pothvat-varazdinske-tvrtke-koja-je-brzopotezno-armirala-pristupne-ceste-prema-peljeskom-mostu/>, pristup 13.09.2022.
- [35] FOTO: Evo kako će izgledati put prema jugu Hrvatske preko Pelješkog mosta, <https://djaka-city.info/2018/08/16/foto-evo-kako-ce-izgledati-put-prema-jugu-hrvatske-preko-peljeskog-mosta/>, pristup 13.09.2022.
- [36] Izgradnju pristupne ceste za Pelješki most dobio Strabag, <https://ogulin.eu/2019/11/13/izgradnju-pristupne-ceste-za-peljeski-most-dobio-strabag/>, pristup 13.09.2022.
- [37] Geotehnički projekt zid "Doli" (PR 21-182-02), izvedbeni projekt, Geotech d.o.o., Rijeka, listopad 2021.
- [38] Geotechnical-material, <http://ba.geotechnicalmaterial.com/geotechnical-material/geogrid/pp-uniaxial-geogrid.html>, pristup 29.8.2022.
- [39] Najmodernija BIM softverska rješenja za arhitekta, građevinare i konstruktivce, Baldini studio, Zagreb, 2018.
- [40] Baldini studio konstruktivstvo, <https://www.baldinistudio.rs/>, pristup 01.09.2022.
- [41] Što je Civil 3D – postoji li Civil 3D alternativa?, <https://www.adriabim.com/hr/sto-je-civil-3d-postoji-li-civil-3d-alternativa/>, pristup 01.09.2022.

9. GRAFIČKI PRILOZI

9.1. Tlocrtna situacija, MJ 1:1000

9.2. Poprečni presjeci (P1-P3), MJ 1:200

9.3. Poprečni presjeci (P4-P7), MJ 1:200

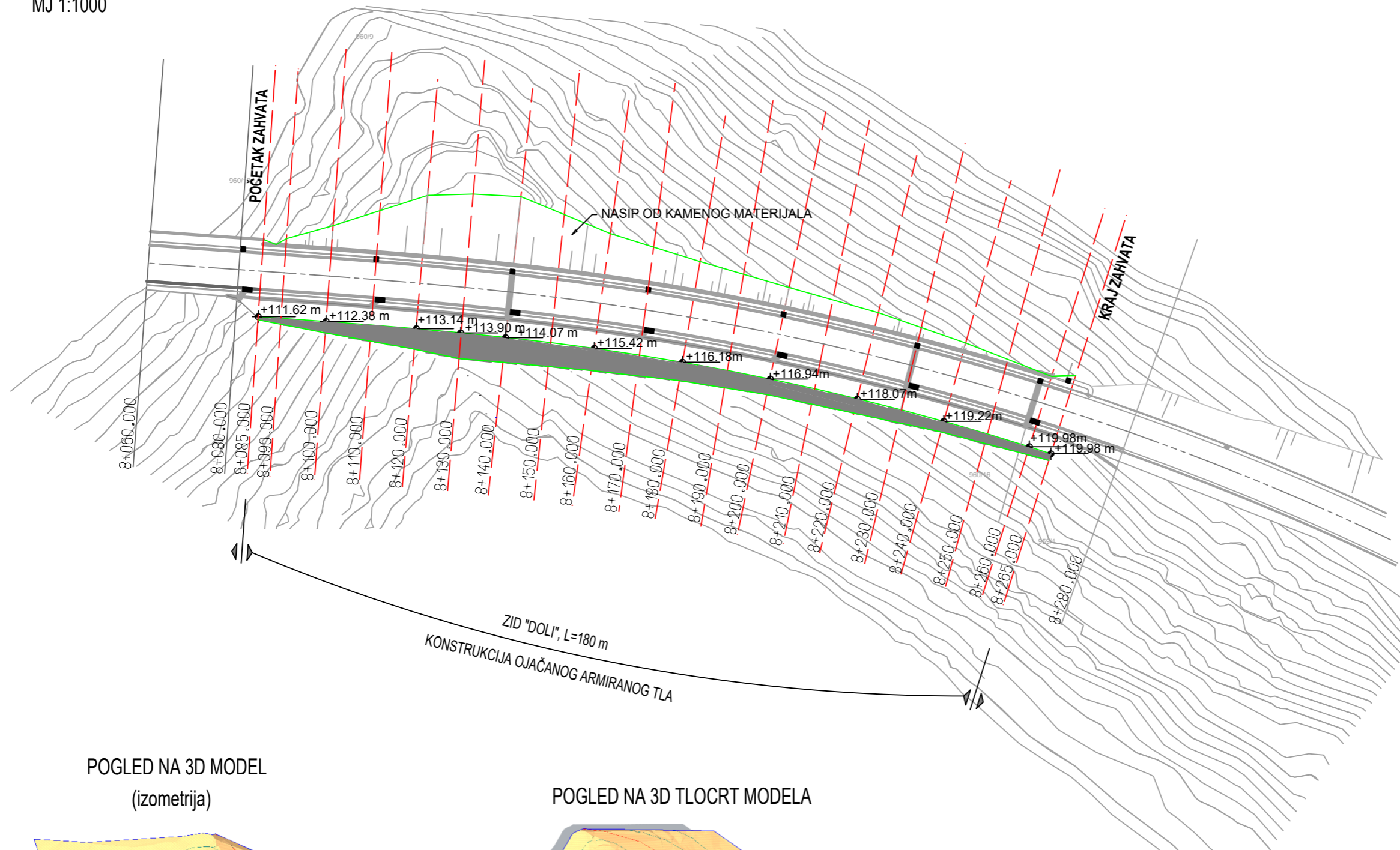
9.4. Poprečni presjeci (P8-P10), MJ 1:200

9.5. Normalni poprečni presjek, MJ 1:100

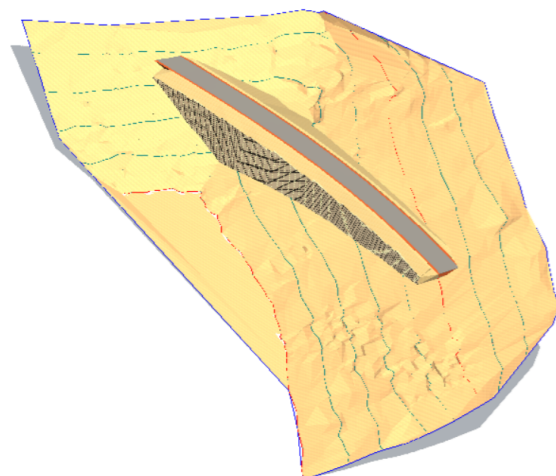
9.6. Pogled na konstrukciju – geomreže, MJ 1:500

9.7. Detalj armaturnog panela, MJ 1:20, 100

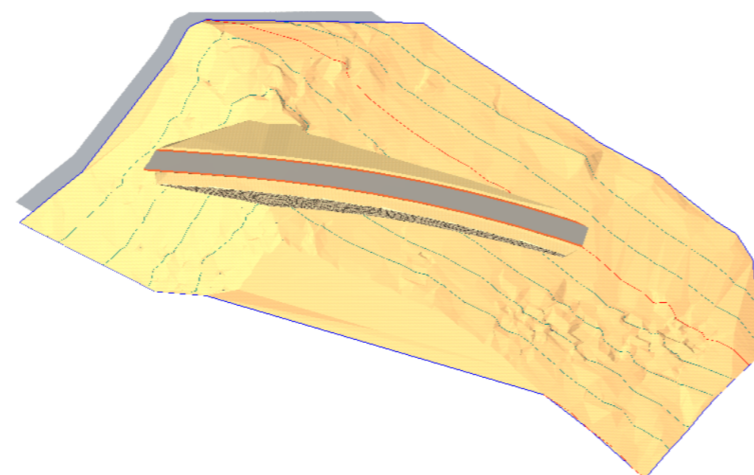
TLOCRT ARMIRANOG TLA UZ PROMETNICU
MJ 1:1000



POGLED NA 3D MODEL
(izometrija)



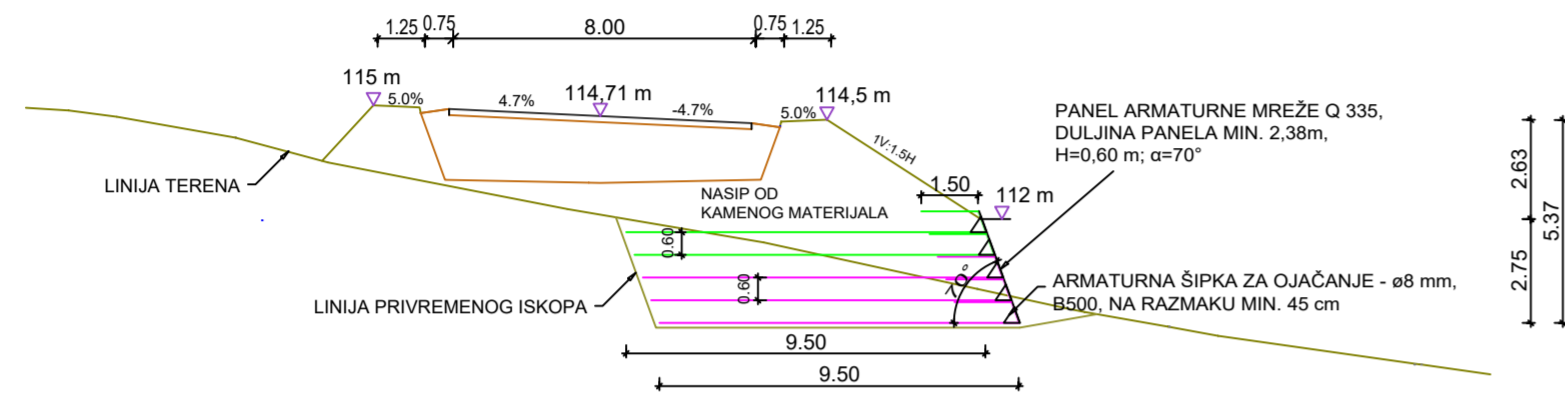
POGLED NA 3D TLOCRT MODELA



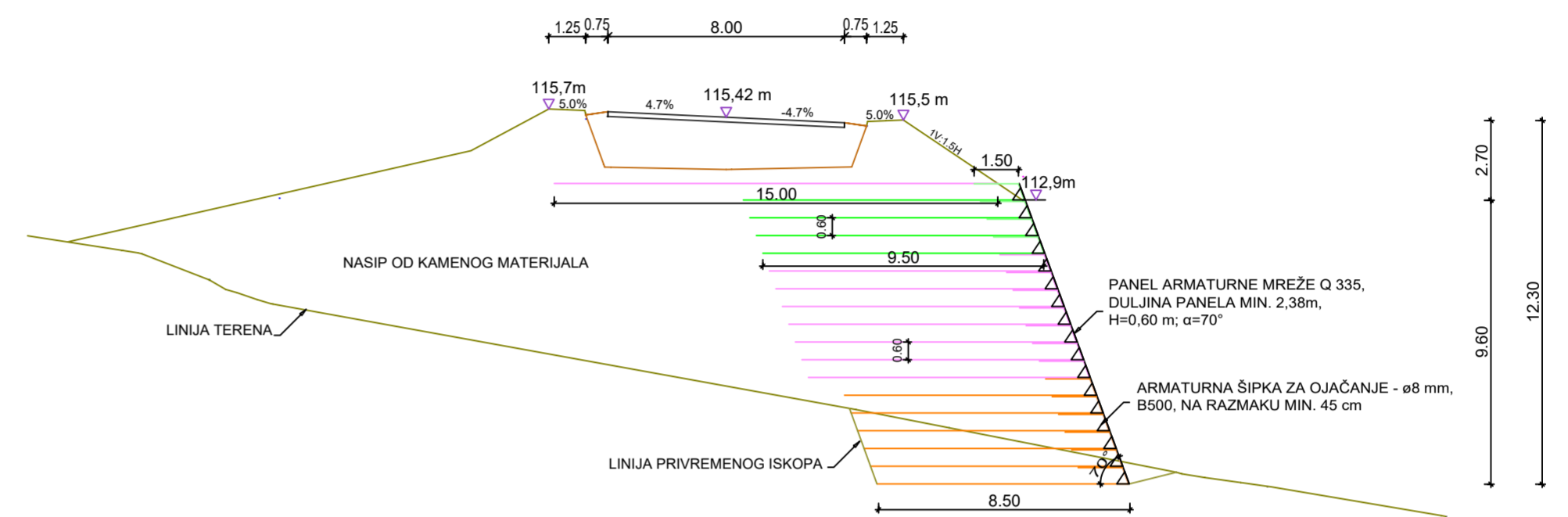
GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: MODELIRANJE POTPORNE KONSTRUKCIJE ARMIRANOG TLA "DOLI" PRIMJENOM BIM PRISTUPA		Sadržaj nacrt: 9.1. TLOCRTNA SITUACIJA	
Student: Marina Novak		Kolegij: GEOTEHNIKA PROMETNIH GRAĐEVINA	
Komentor: dr. sc. Mirko Grošić, mag. ing. aedif.	Datum: 09. 2022.	Mjerilo: 1:1000	List: 1

9.2. POPREČNI PRESJECI (P1-P3)

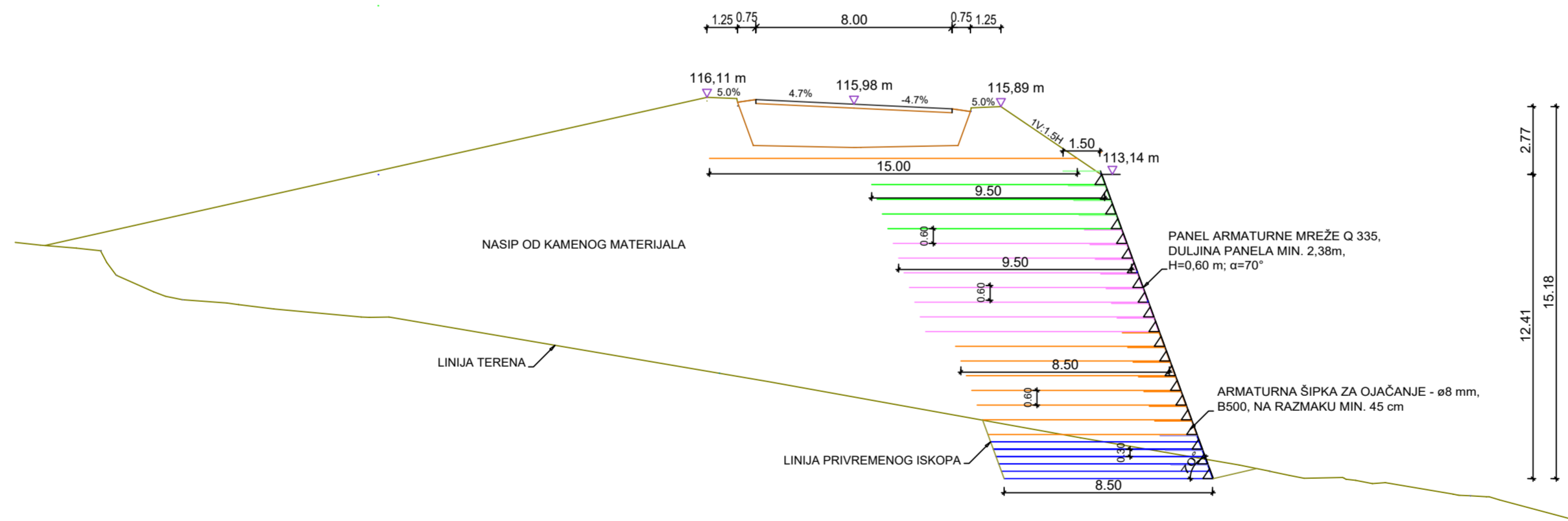
PRESJEK 1-1
STACIONAŽA KM 8+090.00



PRESJEK 2-2
STACIONAŽA KM 8+110.00



PRESJEK 3-3
STACIONAŽA KM 8+120.00



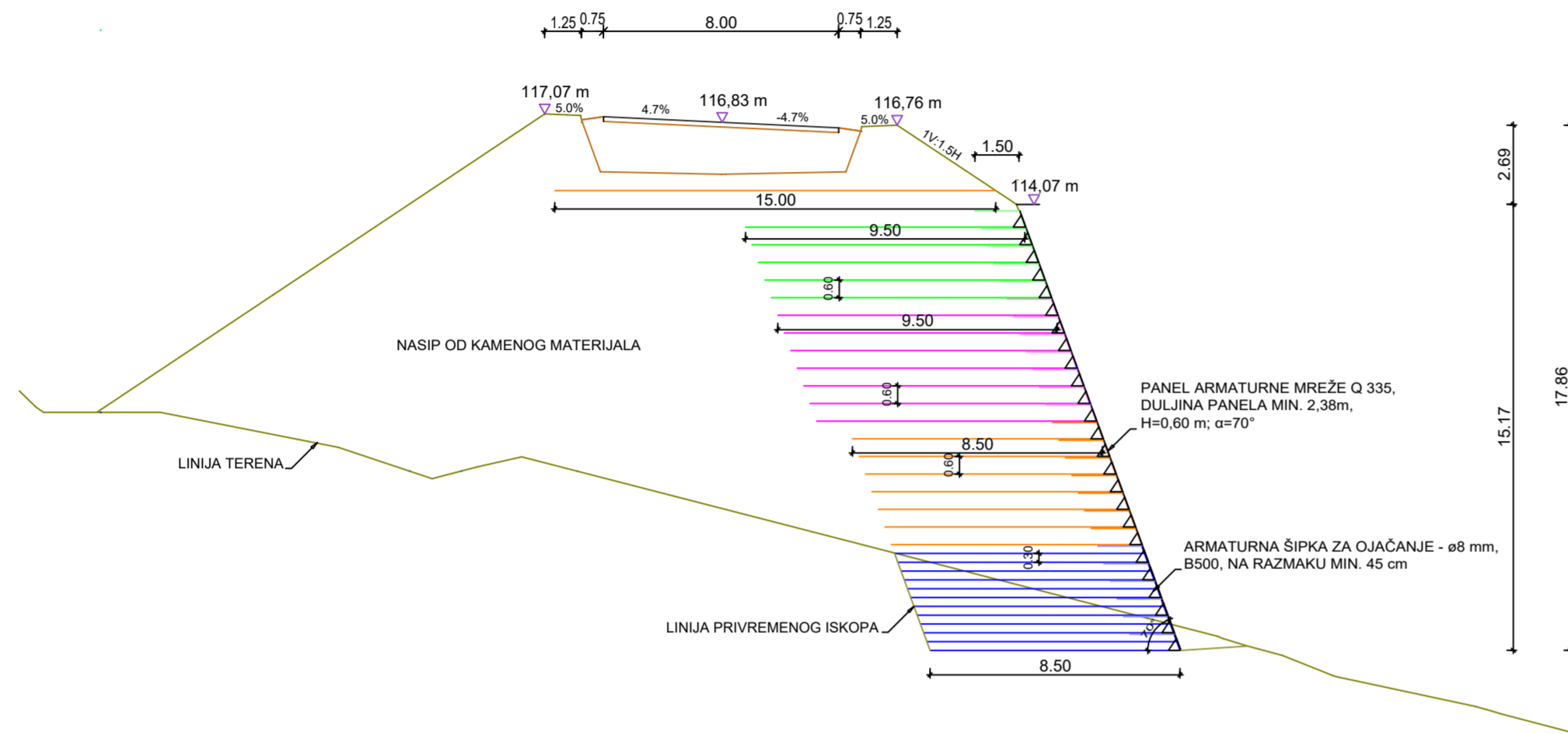
TIP GEOMREŽA:

- Tenax TT045 GS
- Tenax TT060 GS
- Tenax TT090 GS
- Tenax TT120 GS

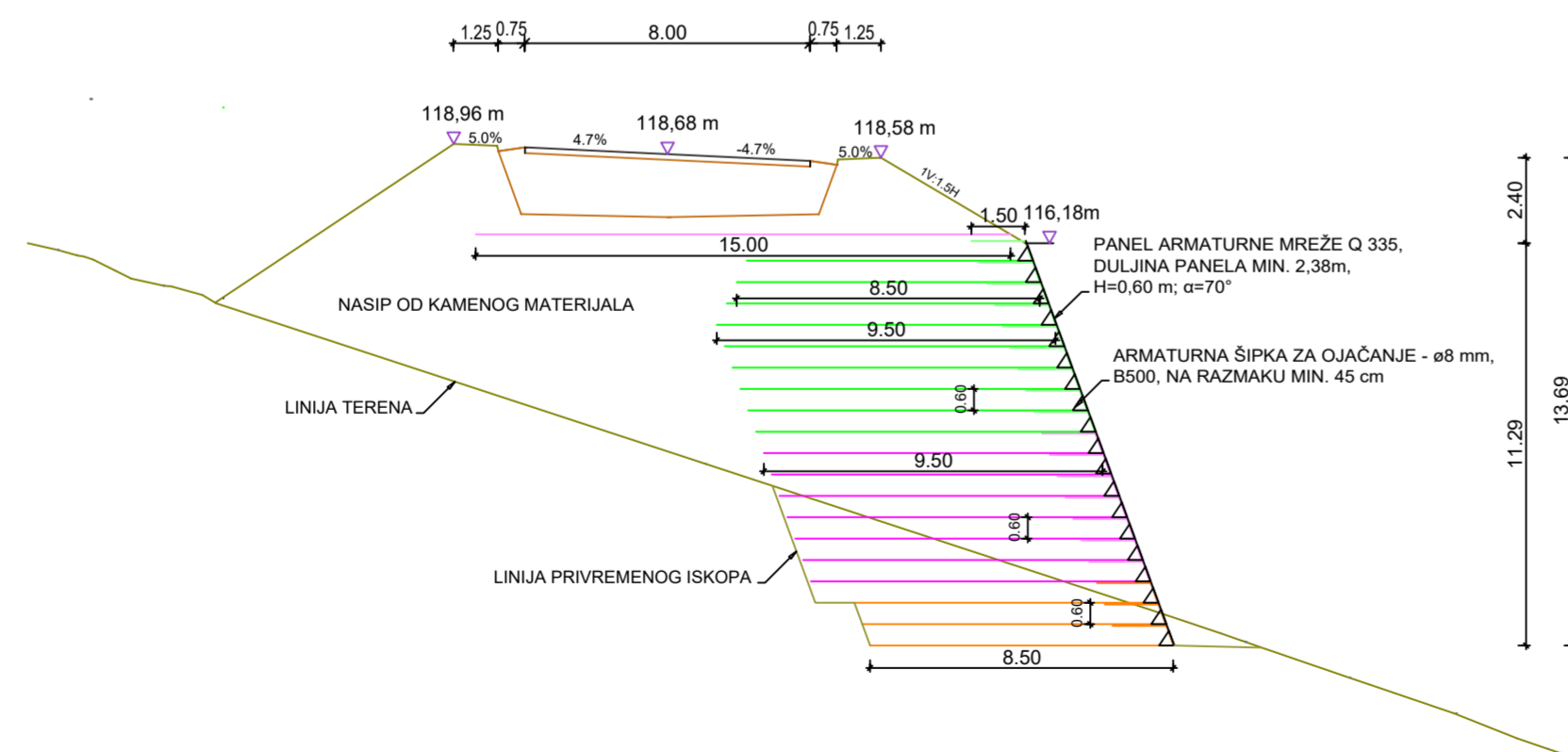
GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI		
Diplomski rad: MODELIRANJE POTPORNE KONSTRUKCIJE OD ARMIRANOG TLA "DOLI" PRIMJENOM BIM PRISTUPA	Sadržaj nacрта: 9.2. POPREČNI PRESJECI (P1-P3)		
Student: Marina Novak	Kolegiji: GEOTEHNIKA PROMETNIH GRAĐEVINA		
Komentor: dr. sc. Mirko Grošić, mag. ing. aedif.	Datum: 09. 2022.	Mjerilo: 1:200	List: 2

9.3. POPREČNI PRESJECI (P4-P7)

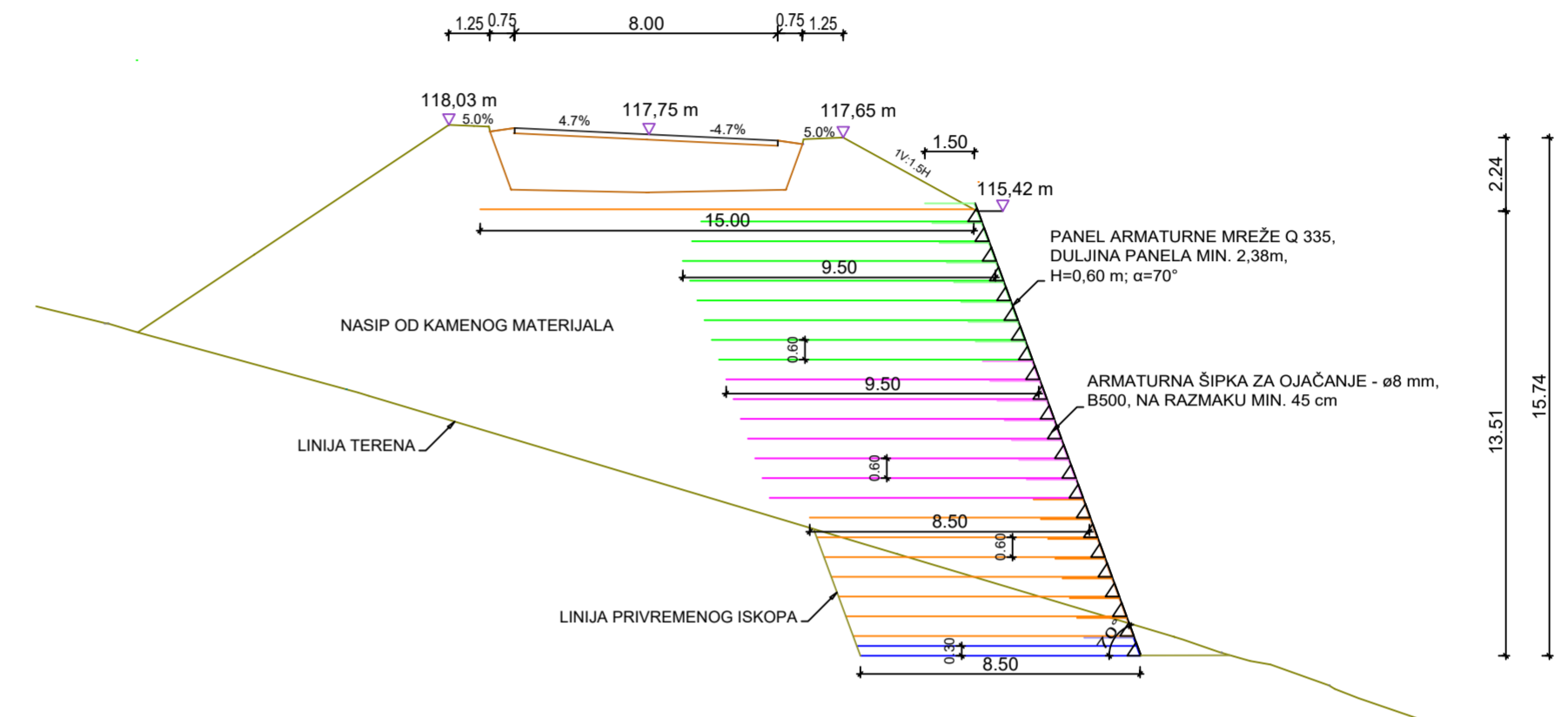
PRESJEK 4-4
STACIONAŽA KM 8+140.00



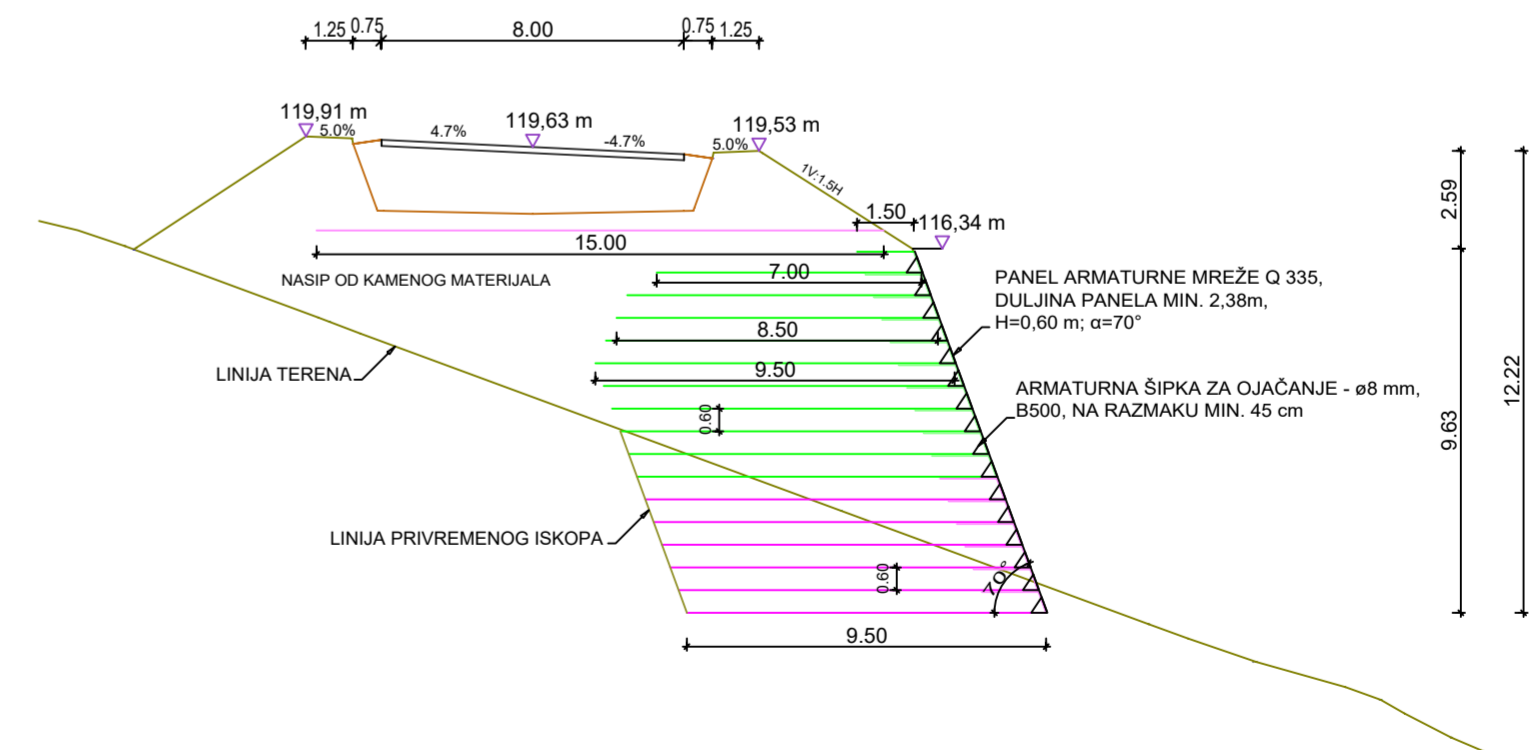
PRESJEK 6-6
STACIONAŽA KM 8+180.00



PRESJEK 5-5
STACIONAŽA KM 8+160.00



PRESJEK 7-7
STACIONAŽA KM 8+200.00



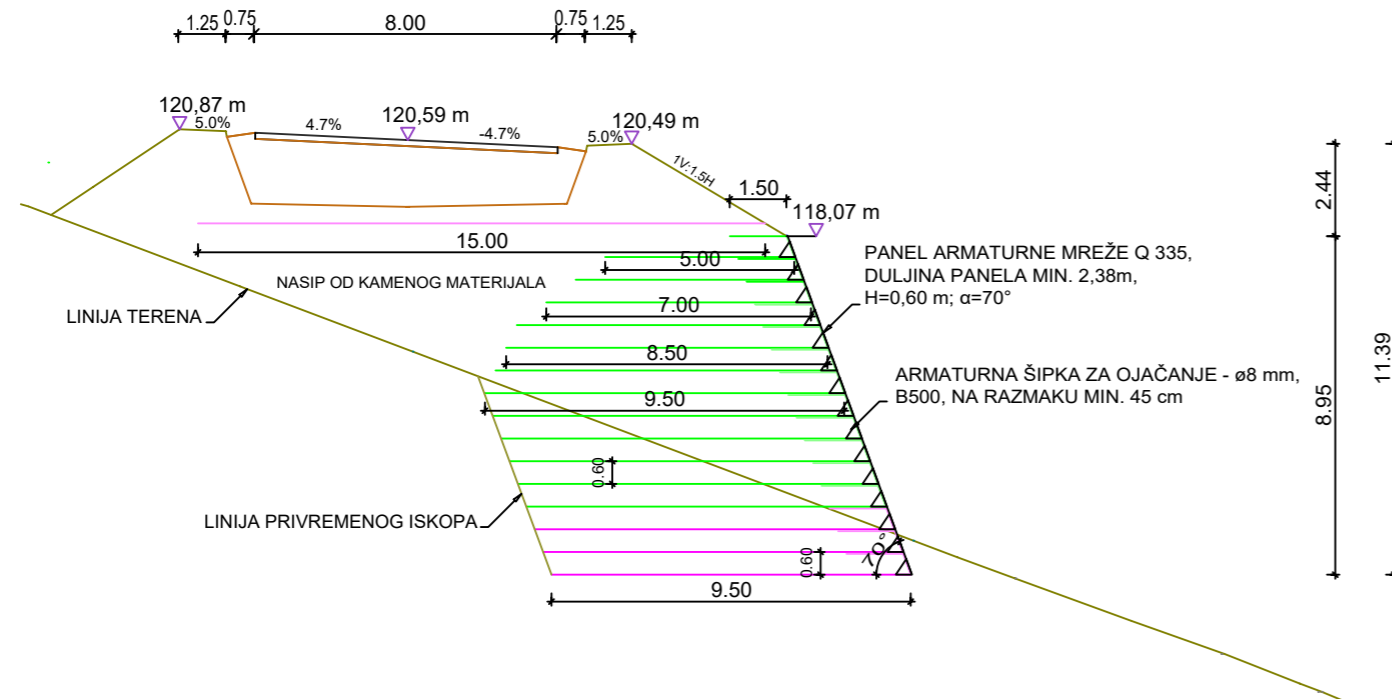
TIP GEOMREŽA:

- Tenax TT045 GS
- Tenax TT060 GS
- Tenax TT090 GS
- Tenax TT120 GS

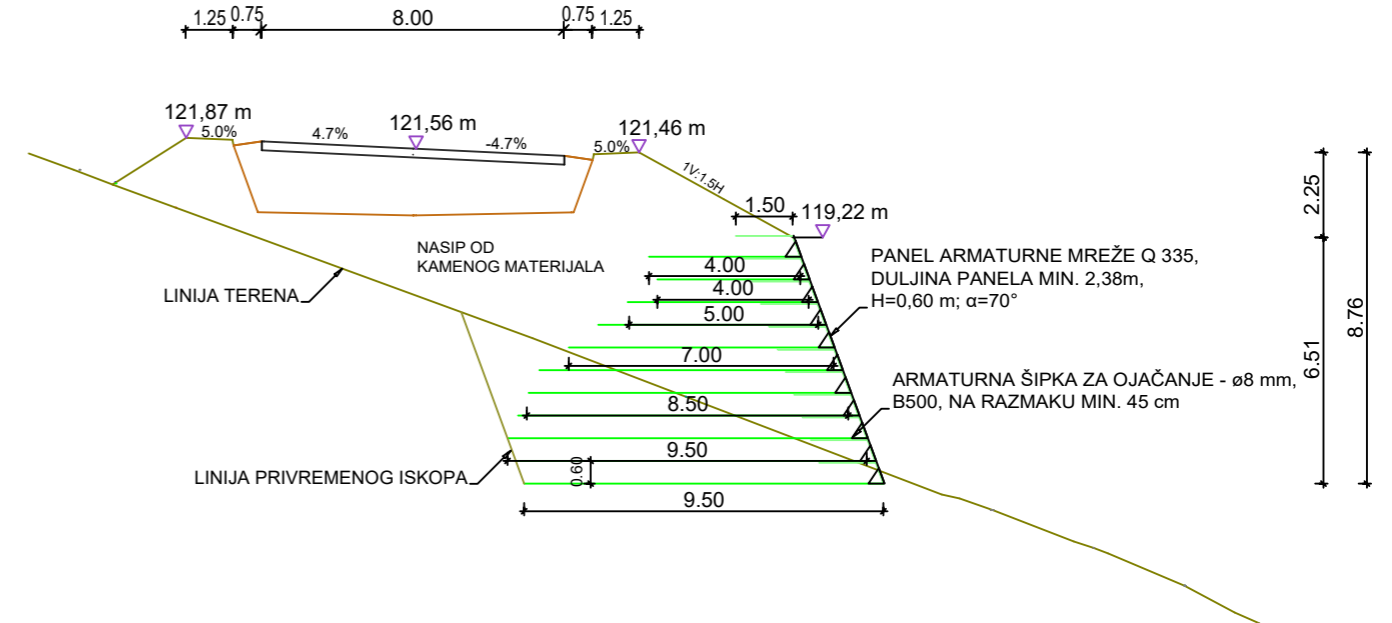
GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI		
Diplomski rad: MODELIRANJE POTPORNE KONSTRUKCIJE OD ARMIRANOG TLA "DOLI" PRIMJENOM BIM PRISTUPA	Sadržaj nacрта: 9.3. POPREČNI PRESJECI (P4-P7)		
Student: Marina Novak	Kolegiji: GEOTEHNIKA PROMETNIH GRAĐEVINA		
Komentor: dr. sc. Mirko Grošić, mag. ing. aedif.	Datum: 09. 2022.	Mjerilo: 1:200	List: 3

9.4. POPREČNI PRESJECI (P8-P10)

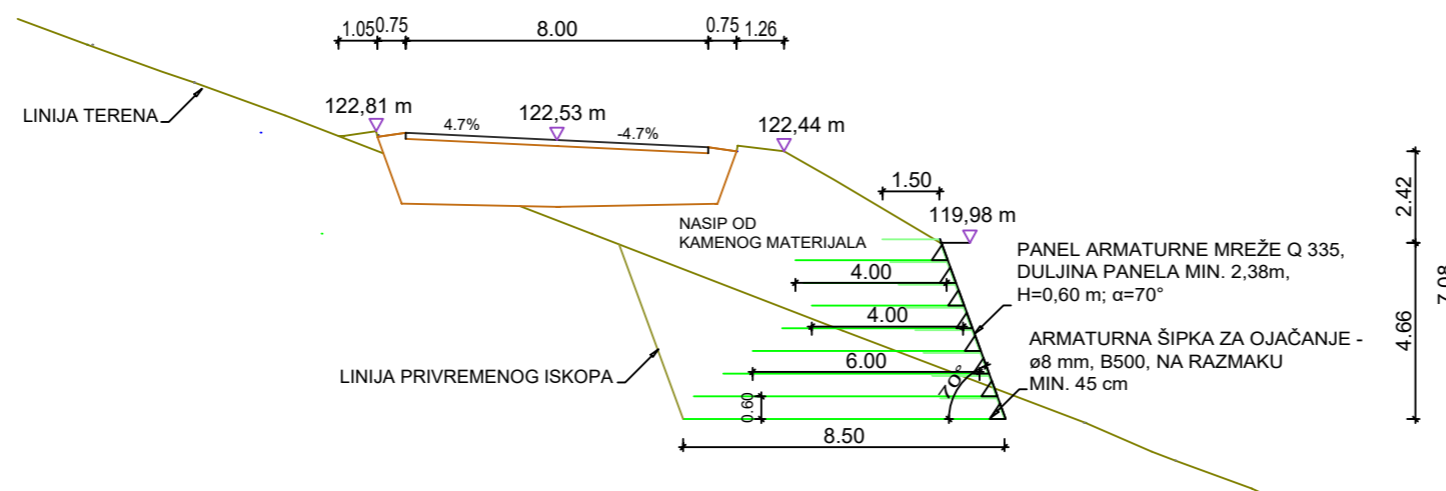
PRESJEK 8-8
STACIONAŽA KM 8+220.00



PRESJEK 9-9
STACIONAŽA KM 8+240.00



PRESJEK 9-9
STACIONAŽA KM 8+260.00

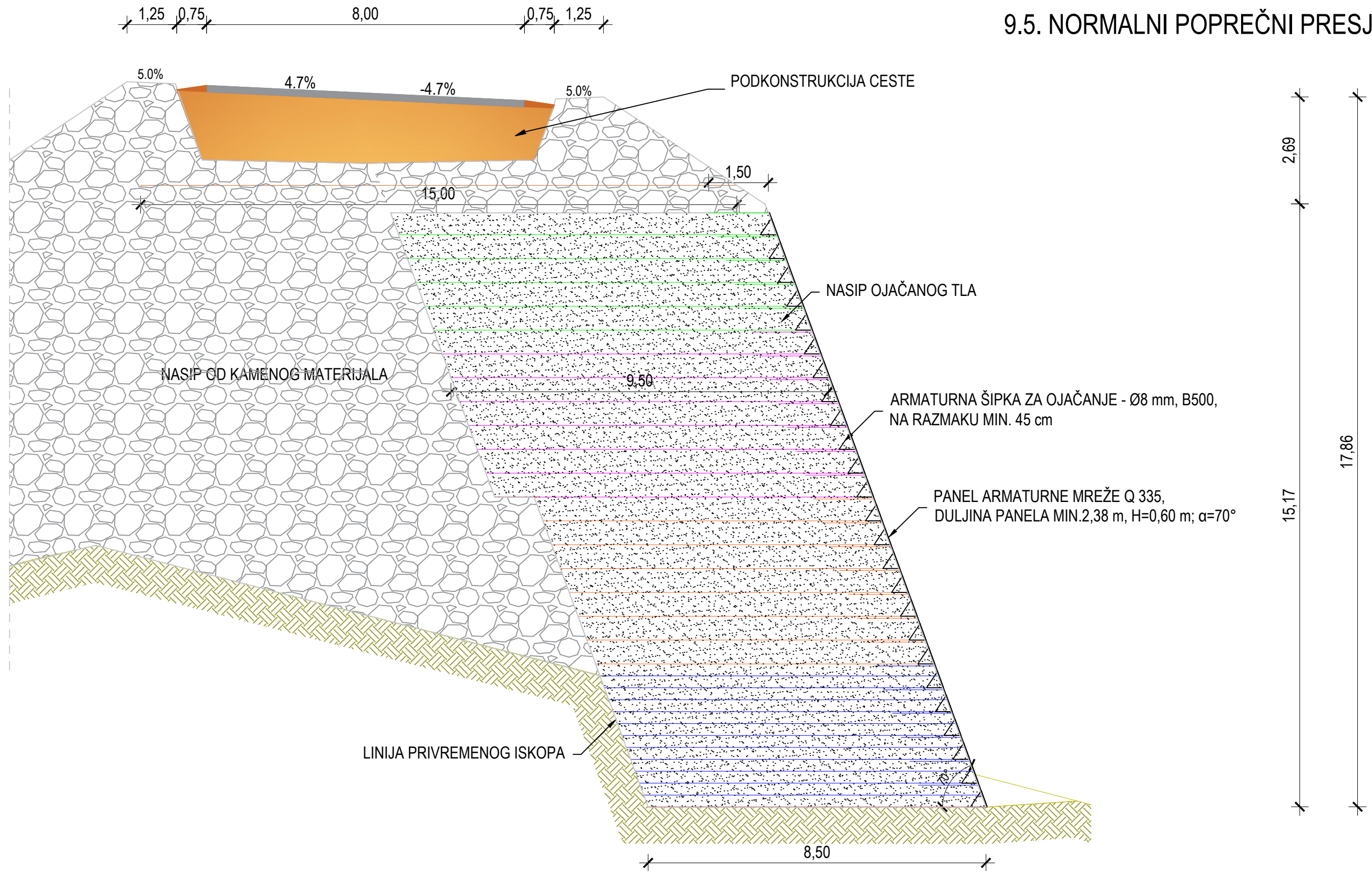


TIP GEOMREŽA:

- Tenax TT045 GS
- Tenax TT060 GS
- Tenax TT090 GS
- Tenax TT120 GS

GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: MODELIRANJE POTPORNE KONSTRUKCIJE OD ARMIRANOG TLA "DOLI" PRIMJENOM BIM PRISTUPA		Sadržaj nacрта: 9.4. POPREČNI PRESJECI (P8-P10)	
Student: Marina Novak		Kolegij: GEOTEHNIKA PROMETNIH GRAĐEVINA	
Komentor: dr. sc. Mirko Grošić, mag. ing. aedif.	Datum: 09. 2022.	Mjerilo: 1:200	List: 4

9.5. NORMALNI POPREČNI PRESJEK



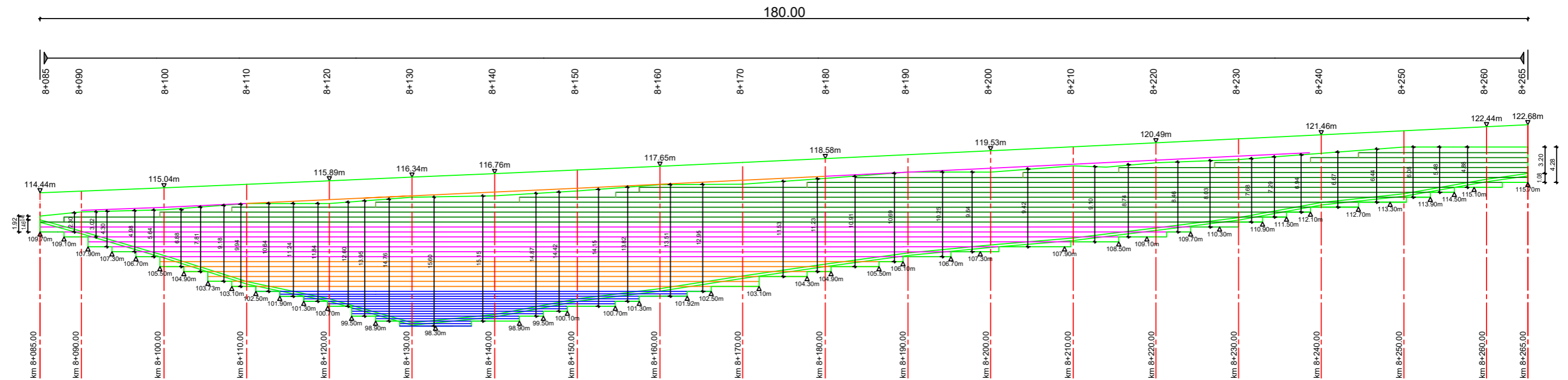
TIP GEOMREŽA:

- TT 045 GS
- TT 060 GS
- TT 090 GS
- TT 120 GS

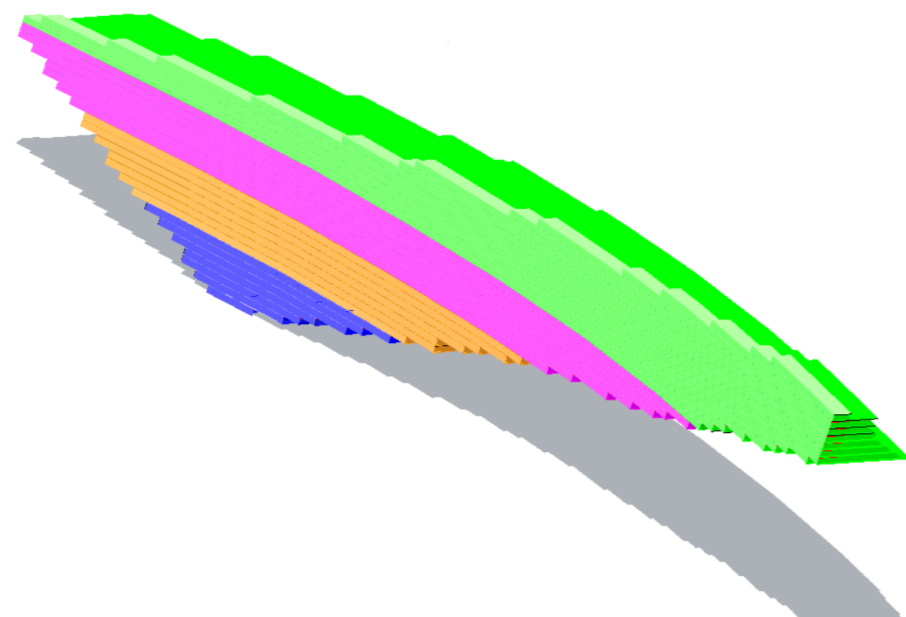
GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI	
Diplomski rad: MODELIRANJE POTPORNE KONSTRUKCIJE ARMIRANOG TLA "DOLI" PRIMJENOM BIM PRISTUPA	Sadržaj nacрта: 9.5. NORMALNI POPREČNI PRESJEK
Student: Marina Novak	Kolegij: GEOTEHNIKA PROMETNIH GRAĐEVINA
Komentor: dr. sc. Mirko Grošić, mag. ing. aedif.	Datum: 09. 2022.
	Mjerilo: 1:100
	List: 5

9.6. POGLED NA KONSTRUKCIJU - GEOMREŽE

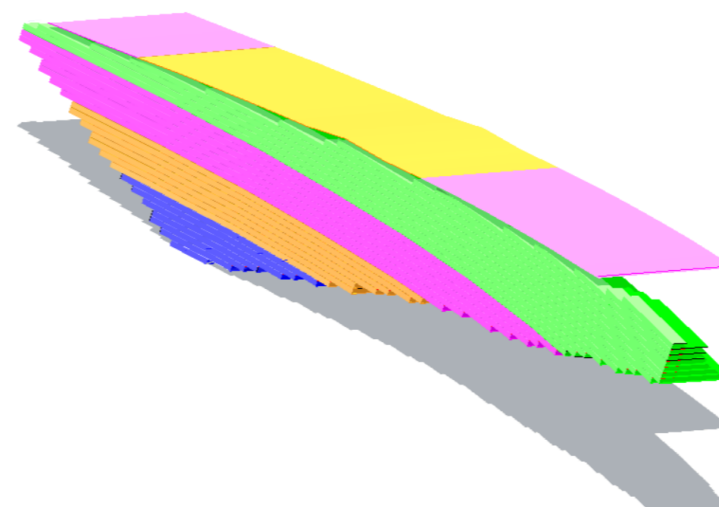
2D POGLED NA GEOMREŽE SA OZNAKAMA STACIONAŽA



POGLED NA 3D MODEL GEOMREŽA



POGLED NA 3D MODEL SVIH GEOMREŽA



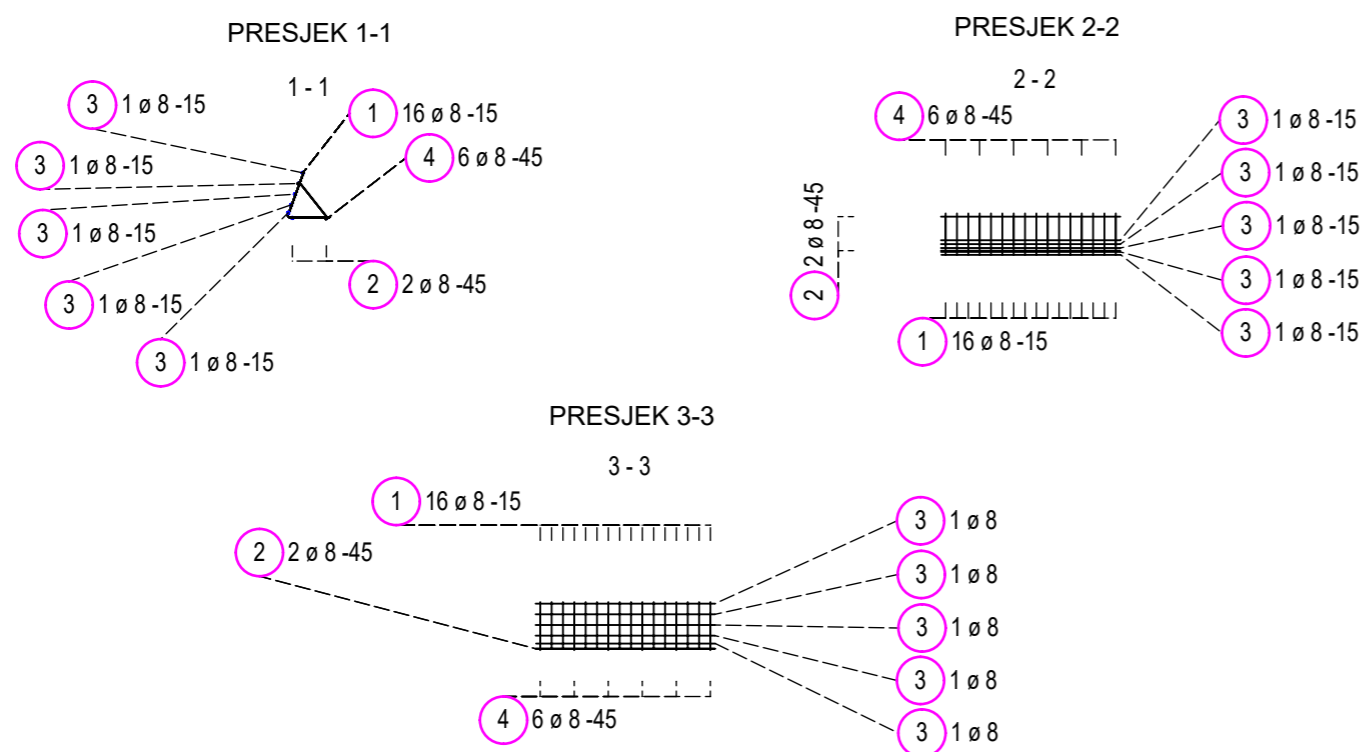
TIP GEOMREŽA:

- Tenax TT045 GS
- Tenax TT045 GS
- Tenax TT045 GS
- Tenax TT045 GS

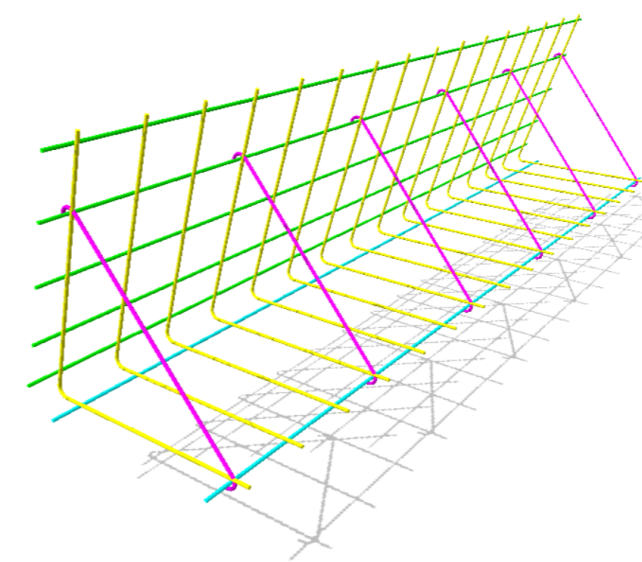
GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: MODELIRANJE POTPORNE KONSTRUKCIJE OD ARMIRANOG TLA "DOLI" PRIMJENOM BIM PRISTUPA		Sadržaj nacрта: 9.6. POGLED NA KONSTRUKCIJU - GEOMREŽE	
Student: Marina Novak		Kolegij: GEOTEHNIKA PROMETNIH GRAĐEVINA	
Komentor: dr. sc. Mirko Grošić, mag. ing. aedif.	Datum: 09. 2022.	Mjerilo: 1:500	List: 6

9.7. DETALJ ARMATURNOG PANELA

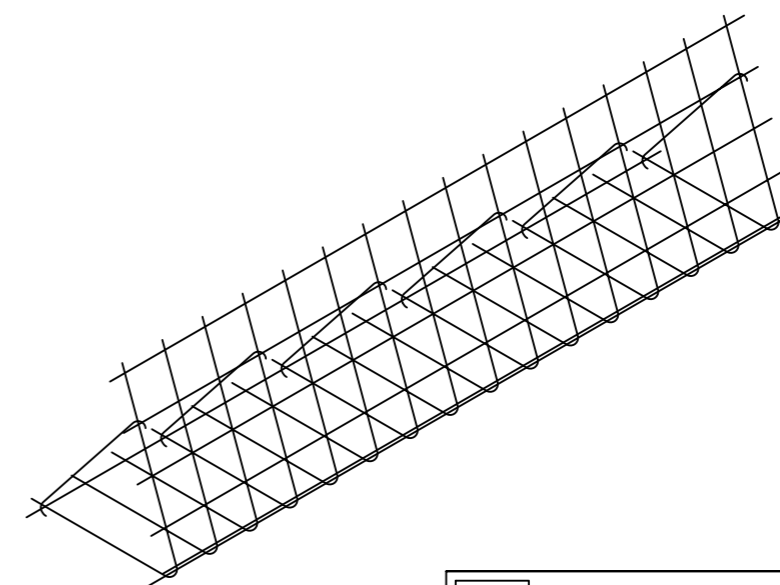
OPIS ARMATURNOG PANELA
(pozicija-količina-broj šipki-razmak šipki)
MJ 1:100



PERSPEKTIVNI PRIKAZ
3D MODELA ARMATURE



POGLED - JUGOSITOK
MJ 1:20



ISKAZ KOLIČINE

Lista šipki sa savijanjem

Poz.	Kom	∅ [mm]	Jedinična dužina [m]	Mjere savijanja (van mjerila)	Ukupna dužina [m]	Težina [kg]
1	16	8	1.21		19.36	7.65
2	2	8	2.38		4.76	1.88
3	5	8	2.38		11.90	4.70
4	6	8	0.68		4.08	1.61

Ukupna težina [kg] : 15.84

GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: MODELIRANJE POTPORNE KONSTRUKCIJE OD ARMIRANOG TLA "DOLI" PRIMJENOM BIM PRISTUPA		Sadržaj nacrt: 9.7. DETALJ ARMATURNOG PANELA	
Student: Marina Novak		Kolegij: GEOTEHNIKA PROMETNIH GRAĐEVINA	
Komentor: dr. sc. Mirko Grošić, mag. ing. aedif.	Datum: 09. 2022.	Mjerilo: 1:20, 1:100	List: 7