

Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije vjetroparkova

Skoko, Davor

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:778715>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Davor Skoko	MATIČNI BROJ	1271/336
DATUM	01. IX. 2018.	KOLEGIJ	Prometnice
NASLOV RADA	Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije vjetroparkova		

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Design and calculation of pavement constructions of wind farms		
-----------------------------	--	--	--

MENTOR	dr.sc. Milan Rezo	ZVANJE	docent
--------	-------------------	--------	--------

ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc. dr. sc. Milan Rezo
	2. prof. dr. sc. Božo Soldo
	3. doc. dr. dc. Danko Markovinović
	4. _____
	5. _____

Zadatak završnog rada

BROJ	345/GR/2018
------	-------------

OPIS	
------	--

Pod temom Završnog rada: Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije vjetroparkova, pristupnik će u radu obraditi sljedeća poglavlja:

1. Uvod
 2. Podjela prometnica
 3. Osnovni tlocrtni elementi trase prometnice
 4. Odvodnja prometnica
 5. Tehničko rješenje pristupnih cesta
 6. Plateia
 7. Zaključak
- Literatura



ZADATAK URUČEN

28.09.2018

U. M. J. Čer



Sveučilište Sjever

Završni rad br. 345/GR/2018

Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije pristupnih cesta vjetroparkova

Davor Skoko, 1271/336

Varaždin, rujan 2018. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za graditeljstvo

Završni rad br. 345/GR/2018

Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije pristupnih cesta vjetroparkova

Student

Davor Skoko, 1271/336

Mentor

Doc. dr. sc. Milan Rezo, dipl. ing. geodezije

Varaždin, rujan 2018. godine

Sažetak

Autor: Davor Skoko

Mentor: doc. dr. sc. Milan Rezo, dipl. ing. geodezije

Tema: Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije pristupnih cesta vjetroparkova

Kroz ovaj završni rad obrađen je, nakon uvodnog dijela, teorijski dio osnovnih podataka o prometnicama, mjerodavnim brzinama koje vrijede na određenoj vrsti prometnica te podjeli prometnica. Nadalje, detaljno je opisan poprečni presjek prometnice sa svim elementima koji se pojavljuju na samom poprečnom profilu prometnice.

U drugom dijelu završnog rada objašnjeni su osnovni tlocrtni elementi trase prometnice poput pravca, kružnog luka, prijelazne krivine odnosno prijelaznice i drugih. Nakon osnovnih elemenata trase prometnice, opisano je vertikalno vođenje linije gdje su objašnjeni parametri uzdužnog profila ceste.

U trećem dijelu rada obrađena je odvodnja prometnica, budući da je upravo voda najveća i najčešća opasnost za stabilnost i sigurnost prometnica. Detaljno su opisani načini kojima se izvodi površinska i podzemna odvodnja, poput odvodnih i zaštitnih jaraka, rigola, projektiranja drenažnih cijevi i ispune, odvodnje posteljice, kolničke konstrukcije i pribrežne vode, nakon čega su objašnjeni propusti, projektiranje i izrada propusta te vrste propusta.

U četvrtom, tehničkom djelu ovoga završnog rada, detaljno su prikazane tehničke karakteristike pristupnih cesta i dimenzioniranje kolničke konstrukcije pristupnih cesta i montažnih platoa te njihovo izvođenje, objašnjeni su građevinsko – prometni zahtjevi, rješavanje odvodnje i uređenje krajobraza nakon završetka građevinskih radova, a zadnji dio rada bavi se opisivanjem načina izrade digitalnih modela terena uz korištenje programa „Plateia“, koja radi na CAD bazi.

Ključne riječi: prometnice, kolničke konstrukcije, vjetroparkovi, Plateia

Abstract

Through this final work after introductory part, theoretical part of basic road data was processed, including relevant speeds which are valid on certain type of roads and classification of roads. Further, description of roads cross-section elements which appear on roads transverse profile are described in details.

In the second part of this final work, basic floor plan elements of the road like line, round arch, transitional curve, and after basic floor plan elements of the road, vertical line guiding is described in which the parameters of the longitudinal profile of the road are explained.

In the third part of this final work, pavement drainage is processed, because water is the biggest and most common danger for pavement stability and safety. The methods of performing surface and underground drainage are described in details, including drainage and protective ditches, side ditch or gutter, drainage pipe and drainage filling design, subgrade drainage, and pavements construction drainage, after which culverts are explained, including culverts design and construction, and types of culverts.

In fourth, technical part of this final work, technical characteristics of the access roads and design of the pavement construction of the access roads and prefabricated plateaus are shown in details including their construction, construction and traffic requirements of roads, drainage solving and landscaping. Last part of this final work contains description of how digital terrain models are created with use of software package „Plateia“ which works on the CAD platform.

Key words: roads, pavement constructions, wind farms, Plateia

Sadržaj

1.	Uvod	1
2.	Podjela prometnica	2
2.1.	Mjerodavne brzine	5
2.2.	Poprečni presjek prometnice	6
2.3.	Prometni trak	7
2.4.	Rubni trak	8
2.5.	Bankina	8
2.6.	Berma	9
3.	Osnovni tlocrtni elementi trase prometnice	10
3.1.	Pravac	11
3.2.	Kružni luk	12
3.3.	Prijelaznica	14
3.4.	Vertikalno vođenje linije	18
3.5.	Uzdužni nagib	19
3.5.1.	<i>Najveći uzdužni nagib nivelete</i>	19
3.5.2.	<i>Najmanji uzdužni nagib nivelete</i>	20
3.6.	Zaobljavanje prijeloma nivelete	20
4.	Odvodnja prometnica	23
4.1.	Površinska odvodnja	23
4.2.	Odvodni jarci	24
4.3.	Zaštitni jarci	26
4.4.	Rigoli	27
4.5.	Podzemna odvodnja	27
4.6.	Drenaže	28
4.6.1.	<i>Drenažna cijev</i>	29
4.6.2.	<i>Drenažna ispuna</i>	31
4.6.3.	<i>Projektiranje i izrada drenaža</i>	32
4.7.	Odvodnja posteljice i kolničke konstrukcije	33
4.8.	Odvodnja pribrežne vode	34
4.9.	Poboljšanje stabilnosti pokosa drenažom	36
4.10.	Propusti	38

4.10.1.	<i>Vrste propusta</i>	38
4.10.2.	<i>Cijevni propusti</i>	40
4.10.3.	<i>Ostale vrste propusta</i>	41
4.10.4.	<i>Projektiranje i izrada propusta</i>	42
5.	Tehničko rješenje pristupnih cesta VA	43
5.1.	Tehničke karakteristike ceste	43
5.2.	Elementi trase pristupnih i servisnih putova	43
5.3.	Proračun kolničke konstrukcije	48
5.3.1.	<i>Mjerodavni parametri za dimenzioniranje</i>	48
5.3.2.	<i>Projektni period</i>	49
5.3.3.	<i>Vozna sposobnost površine kolnika na kraju projektnog perioda</i>	49
5.3.4.	<i>Prometno opterećenje</i>	49
5.3.5.	<i>Klimatsko-hidrološki uvjeti</i>	50
5.3.6.	<i>Nosivost materijala posteljice</i>	50
5.4.	Sastav i dimenzije usvojene kolničke konstrukcije za ceste i platoe	52
5.5.	Osnovni zahtjevi kvalitete materijala i radova	52
6.	Plateia	53
6.1.	Modul „situacija“	54
6.2.	Modul „uzdužni profil“	55
6.3.	Modul „poprečni profil“	56
7.	Zaključak	57
8.	Popis literature	58
8.1.	Popis tablica	58
8.2.	Popis slika	59
9.	Prilozi	61

1. Uvod

U svakodnevnom životu modernog čovjeka, posebno u današnje vrijeme, odnosno vrijeme jako izražene globalizacije, nailazimo na beskonačni niz situacija u kojima možemo reći da su njegove svakodnevne navike jako povezane s prometovanjem s jednog mjesta na drugo, odnosno da je čovjek glavni čimbenik prometa.

Razvoj cesta i cestovnoga prometa u uskoj je vezi s razvitkom ljudske civilizacije. Cesta je jedan od temeljnih elemenata za promet među naseljima već od prvih početaka civilizacije. Prvotne staze, putovi i ceste omogućavale su razmjenu materijalnih dobara te presudno pridonosile općem razvitku.

Kroz povijest razvoj cesta je imao značajnu ulogu za razvoj samih gradova, trgovinu te komunikaciju ondašnjih naroda. Za vrijeme postojanja Babilonske civilizacije (oko 3000. god. pr. Kr.) (današnji Irak) dolazi do pojave prvih cesta koje su bile popločane oblikovanim kamenim pločama po kojima su se kretale karavane i zaprežna kola. Za vrijeme postojanja Rimske civilizacije (Rimskog carstva) dolazi do značajnijeg razvoja gradnje cesta. Rimljani su bili vješti graditelji cesta, mostova, vijadukata i tunela. Oni su znali odrediti prirodno najpovoljniju trasu poglavito najnižim predjelima kopna.

Svaka javna prometnica, ulica u naselju i nerazvrstana cesta na kojoj se bez poteškoća obavlja svakodnevni promet, naziva se cesta. U taj najširi pojam, ulazi svaka javna površina koja se koristi za promet po bilo kojoj osnovi, i koja je dostupna većem broju unaprijed neodređenih korisnika.

Cesta, kao osnova na kojoj se odvija promet, mora se projektirati, izgraditi, održavati i štititi tako da odgovara svojoj namjeni i zahtjevima sigurnosti prometa, u skladu s odredbama „Zakona o sigurnosti prometa na cestama“ (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15 i 108/17) te propisima donesenim na temelju tog zakona.

S obzirom da su prometnice neizostavan dio života svakog čovjeka, i da je općenito teško izračunati ukupan broj sudionika koji će se koristiti određenim prometnicama, sigurnost se nameće kao primarni faktor izgradnje, a zatim kvalitetna izvedba i njihovo održavanje.

2. Podjela prometnica

Podjela ili razvrstavanje cesta ima cilj razvrstati ceste u ograničen broj **jasno definiranih tipova**, kako bi se omogućila kvalitetna komunikacija između struke, administracije i javnosti. Ceste se, međutim, kao ni druge prometne površine, ne mogu razvrstati po jedinstvenoj klasifikaciji budući da postoje značajne razlike u načinu građenja, namjeni i prometnim značajkama.

S obzirom na današnju funkciju, projektiranje i eksploataciju, ceste se razlikuju po vrsti prometa, broju voznih trakova, vrsti zastora, planiranoj veličini prometa, terenu kojim prolaze, položaju i funkciji u cestovnoj mreži. (*Korlaet, 1995.*)

Javnom cestom smatra se svaka cesta od općeg značenja za javni promet, koja zadovoljava sve zakonske uvjete što ih utvrđuje osnovni zakon o cestama i ostali propisi.

Prema **položaju u prostoru** javne ceste se dijele na:

- Javne ceste izvan naselja,
- Gradske prometnice.

JAVNE CESTE IZVAN NASELJA

Javne ceste izvan naselja prema **privrednom i društvenom značaju** djelimo na:

- Magistralne,
- Regionalne,
- Lokalne.

Prema **vrsti prometa** javne ceste djelimo na :

- Ceste za motorni promet,
- Ceste za mješoviti promet.

Podjela javnih cesta prema **društvenom i gospodarskom značaju** unutar zakona o cestama:

- Autoceste (AC),
- Državne ceste (D – ceste),
- Županijske ceste (Ž - ceste),
- Lokalne ceste (L - ceste).

Prema veličini motornog prometa izraženoj prosječnim godišnjim dnevnim prometom (PGDP), tj. prema broju motornih vozila koja prođu cestom u 24 sata, javne ceste se dijele na:

Razred ceste	Veličina motornog prometa (PGDP) vozila / dan
AC	više od 14000
1. razred	više od 12000
2. razred	više od 7000 do 12000
3. razred	više od 3000 do 7000
4. razred	više od 1000 do 3000
5. razred	do 1000

Tablica 1. Podjela prometnica prema veličini motornog prometa

Prema konfiguraciji terena i stupnju ograničenja za određene trase, javne ceste se dijele na:

- Ceste u nizinskom terenu (bez ograničenja),
- Ceste u brežuljkastom terenu (neznatna ograničenja),
- Ceste u brdskom terenu (znatna ograničenja),
- Ceste u planinskom terenu (velika ograničenja).

Osnovne karakteristike terena	Konfiguracija terena			
	Ravničast	Brežuljkast	Brdovit	Planinski
$\Delta H/1\text{km}$	Neznazna	< 70m	70m – 150m	> 150m
Nagib padina	> 1:10	1:10 – 1:5	1:5 – 1:1	1:1 – 1:0
Naboranost terena	-	Slabije izražen	Jače izražen	Vrlo jak / grebeni / uvale
Mogući elementi trase	Izbor slobodan	Izbor djelomično ograničen	Izbor djelomično ograničen	Elementi predodređeni

Tablica 2. Podjela cesta prema konfiguraciji terena

GRADSKE PROMETNICE

U gradske prometne površine, odnosno gradske prometnice spadaju prigradske i gradske ceste, ulice, trgovi i parkirališta.

Gradske ceste se dijele na:

- Brze gradske ceste,
- Glavne gradske ulice,
- Gradske ulice,
- Sabirne ulice,
- Vodoopskrbne ulice,
- Pješачke prilaze.

Gradske prometne površine se najčešće ne klasificiraju ni razvrstavaju, jer svaka gradska mreža ima niz jasno definiranih posebnosti. Cestovna mreža u gradovima može se dijeliti prema administrativnim i funkcionalnim kriterijima.

OSTALI NAČINI PODJELE CESTA

- AC – autoceste za međudržavno-državno povezivanje,
- 1. razred za državno-regionalno povezivanje,
- 2. razred za regionalno-županijsko povezivanje,
- 3. razred za županijsko-međuopćinsko povezivanje,
- 4. razred za međuopćinsko-općinsko povezivanje,
- 5. razred za općinsko-lokalno povezivanje.

2.1. Mjerodavne brzine

Pod pojmom mjerodavnih brzina podrazumijevaju se:

- Projektna brzina,
- Računska brzina,
- Brzina označena prometnim znakovima (najveća dozvoljena brzina).

Projektna i računsa brzina su temeljne postavke vođenja linije odnosno oblikovanja ceste, uz uvažavanje prometnog značaja, propusne moći, sigurnosti i ekonomičnosti. Pomoću njih određujemo duljine pravaca, prijelaznica, te polumjere kružnih lukova, uzdužne nagibe, širine prometnih trakova, rubnih trakova i sl. Primjenom mjerodavnih brzina pri projektiranju ceste, vozaču se olakšava korištenje i poboljšava preglednost ceste

Projektna brzina (V_p) je najveća brzina za koju je zajamčena potpuna sigurnost vožnje u slobodnom prometnom toku na cijelom potezu trase, pod optimalnim vremenskim uvjetima i prilikom dobrog održavanja. Ona karakterizira razinu građevinsko-prometnih svojstava ceste. Projektna brzina (V_p) određuje granične vrijednosti tlocrtnih i visinskih elemenata trase, odnosno:

- Minimalni polumjer horizontalnog zavoja R_{\min} [m],
- Maksimalni uzdužni nagib trase S_{\max} [%],
- Poprečni presjek q_{\max} [%].

Računska brzina (V_r) je najveća očekivana brzina koju vozilo u slobodnom prometnom toku može ostvariti uz dovoljnu sigurnost vožnje na određenom dijelu ceste, u skladu s prihvaćenim modelom njezinog ustanovljavanja, zavisno o tlocrtnim i visinskim elementima tog dijela trase.

Na temelju računsa brzine određuju se pojedini geometrijski elementi trase, a to su:

- Poprečni nagib kolnika u zavojima q [%],
- Potrebna duljina preglednosti Z [m],
- Polumjeri vertikalnih zavoja R [m],
- Najmanji polumjer horizontalnog zavoja sa suprotnim poprečnim nagibom kolnika.

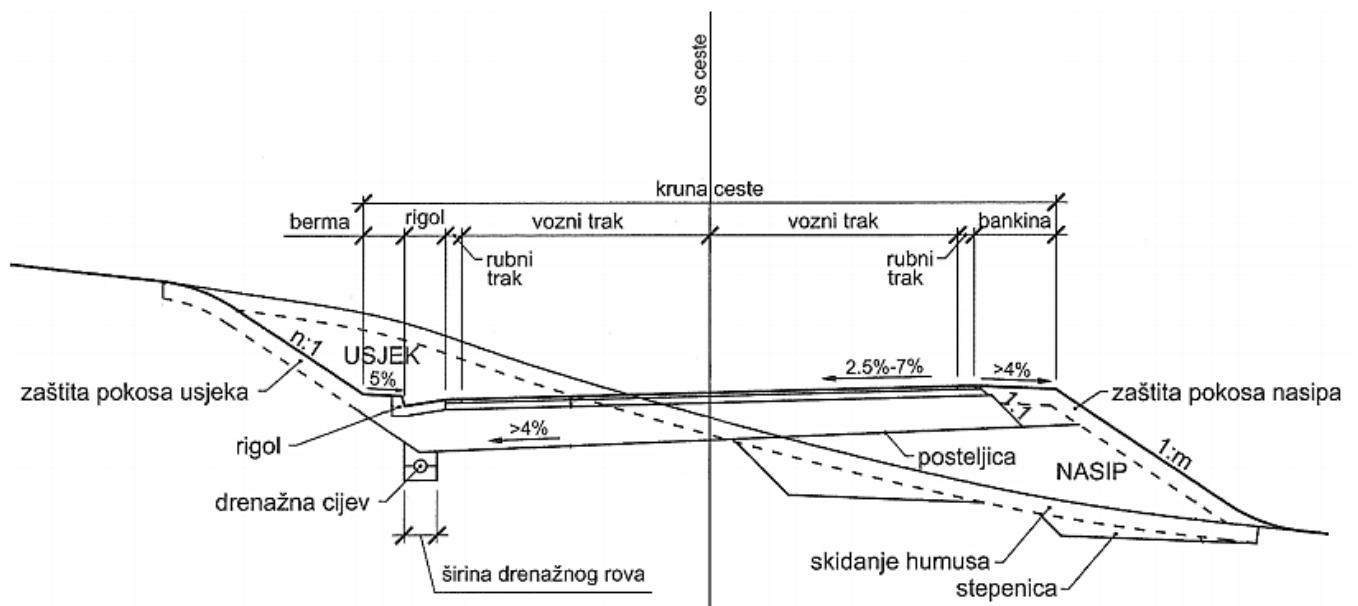
Računska brzina ne smije biti manja od projektne brzine, a najveća vrijednost ne smije biti veća od najveće zakonom dopuštene brzine vožnje za određenu kategoriju ceste. Razlika između najmanje i najveće vrijednosti računsa brzine unutar iste dionice ne smije biti veća od 15 km/h, a razlika između računsa i projektne brzine ne smije biti veća od 20 km/h.

2.2. Poprečni presjek prometnice

Poprečni presjek ceste predstavlja polaznu projekciju ceste u prometno-tehničkom, uporabnom i troškovnom pogledu.

Osnovni elementi poprečnog presjeka ceste su:

- Prometni trak (kolnik),
- Rubni trak,
- Bankina,
- Berma,
- Sustav za odvodnju (rigol).



Slika 1. Osnovni elementi poprečnog presjeka ceste u zasjeku

Osim tih elemenata, poprečni presjek može sadržavati i trak za spora vozila, trak za zaustavljanje, trak za vozila javnog prometa, razdjelni pojas te biciklističke i pješačke staze. U području raskrižja često se primjenjuju trakovi za usmjerenje, usporenje i ubrzanje.

2.3. Prometni trak

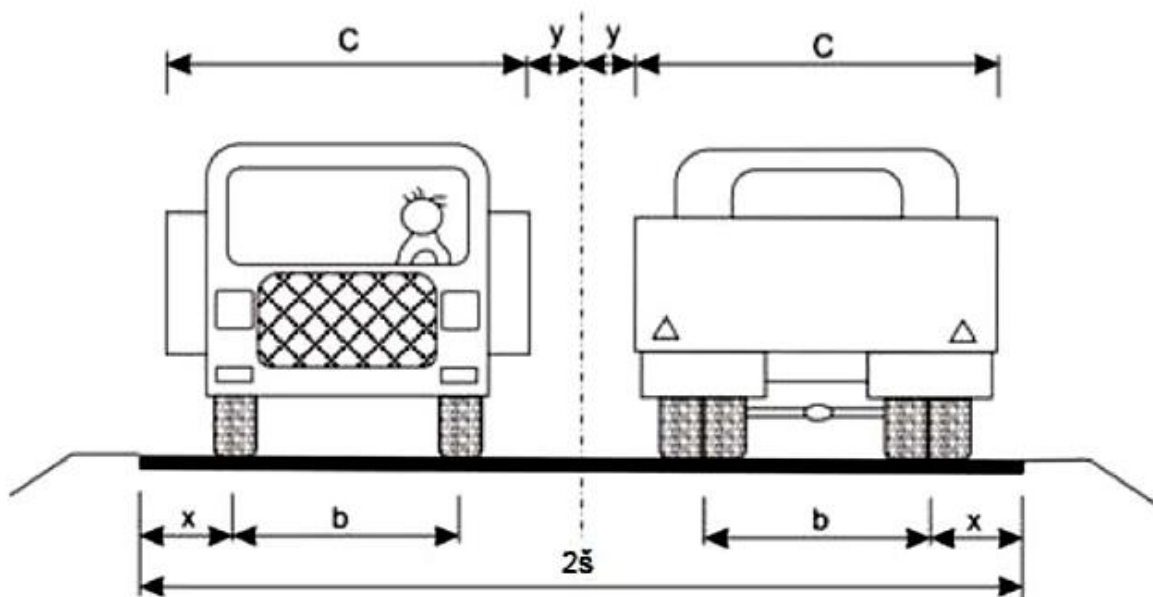
Ukupna širina kolnika sastoji se od jednog, dvaju ili više prometnih trakova i ovisi o njihovoj širini. Broj trakova određuje se prema značenju ceste, gustoći prometa i zahtijevanoj propusnoj moći ceste.

Širina prometnog traka „Š“ za vozila u kretanju:

- Jednotračni kolnik $\rightarrow \check{S} = b + 2x$
- Dvotračni/dvosmjerni trak $\rightarrow \check{S} = \frac{c+b}{2} + x + y$

Pri čemu je:

- $x = y = f(V_r) 0,5 + 0,005 V_r$
- x, y – sigurnosni razmak od ruba odnosno od drugog vozila
- b, c – geometrijske veličine za mjerodavna vozila.



Slika 2. Širina prometnog traka (Rezo, 2016.)

Jednotračni kolnici primjenjuju se iznimno pri vrlo maloj gustoći prometa te na kraćim pristupnim cestama i putovima odnosno na rampama raskrižja izvan razina. Dvotračni kolnici primjenjuju se za dvosmjernan i jednosmjernan promet. Radi pretjecanja, na dvosmjernim kolnicima je potrebno osigurati dovoljne duljine preglednosti na što većem potezu trase.

Trotračni kolnici se kao jednosmjerni primjenjuju na autocestama ili prigradskim prometnicama. (Rezo, 2014.)

V_p	120	100	90	80	70	60	50	40
Š(m)	3,75	3,75	3,50	3,25	3,00	3,00	2,75	2,75

Tablica 3. Odnos projektirane brzine i širine prometnog traka

2.4. Rubni trak

Rubni trak je učvršćeni dio cestovnog presjeka između bankine kolnika i kolnika ili između kolnika i staze za bicikle, mopede ili pješake. Rubni trakovi se ne računavaju u širinu prometnog traka. Grade se s obje strane kolnika i predviđeni su kao granični vizualni elementi u funkciji sigurnosti prometa. Širina rubnog traka ovisi o širini prometnog traka što je vidljivo u tablici 4. (Korlaet, 1995.)

Prometni trak [m]	Rubni trak [m]
3,75	0,50
3,50	0,35
3,25 – 3,00	0,30
2,75	0,20

Tablica 4. Odnos širine rubnog i prometnog traka

Širine rubnih crta iznose:

- Za računске brzine $V_r > 100 \text{ km/h} = 0.15 \text{ m}$
- Za računске brzine $V_r < 100 \text{ km/h} = 0.10 \text{ m}$

2.5. Bankina

Uz sam rub prometne trake, odnosno do rubne trake, u dijelu nasipa ili zasjeka, nalazi se bankina. **Bankina** je utvrđeni ili neutvrđeni dio profila ceste, a služi kao potpora za osiguranje

rubu kolnika, povećanje stabilnosti nasipa, postavljanje prometnih znakova i za kretanje pješaka.

Bankina se u većini slučajeva izvodi s poprečnim nagibom prema vanjskoj strani ceste minimalno 4%, ali ako je kolnik većeg nagiba od 4% bankina se izvodi prema nagibu kolnika.

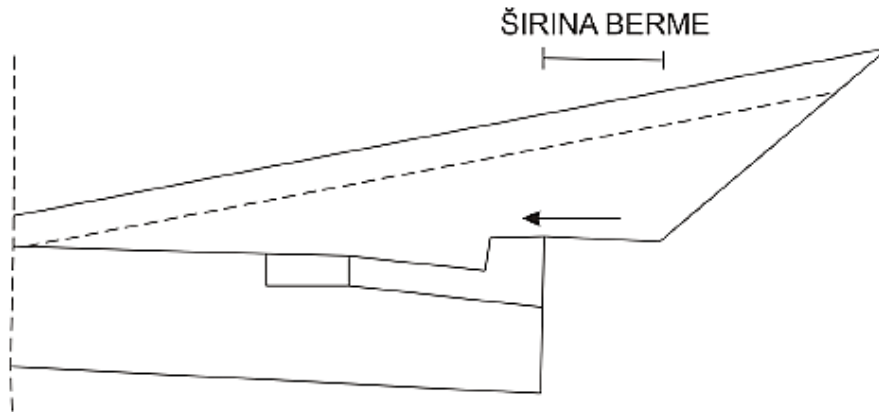
Širina prometnog traka (m)	Širina bankine(m)
3.75	1.50
3.50	1.50
3.25	1.20
3.00	1.00
2.75	1.00

Tablica 5. Odnos širine bankine i prometnog traka

Na izrazito brdovitom terenu, nerijetko je teško postići propisanu širinu bankine pa se u tom slučaju širina bankine može smanjiti i do 0.50 metara.

2.6. Berma

Berma je trak na usječnoj strani ceste, ona osigurava širinu profila ceste odnosno zaštitnu širinu ceste koja služi za prihvat eventualno palog materijala usjeka. Također, služi za povećanje horizontalne preglednosti u zavoju, zatim za otklanjanje neugodnog dojma što ga na vozača ostavlja blizina kosine usjeka te za postavljanje prometnih znakova i sl. Širina berme je 1-2 metra (iznimno 0.5 m) u pravcu, a u zavoju ovisi o veličini otvaranja usjeka radi osiguravanja preglednosti.

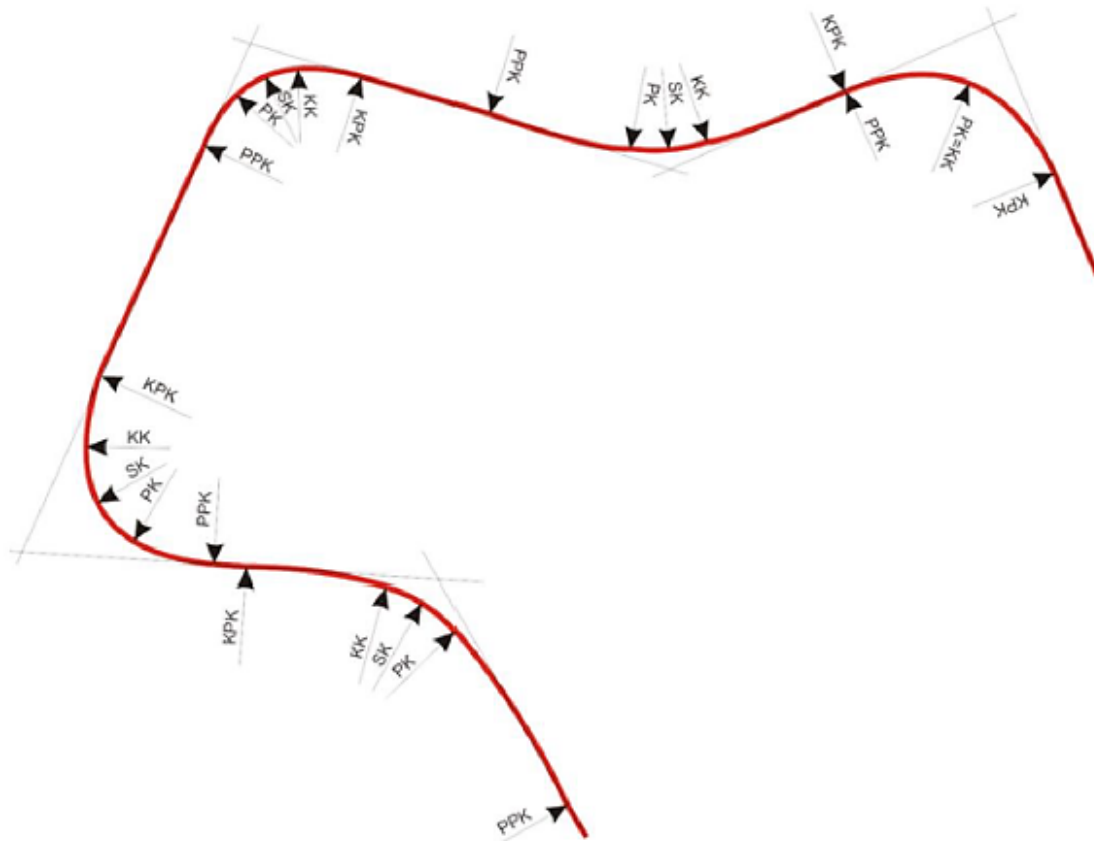


Slika 3. Položaj berme u poprečnom profile prometnice

3. Osnovni tlocrtni elementi trase prometnice

Os prometnice, bila ona definirana na terenu ili prikazana na karti naziva se trasa. Određena je u horizontalnom ili vertikalnom smislu. U horizontalnom, odnosno **tlocrtnom** smislu, linija ceste se sastoji od tri elementa: pravci, kružni lukovi i prijelazne krivine.

U brežuljkastom, brdovitom i planinskom terenu pravac se može potpuno izostaviti, tako da se linija ceste u tlocrtu sastoji samo od kružnih likova i prijelaznih krivina (Slika 4.), gdje je PPK – početak prijelazne krivine, PK – početak krivine, SK – sredina krivine, KK – kraj krivine i KPK kraj prijelazne krivine.



Slika 4. Tlocrtni elementi trase

3.1. Pravac

Pravac je jedan od tlocrtnih elemenata trase koji se najčešće primjenjuje na ravničarskom terenu, prilikom ulaska ceste u naseljena mjesta, kod prijelaza željezničke pruge i sl. Tehnički propisi nalažu primjenu pravca samo u posebnim uvjetima. Preporuke ograničavaju duljinu međupravca između dvije protusmjerne krivine na:

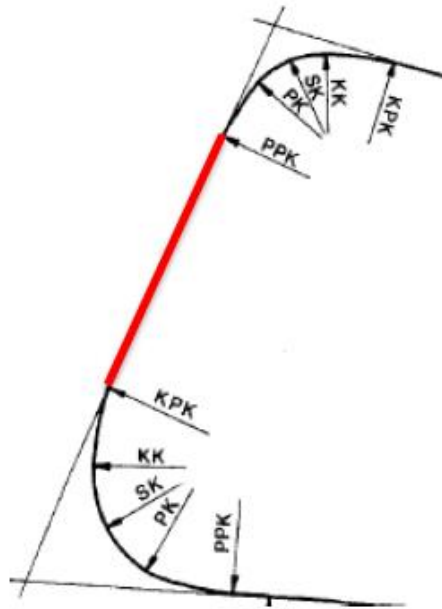
- $2V_r \leq L_{pr} \leq 20 V_r$ (u metrima). (Rezo, 2016.)

Primjenu međupravca između istosmjernih krivina treba izbjegavati, odnosno duljinu ograničiti na:

- $4V_r \leq L_{pr} \leq 20 V_r$ (u metrima),

Gdje je:

- V_r - računska brzina u km/h
- L_{pr} – duljina pravca u metrima.



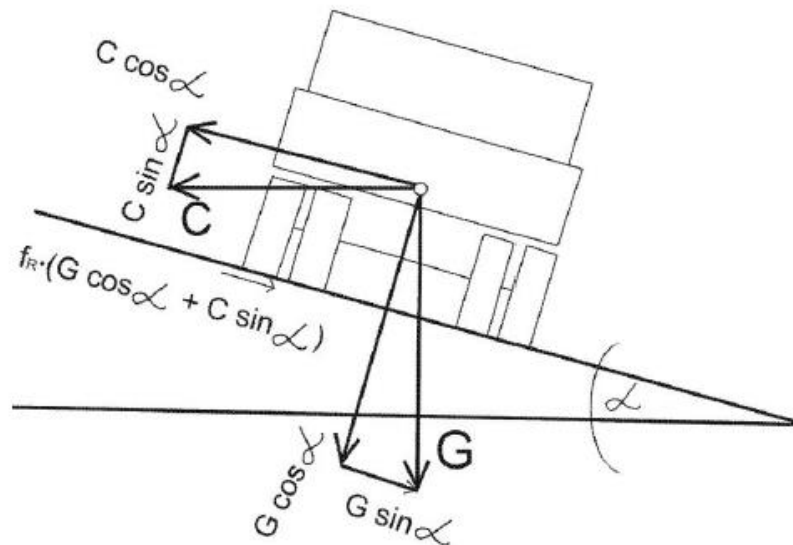
Slika 5. Pravac (Rezo, 2016.)

Poprečni nagib kolnika u pravcu može biti jednostran, dvostran, dvostran sa zaobljenom srednjom trećinom, te dvostrani parabolični nagib.

3.2. Kružni luk

Kružni luk je element horizontalnog vođenja ceste koji je konstantno zakrivljen. Elementi kružnog luka su početak krivine PK, središte krivine SK i kraj krivine KK. Veličina polumjera kružnog luka ovisi o projektnoj brzini, terenskim uvjetima, susjednim zavojima i o mogućem odnosu projektne i računске brzine.

Krivine treba projektirati sa što većim polumjerima, a polumjeri kod krivina koje slijede jedna za drugom moraju biti u određenom odnosu. Neposredno nizanje krivina velikih i malih polumjera ne smiju se primjenjivati.



Slika 6. Stabilnost vozila u krivini (Rezo, 2016.)

Polumjer kružnog luka prvenstveno je ovisan o projektiranoj brzini. Minimalna vrijednost polumjera kružnog luka neke ceste se određuje prema određenoj projektnoj brzini ceste, te iz uvjeta poprečne stabilnosti vozila u krivini, tj. veličine radijalnog koeficijenta otpora klizanja i najvećeg poprečnog nagiba kolnika (Slika 6.). Pri utvrđivanju polumjera zavoja uzima se u proračun mogućnost otklizavanja vozila.

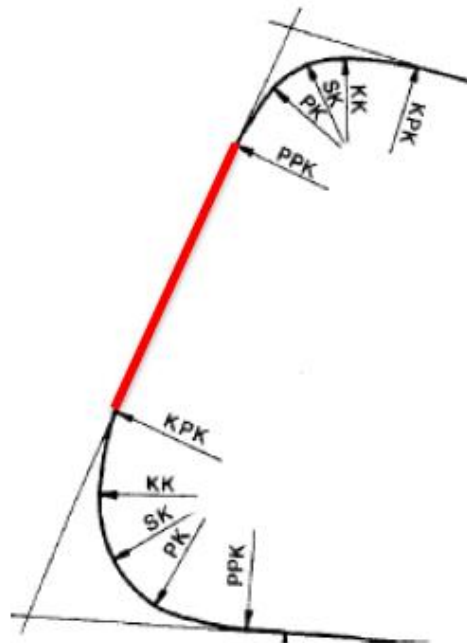
U kružnom luku je potrebno, u odnosu na cestu u pravcu, dodatno povećati poprečni nagib kolnika u svrhu odvodnjavanja površinske vode s vozne površine te radi veće stabilnosti vozila u krivini. Prilikom vožnje po kružnom luku na vozilo djeluje centrifugalna sila čiji se utjecaj smanjuje povećanjem poprečnog nagiba.

V_r	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
f_r	0,245	0,218	0,139	0,171	0,151	0,133	0,118	0,105	0,094	0,086
K_p	0,222	0,243	0,266	0,290	0,317	0,345	0,372	0,400	0,427	0,449
R_{min}	25	45	75	120	180	250	350	450	600	750

Tablica 6. Ovisnost kružnog luka i poprečnog nagiba

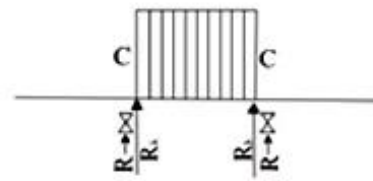
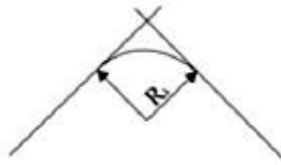
3.3. Prijelaznica

Kod većih brzina motornih vozila prigodom neposrednog prijelaza iz pravca u kružni luk na vozilo i putnike naglo nastupa djelovanje centrifugalne sile "C". Da se ova sila smanji, može se ispred glavnog kružnog luka umetnuti kružni luk većeg polumjera od polumjera glavnog kružnog luka. U tom slučaju bočna će sila kod prijelaza iz pravca biti manja. Da se dobije postepen porast bočne sile, umeće se između pravca i kružnog luka prijelazna krivina (slika 7.), kod koje se zakrivljenost mijenja postepeno, na način koji zavisi od odabrane krivulje (slika 8.). (Korlaet, 1995.)



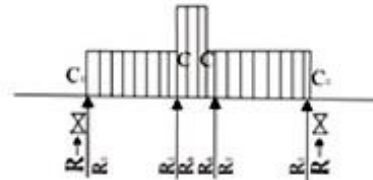
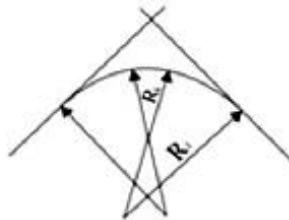
Slika 7. Prijelazna krivina

Neposredno

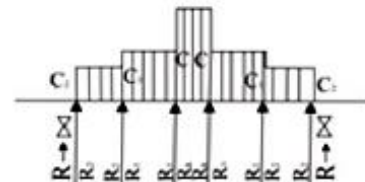
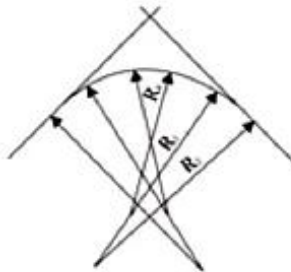


Preko kružnice

$$R_1 = 2 \times R_2$$



Uzastopnim smanjivanjem polumjera kružnih lukova



Slika 8. Djelovanje centrifugalne sile u prijelaznoj krivini

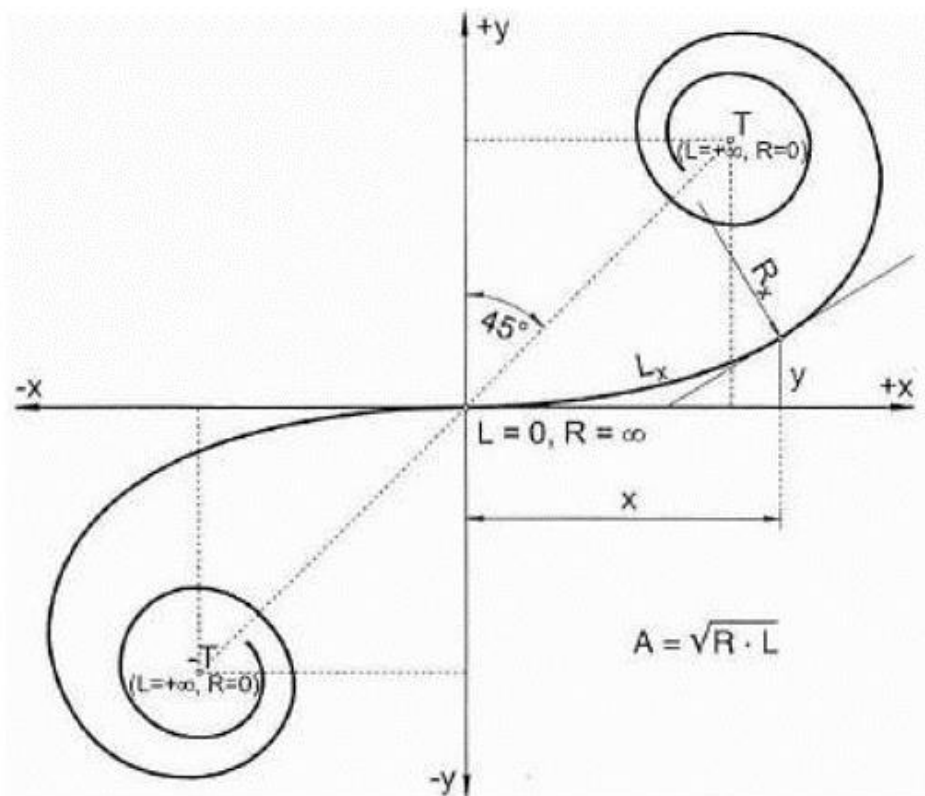
Prijelaznica kao tlocrtni element ceste služi za (Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa):

- postupan prijelaz zakrivljenosti iz pravca u kružni luk, a time i za postupnu promjenu radijalnog ubrzanja, odnosno za prijelaz iz jedne zakrivljenosti u drugu,
- za osiguranje dovoljne duljine vitoperenja kolnika za prijelaz iz poprečnog nagiba u pravcu na poprečni nagib u kružnom luku,
- za postupno proširenje kolnika iz širine u pravcu na širinu u kružnom luku.

Prijelazne su se krivine najprije počele upotrebljavati kod željeznica, jer su veće brzine vožnje postignute ranije nego na cestama. Za prijelaznu se krivinu kod željeznica primjenjuje kubna parabola, a za oblikovanje osi trase cesta koriste se prijelazne krivine oblika klotoida.

(Korlaet, 1995.) Klotoida kao najpovoljnija prijelaznica je krivulja koja iz ishodišta koordinatnog sustava

($R = \infty$) teži prema točki T s polumjerom zakrivljenosti $R = 0$.



Slika 9. Klotoida

Parametarski oblik jednadžbe klotoide glasi:

- $A^2 = R \times L$

Gdje je A parametar klotoide, R polumjer kružnog luka i L duljina luka klotoide.

Duljina prijelazne krivine određena je:

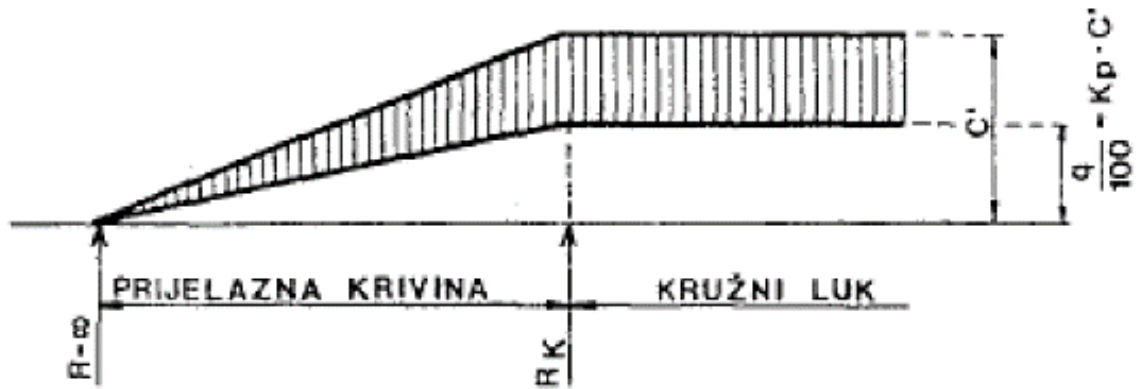
- Vozno-dinamičkim zahtjevima,
- Konstruktivnim zahtjevima,
- Vizualnim zahtjevima.

VOZNO-DINAMIČKI ZAHTJEVI

S obzirom na voznodinamičke zahtjeve duljina prijelaznica određena je dopuštenim bočnim potiskom, tj. promjenom radijalnog ubrzanja u jedinici vremena X (m/sec^3).

(Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa)

Kod vožnje po klotoidi promjena centrifugalnog ubrzanja je linearna s promjenom dužine. (Slika 10.)



Slika 10. Promjena centrifugalne sile s promjenom dužine

KONSTRUKTIVNI ZAHTJEVI

Relativni nagib ruba kolnika mora udovoljiti graničnim dopuštenim vrijednostima ΔS_{max} koji su prikazani u tablici. (Tablica 5.3.)

V_p (km/h)	≤ 40	60	≥ 80
ΔS_{max}	1.5	1.0	0.75

Tablica 7. Relativni nagib ruba kolnika ΔS_{max} (%)

VIZUALNI ZAHTJEVI

Prijelazna krivina mora ublažiti oštre krivine s položaja oko vozača. Na primjerima iz prakse utvrđeno je da ovom uvjetu zadovoljava odnos:

- $A_{min} = \frac{R}{a}$ odnosno $L_{min} = \frac{R}{9}$

Kao mjerodavna veličina najmanje dozvoljene duljine prijelazne krivine L_{min} uzima se najveća od tri vrijednosti dobivene prema navedenim zahtjevima. U tablici (Tablica 8.) navedene su vrijednosti duljina prijelaznih krivina (L_{min}) koje se mogu primjenjivati u krivinama s minimalnim polumjerom (R_{min}). (Korlaet, 1995.)

V_r (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
X (m/sec ³)	0.909	0.773	0.654	0.555	0.469	0.396	0.338	0.290	0.252	0.224
L_{min} (m)	25	30	35	40	50	60	70	100	110	120
R_{min} (m)	25	45	75	120	175	250	350	450	600	750

Tablica 8. Dozvoljene vrijednosti L_{min} uz odgovarajući R_{min} (Korlaet, 1995.)

3.4. Vertikalno vođenje linije

Vertikalno vođenje linije definirano je linijom nivelete koja je određena kao presječnica vertikalne plohe, položene kroz os ceste u tlocrtu (situacija), s površinom kolnika. Vertikalna ploha je ravna ako je os pravac ili je zakrivljena ako je os kružnica ili klotoida. Kako bi vertikalni prikaz trase bi moguć na uobičajen način zakrivljene dijelove vertikalne plohe treba razviti u ravninu. Na taj način dobijemo prilog projekta koji se zove „uzdužni profil“, gdje je niveleta linija prikazana na pravokutnom koordinatnom sustavu u kojem se na apscisi nanose stacionaže a na ordinati apsolutne nadmorske visine. U geometrijskom smislu niveleta se sastoji od pravaca i kružnica. Pravci se odnose na dužine odnosno uspone i padove trase, a kružnice se odnose na vertikalne krivine koje mogu biti konveksne ili konkavne. Uzdužni nagib nivelete izražava se u postocima, a polumjeri vertikalnih krivina izražavaju se u metrima.

3.5. Uzdužni nagib

3.5.1. Najveći uzdužni nagib nivelete

Najveći uzdužni nagib ovisi o konfiguraciji terena i razredu same ceste. Ceste koje spadaju u više razrede imaju manje uzdužne nagibe od cesta nižeg razred. Na odabiranje uzdužnog nagiba također utječe vrsta prometa, s obzirom na konfiguraciju terena dozvoljeni uzdužni nagibi su veći u brežuljkastom, brdovitom ili planinskom terenu u odnosu na uzdužni nagib koji se uzima u ravnici. Uzdužni nagib se određuje prema tablici (Tablica 9.)

RAZRED CESTE	VRSTE TERENA			
	RAVNIČAST	BREŽULJKAST	BRDOVIT	PLANINSKI
AUTO-CESTE	-	4 - 5	5	7
CESTE 1. RAZREDA	-	5	6	7
CESTE 2. RAZREDA	-	6	7	8
CESTE 3. RAZREDA	-	7	8	10
CESTE 4. RAZREDA	-	8	10	11
CESTE 5. RAZREDA	-	10	11	12

Tablica 9. Najveći uzdužni nagib nivelete S_{max} (%) (Korlaet, 1995.)

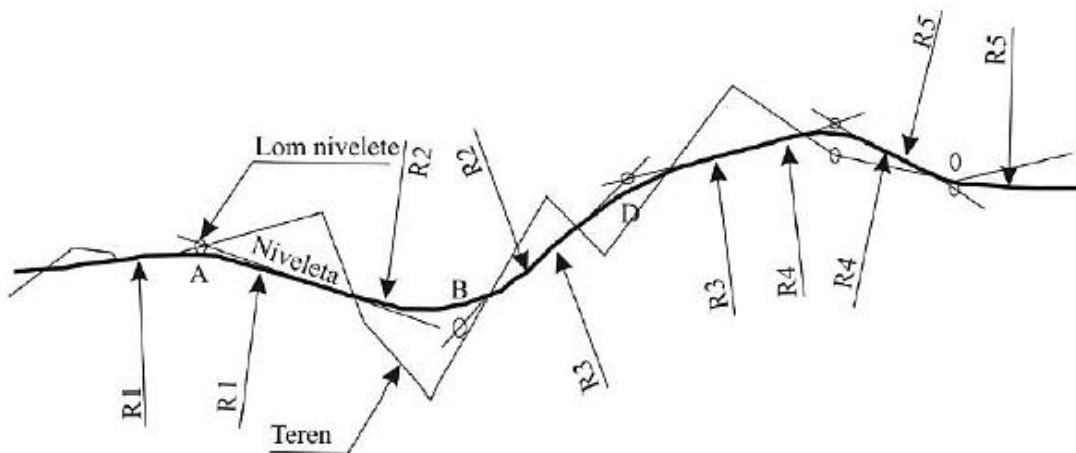
Kod odabiranja maksimalnih nagiba mora se voditi računa o gustoći prometa. Veći uzdužni nagibi od navedenih u tablici 6.1. mogu se primijeniti samo ako je financijski opravdano odnosno ako su troškovi građenja manjeg uzdužnog nagiba preveliki. Na dužim dionicama treba izbjegavati maksimalni uzdužni nagib jer već nagibi veći od 2.5% na dužim dionicama izazivaju smetnje prometnom toku zbog teretnih vozila. Na usponima većim od 4% treba predvidjeti proširenja kolnika za eventualno zaustavljanje vozila na svakih 100 m visinske razlike.

3.5.2. Najmanji uzdužni nagib nivelete

Minimalni uzdužni nagib ceste, kad je cesta u dužem usjeku ili zasjeku, iznosi: 0.2 % ako je odvodni rigol obložen betonom; 0.3 % ako je odvodni rigol taracan; 0.5 % ako je odvodni rigol obrastao travom. Najveći dozvoljeni uzdužni nagib ovisi o razredu ceste i o konfiguraciji terena. U područjima s većim intenzitetom oborina ove vrijednosti treba povećati. U slučaju da je predviđen sustav odvodnje čije djelovanje ne ovisi o nagibu nivelete uzdužni nagim može biti 0%.

3.6. Zaobljavanje prijeloma nivelete

Kod promjene nagiba nivelete nastaju lomovi koji se zaobljavaj vertikalnim kružnim lukovima. Lom nivelete može biti konveksan ili konkavan kao što je prikazano na sljedećoj slici (Slika 10.). (Korlaet, 1995.)



Slika 11. Vertikalne krivine (Rezo, 2016.)

U većini slučajeva prijelomi nivelete zaobljavaju se kružnim lukovima ali s obzirom na jednostavnije računanje umjesto kružnog luka se koristi kvadratna parabola. S obzirom na relativno male vrijednosti prijelomnih kuteva tangentskih pravaca nivelete za račun zaobljenja može se koristiti kvadratna parabola u sljedećem obliku:

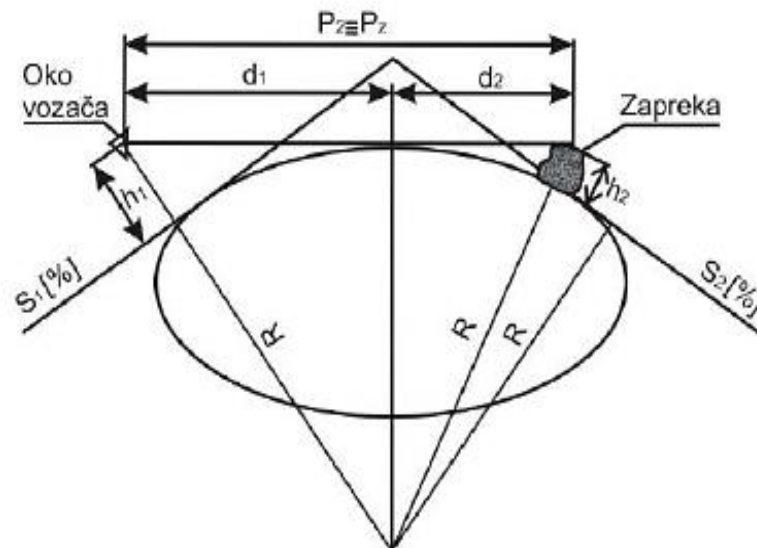
- $y = \frac{x^2}{2R}$ (Rezo, 2016.)

Polumjere vertikalnih zaobljenja treba znati odabrati na način da se zajedno s tlocrtnim elementima postigne:

- Sigurnost prometa ostvarenjem odgovarajuće preglednosti,
- Uravnoteženo prostorno vođenje linije,
- Prilagođavanje terenu (reduciranje troškova gradnje),
- Očuvanje okoliša.

KONVEKSNO VERTIKALNO ZAOBLJENJE

Za određivanje najmanjeg polumjera konveksnog zaobljenja nivelete mjerodavni kriterij je da preglednost mora biti osigurana na udaljenosti između oka vozača na visini iznad kolnika i nepomične zapreke.

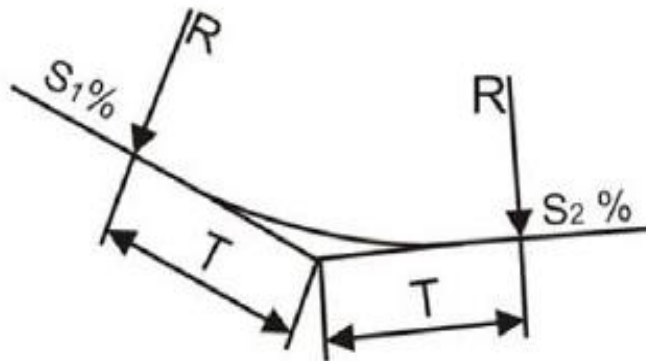


Slika 12. Konveksna vertikalna krivina (Rezo, 2016.)

V_r	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R_{min}	130	200	400	750	1300	2100	3500	5700	8600	13000	19000

Tablica 10. Najmanji konveksni polumjeri (R_{min})

KONKAVNO VERTIKALNO ZAOBLJENJE



Slika 13. Konkavna vertikalna ravnina (Rezo, 2015.)

Najmanji polumjer vertikalnog zaboljenja navedeni su u tablici (Tablica 11.)

V_r	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R_{min}	130	200	400	750	1300	2100	3500	5700	8600	13000	19000

Tablica 11. Najmanji konkavni polumjeri (R_{min})

4. Odvodnja prometnica

Različito djelovanje vode predstavlja najveću opasnost za građevine donjeg ustroja. Pri projektiranju prometnica potrebno je uzeti u obzir geološku građu terena, hidrogeološka obilježja terena i način pojave vode kako bi se što kvalitetnije napravili potrebni zahvati i građevine. Voda utječe na građevine donjeg ustroja tijekom grgrađenja, a zatim tijekom uporabe. Štetno djelovanje vode uzrokuju vode tekućice, stajaćice, oborinske te podzemne vode. Vode tekućice i stajaćice mogu ozbiljno naštetiti građevinama donjeg ustroja tj. njihovoj nosivosti što smanjuje njihov vijek trajanja. Smrzavanje je također jedan od važnijih čimbenika utjecaja na donji ustroj zbog čijeg djelovanja dolazi do smanjenja nosivosti koje izravno utječe na gornji ustroj prilikom odmrzavanja gdje dolazi do deformacije pod djelovanjem prometa.

Podzemne vode izazivaju klizanje pokosa usjeka i nasipa ili pojavu strujnih tlakova ovisno o vrsti materijala. Sustav odvodnje i drenaže se projektira tako da se podzemne i površinske vode odvedu s donjeg ustroja najkraćim mogućim putem do mjesta gdje ne predstavljaju opasnost za promet.

Ovisno o načinu pojavljivanja vode koju treba odvesti imamo dva sustava odvodnje:

- Skupljanje i odvodnja površinskih voda,
- Skupljanje i odvodnja podzemnih voda (vode iz trupa prometnice ili posteljice)

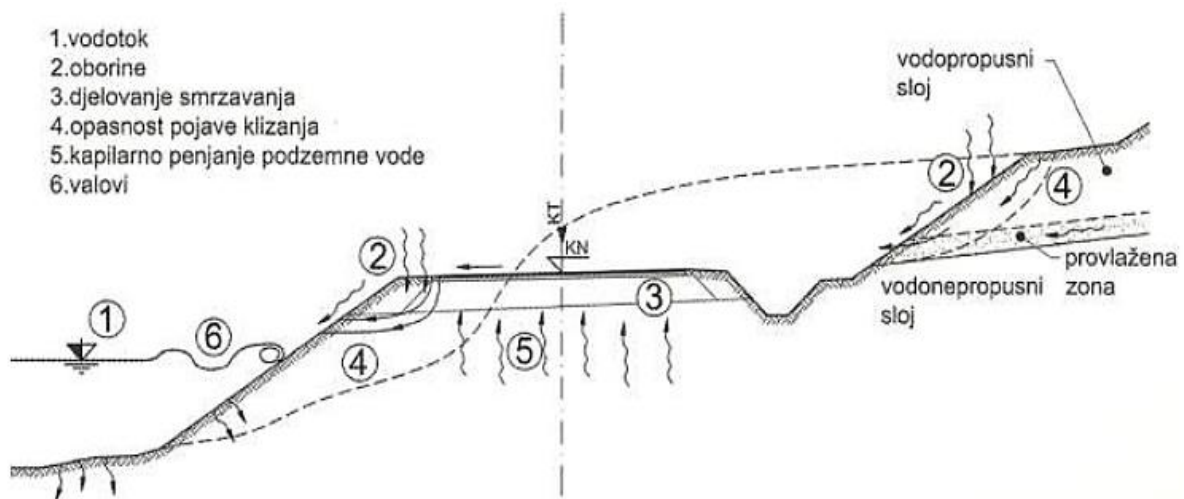
4.1. Površinska odvodnja

Površinska odvodnja je važan čimbenik za trajanje svake građevine. Za odvodnju površinskih voda izrađuju se otvoreni jarci, rigoli i propusti te se voda ispušta u recipiente.

Dimenzije građevina za površinsku odvodnju određuju:

- Namjena,
- Uzdužni nagib,
- Količina vode,
- Vrsta materijala u kojem su izgrađeni.

Srednju visinu oborina slivne površine (H_s) dobivamo postupnim proračunom, koji pomaže projektantima u proračunima, kao što je utvrđivanje na način da je prikupljena voda provedena najkraćim i najučinkovitijim mogućim načinom.



Slika 14. Djelovanja vode na prometnicu

4.2. Odvodni jarci

Ovo je najjednostavniji način odvođenja vode s kolnika. Odvodni jarci primaju vodu s kolnika, pokosa i usjeka. Odvodni jarci moraju imati dovoljan uzdužni nagib kako bi bili djelotvorniji u odvodnji.

Odvodne jarke djelimo na:

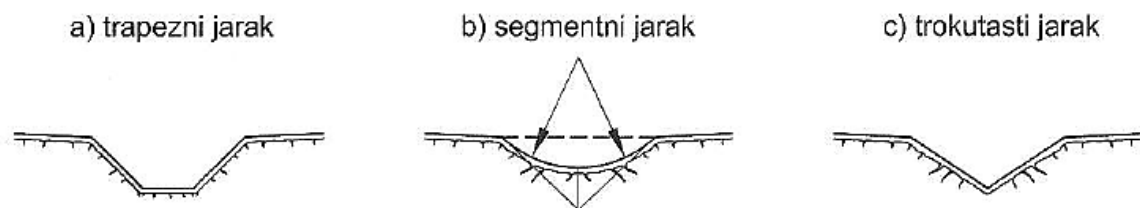
- Trapezne,
- Segmentne,
- Trokutaste.

Uzdužni nagib jarka je potrebno prilagoditi uvjetima odvodnje na način da uzdužni nagib jarka obično slijedi nagib ruba kolnika. Povećanjem uzdužnog nagiba može se predvidjeti produbljenjem dna. Prilikom oblaganja jarka, mora se jasno definirati da će omjer nagiba pokosa biti puno veći. Oblaganje se izvodi materijalima kao što su:

- Kamen-beton i betonski proizvodi,
- Asfalt i asfaltni proizvodi,
- Cement, bitumen i ostali kemijski proizvodi,
- Montažni elementi.

TRAPEZNI JARCI

Upotrebljavaju se za odvođenje većih količina vode. Najčešći su na šumskim cestama ili cestama manje važnosti. Kod prometnih nezgoda prilikom izljetanja su manje opasniji od segmentnih ili trokutastih jaraka. Širina i visina trapeznog jarka iznose najmanje 30-50 cm prema potrebi i više. Nagib pokosa i jarka je najčešće u omjeru 1:1.5 dok dno jarka treba biti niže najmanje 20 cm od posteljice zbog izbjegavanja dotoka vode u kolničku konstrukciju ili gornji ustroj.



Slika 15. Poprečni presjeci jaraka

SEGMENTNI JARCI

Primjenjuju se na svim značajnijim cestovnim prometnicama na ravnim terenima. Uobičajena dubina je 30 cm, a širina može biti u rasponu od 1 – 2.5 m.

TROKUTASTI JARCI

Najčešća su odvodnja kod suvremenih cesta, neprimjetno se uklapaju u prirodu, sigurniji su za vozila kod skliznuća s kolnika.

4.3. Zaštitni jarci

Zaštitni jarci su odvodni jarci, izvan područja usjeka i nasipa, koji prihvaćaju površinske vode sa šireg slivnog područja i štite prometnicu od razornog djelovanja površinskih voda. Odvodnju velikog slivnog područja prije svega treba riješiti gradnjom jarka udaljenih od prometnice, pošumljavanjem, zabranom siječe drveća. Zaštitni jarci grade se na padinama iznad usjeka paralelno s prometnicom. Treba izbjegavati gradnju uz rub usjeka zbog mogućeg klizanja pokosa. Ako se izvode u neposrednoj blizini vrha usjeka, treba ih graditi tako da ne dođe do izlivanja vode iz kanala i redovito održavati da bi se spriječila začepjenja i taloženje materijala. U krškim predjelima nije potrebna izgradnja zaštitnih jaraka.

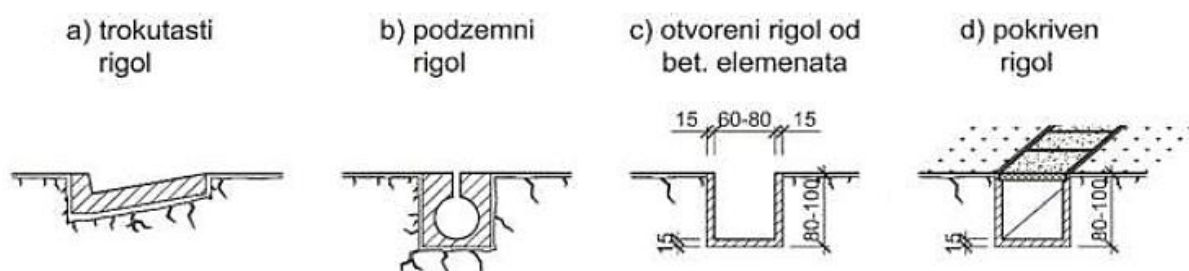


Slika 16. Zaštitni jarak u praksi

U nasipu se izvode zaštitni jarci segmentnog, trokutastog ili trapeznog oblika, kako bi štitili nožicu nasipa od štetnog djelovanja pribrežnih voda minimalni uzdužni nagib jarka je 0,5%. Uzdužni nagib zaštitnog jarka minimalno je 0.5 % dok nagib zaštitnog jarka obzidanog lomljenim kamenom ili izvedenim kanalicama može biti i veći od 10 %.

4.4. Rigoli

Neposredna odvodnja s kolnika ili usjeka može se, osim jarkovima, provoditi s pomoću različito oblikovanih rigola: trokutastih, žljebastih ili segmentnih. Rigoli su mali odvodni uređaji, koji mogu biti: otvoreni (trokutasti, segmentni te od betonskih elemenata), podzemni, pokriveni.



Slika 17. Tipovi rigola

Najčešće se rade od betona i to kontinuirano na mjestu ugradnje. Uzdužni nagib je minimalno 0.2 %, a njegova najmanja debljina je 15 cm. Najpogodnija podloga za rigole je mehanički zbijena podloga. Na visokim nasipima izgrađenima od nevezanih ili slabo vezanih sitnozrnastih materijala posebno u područjima s velikom količinom oborina rade se rigoli paralelno s rubom kolnika radi prikupljanja vode koje se ispušta niz pokose nasipa do prihvatnog kanala.

4.5. Podzemna odvodnja

Prikupljanje i odvodnja podzemne vode koja je dospjela u trup prometnice ili u teren izvan nje, obavlja se kako bi se:

- Odvela voda koja prodire iz posteljice, kroz bankine ili kroz gornji ustroj,
- Snizila razina podzemne vode,
- Prihvatila podzemna voda iz vodonosnog sloja sa strane i spriječilo njeno štetno djelovanje na pokose usjeka ili trup prometnice (osiguranje drenažama),
- Poboljšala stabilnost građevine donjeg ustroja ili terena poremećene stabilnosti (klizišta).

U podzemnu odvodnju ubrajaju se podzemni odvodni uređaji koji prihvaćaju i odvode podzemnu i procjednu vodu, tj. vodu koja miruje ili teče ispod površine terena. Podzemnim sustavima isušuje se i mijenja hidrodinamički tok, čime se stabilizira tlo građevina. Bitna komponenta podzemne odvodnje je drenažni (filtracijski) materijal, koji mora zadovoljiti filtarsko pravilo. S pomno uravnoteženim sustavom i količinama pojedinih frakcija granulata postiže se propuštanje nevezane vode, bez zamuljivanja drenažne cijevi i bez propuštanja krupnijih čestica u drenažni sustav.

4.6. Drenaže

Za prihvata i odvodnju podzemne vode služe različite vrste drenaža: uzdužne-paralelne s osi usjeka, kose, poprečne i drenažni sustavi. Drenaže se najčešće polažu ispod dna jarka ili rigola u usjeku, odnosno ispod zelenog pojasa na autocestama. U tu svrhu primjenjuju se plitke drenaže različite građe.

Drenažni sustavi projektiraju se tako da osiguraju stabilnost građevine donjeg ustroja i djelotvorno odvodnjavanje. Značajna je uloga drenaža i pri odvodnjavanju ispune iza stupova mosta, potpornih ili obložnih stupova mostova, potpornih ili obložnih zidova, galerija i drugih građevina. Položaj, dubina i duljina drenaža određuju se na osnovi prethodnih terenskih istražnih radova i laboratorijskih ispitivanja. Pri projektiranju drenaža mora se paziti da dno drenaže bude niže od maksimalne dubine djelovanja smrznutice.

Prema položaju u odnosu na os prometnice, drenaže se dijele na:

- Uzdužne,
- Poprečne.

Prema načinu djelovanja drenaže mogu biti:

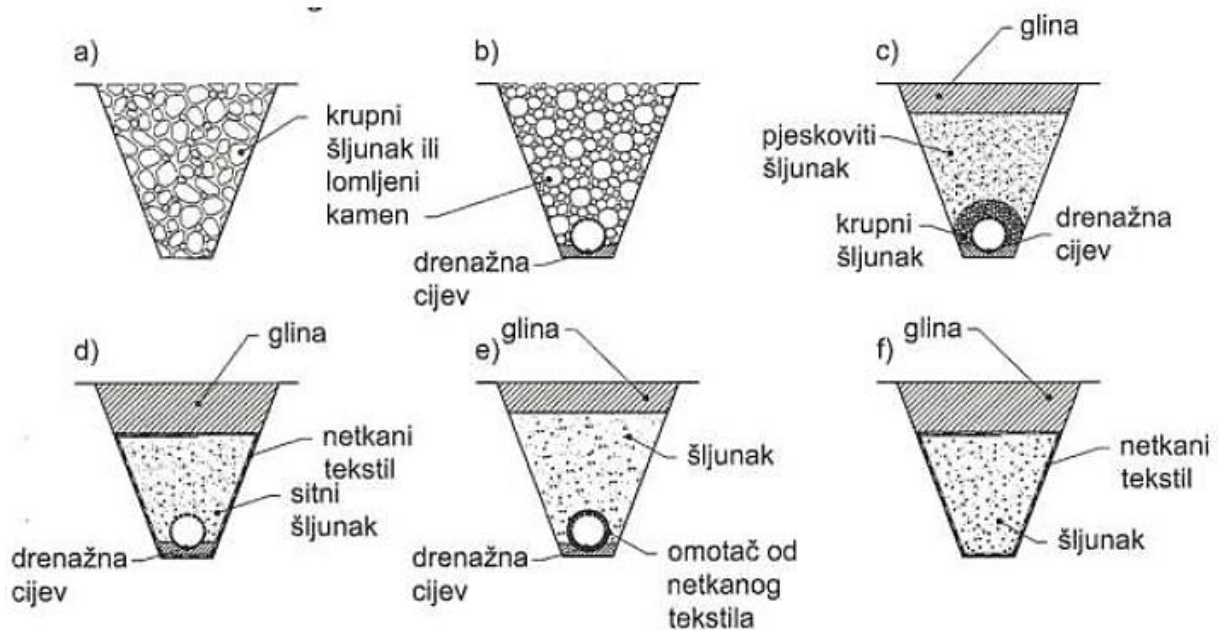
- Pojedinačne,
- Vezane u zajednički sustav.

Ovisno o položaju i dubini, odnosno namjeni, mogu biti:

- Otvorene (površinske),
- Zatvorene (vertikalne ili horizontalne), na različitim dubinama).

Ovisno o funkciji, drenaže se mogu projektirati isključivo radi:

- Odvodnje,
- Osiguranja stabilnosti pokosa,
- Višestruke uloge.



Slika 18. Povijesni razvoj sustava plitkih drenaža

4.6.1. Drenažna cijev

Drenažna cijev može biti od različitih materijala: pečene gline, betona, azbest-cementa, plastike, promjera 10, 15, 20 cm. Najčešće su na gornjoj polovici perforirane (rupe promjera 10 mm). Kod nas u upotrebi su većinom plastične drenažne cijevi, koje su se pokazale u mnogočemu bolje od ostalih vrsta cijevi. Proizvode se cijevi različite veličine otvora i duljine do 5m. Pri ugradnji se jednostavno spajaju, lake za prijevoz i rad, postojane su i dobro propusne zbog sustava ureza i kanalića te glatkoće unutarnje površine.



Slika 19. Plastična drenažna cijev



Slika 20. Primjer drenažne cijevi u praksi

4.6.2. Drenažna ispuna

Iznimno je važno da sustav **drenažne ispune** bude ispravan. Pri izradi drenaža često dolazi do greške jer se za ispunu koriste materijali kao što su: lomljeni kamen, drobljenac, krupni odsijani šljunak i sl. Takvi materijali ne mogu obavljati funkciju filtra jer se brzo ispune česticama tla. Drenažna ispuna je dobra samo ako odgovara okolnom terenu koji drenira. Uloga **filtarskih slojeva** je da omoguće učinkovito filtriranje podzemne vode i da spriječe ispiranje čestica prirodnog tla koje se drenira, odnosno zamuljivanje procjeddnog tijela. A to se postiže pravilnim odabirom granulometrijskog sastava, primjenom tzv. filtarskih pravila koje je 1920. godine postavio Karl von Terzaghi.

Filtarski material mora zadovoljiti ove zahtjeve:

1. $K_1 = d_{15\% \text{ ispune}} / d_{85\% \text{ osnovnog tla}}$,
2. $K_2 = d_{15\% \text{ ispune}} / d_{15\% \text{ osnovnog tla}}$,

gdje je K_1 – koeficijent zamuljivanja,

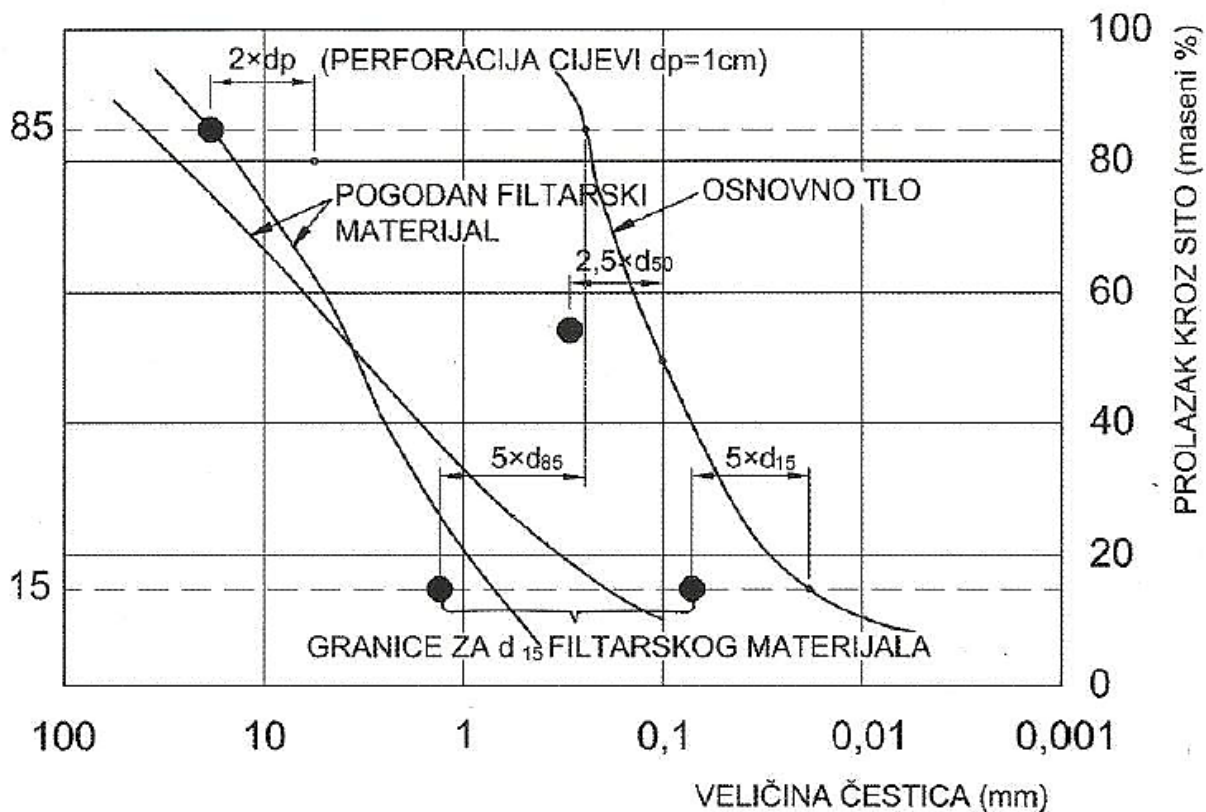
K_2 – koeficijent propusnosti,

d_{15} – promjer čestica kojih ima 15 % u materijalu,

d_{85} – promjer čestica kojih ima 85 % u materijalu.

Promjer čestica kojih ima 15% odnosno 85% u materijalu određuje se iz granulometrijskih dijagrama izrađenog na temelju rezultata prosijavanja. Ovi zahtjevi moraju biti zadovoljeni kako bi drenaža bila dovoljno propusna i kako ne bi došlo do brzog zamuljivanja. Ako to nije ostvareno, mora se predvidjeti novi filtracijski sloj (pješčani) debljine 10 do 15 cm koji ispunjava pravila, ili dodatni sloj geotekstila,

3. Ako su drenažne cijevi s rupama ili međurazmacima, potrebno je promjer zrna kojih ima 85 % u ispuni bude veći od dvostruke veličine otvora kako material ispune ne bi upadao u cijev 2d perforacije,
4. Da se spriječi segregacija materijala ,
5. Količina frakcija manjih od 0.0074 mm u filtarskom materijalu mora biti manja od 10 %.



Slika 21. Izbor filtra temeljem filtarskih pravila

4.6.3. Projektiranje i izrada drenaža

Izrada drenaža se obavlja u nekoliko faza:

- Iskopa se drenažni rov s podgrađivanjem ili bez podgrađivanja, odnosno iskopa se drenažni potkop, ovisno o vrsti drenaže,
- Uredi se dno drenažnog rova, tj. izradi vodonepropusni sloj ili temelj od mršavog betona,
- Postavi se drenažna cijev, odnosno betonski kameni kanal za odvodnju,
- Ugradi se procjedno tijelo sa pješčanim filtrom ili geotekstilom,
- Ugradi se vodonepropusni sloj (glineni čep).

Iskop drenažnog rova obavlja se, ako je to moguće učiniti bez štetnih posljedica, **na cijeloj dužini i od najnižeg dijela** jer se na taj način osigurava odvodnja i stječe potpuni uvid u stanje na terenu (vrste slojeva i njihov raspored, razina vodonepropusnog sloja, uzdužni nagib i količina vode, geotehničke značajke tla i drugi elementi).

Najmanja dubina na koju se može položiti dno drenaže (drenažnog jarka ili drenažne cijevi) mora biti veća od maksimalne dubine smrzavanja, u našim uvjetima 0.8 do 1.0 m, a radi osiguranja njene stabilnosti najmanje 60 cm ispod klizne površine odnosno vodonosnog sloja. Širina drenažnog rova ovisi o vrsti drenaže, njenoj dubini, načinu razupiranja, vrsti tla i bočnim pritiscima.

4.7. Odvodnja posteljice i kolničke konstrukcije

Mehanički zbijeni nosivi sloj mora imati **moгуćnost odvođenja vode** koja bi se u njemu mogla akumulirati. Istraživanja su pokazala da oštećenja mehanički zbijenog nosivog sloja mogu nastati zbog kondenzacije vodene pare, a pod određenim uvjetima temperature i vlage. Tada se može pojaviti voda, ako ta voda nema dobru ili čak nikakvu mogućnost da se odvede izvan trupa prometnice, može se posteljica (planum) jako navlažiti pa dolazi do **preranog propadanja** kolničke konstrukcije odnosno gornjeg ustroja.

Kako bi se voda odvela iz mehanički zbijenog nosivog sloja cestovne prometnice, potrebno je projektirati posteljicu u poprečnom nagibu najmanje 4% kod koherentnih tla, odnosno 2,5% kod nekoherentnih vrsta materijala. Ako se cesta nalazi u većem uzdužnom nagibu, postoji opasnost nastanka uzdužnog podzemnog toka vode kroz mehanički zbijeni nosivi sloj i pojave ispiranja sitnih čestica. Na takvim dijelovima poželjno je da poprečni nagib posteljice bude i veći. Za uzdužni nagib 3 do 5% poprečni nagib posteljice trebao bi biti 5%, a za nagib 5 do 8% trebao bi biti oko 6%.

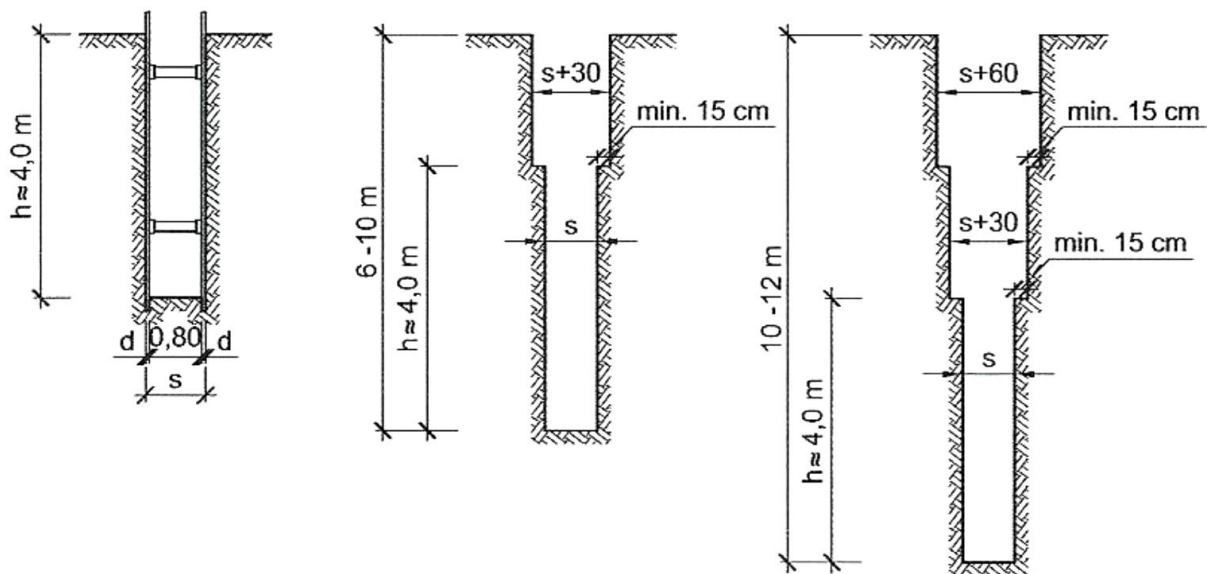
Također je važno da na posteljici odnosno planumu **ne bude lokalnih neravnina** u kojima se može skupljati voda. Ravnost mora biti 3 cm, mjereno letvom duljine 4m na razmacima od 100m, u zemljanim i miješanim te 5 cm u kamenim materijalima.

Kada je cesta u nasipu, važno je kako su izvedene bankine. Najveća je pogreška graditi bankine od nabijenog glinovitog materijala prije izvedbe konstrukcije. Tako se stvaraju korita koja ne propuštaju vodu, pa već za vrijeme gradnje nastaju problemi ako pada kiša. Da bi se to izbjeglo, izvode se takozvani drenažni prosjeci kroz bankinu otprilike na 10 m udaljenosti koji se ispunjavaju granuliranim materijalom. Njihova je učinkovitost mala jer se brzo zamuljavaju.

4.8. Odvodnja pribrežne vode

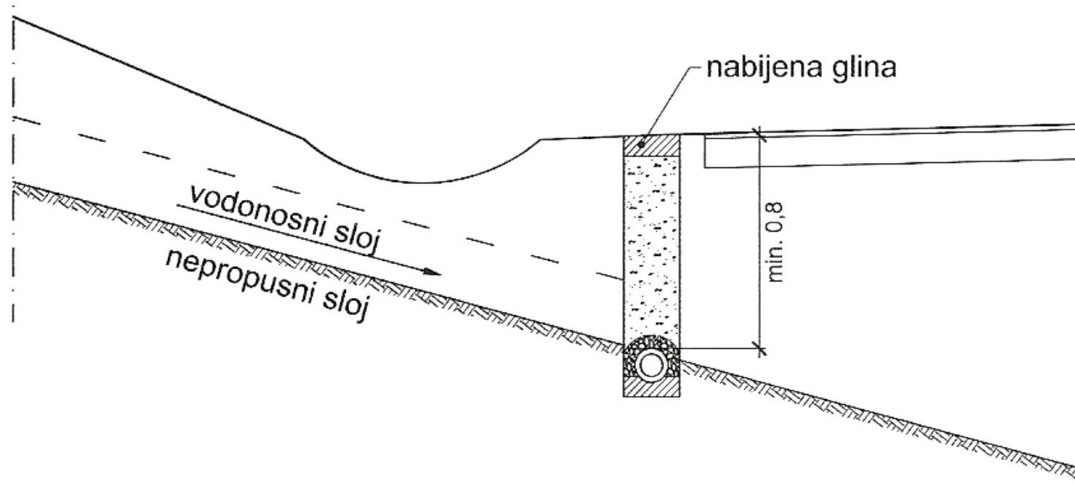
Ako je veća površina terena s pribrežne strane provlažena, izgradnjom prometnice bez poduzimanja posebnih mjera može se ozbiljno ugroziti stabilnost padine i izazvati klizanje. Takve se zone obavezno moraju drenirati. Kad voda koja podzemnim putem bočno priteče u tijelo prometnice s padine brda, takozvana pribrežna voda, i ako spuštanjem razine podzemne vode postoji opasnost njenog prikupljanja u zoni djelovanja smrzavice ili je njena razina visoka, takva se voda odvodi dubokim drenažama postavljenima s obje strane prometnice ispod odvodnih jaraka ili u slobodnim površinama.

Vertikalne duboke drenaže su vertikalni drenažni rovovi različite dubine i širine, ispunjeni vodopropusnim kamenim materijalom odgovarajućega granulometrijskog sastava, na čijem je dnu postavljena drenažna cijev ili betonski jarak koji vodu prikuplja i odvodi do ispusta. Vertikalna drenaža se sastoji od **procjednog tijela** (filtarski sloj i ispunja), **nepropusnog dijela**, **čepa** (radi sprječavanja prodiranja oborinske vode) i **odvodnog dijela** (odvodne cijevi, skupljajući kanali, ispusti i revizijska okna). Umjesto višeslojnih filtara danas se upotrebljavaju drenaže s filtrom od geotekstila i filtarskom ispunom koje su učinkovitije i jednostavnije za izradu.



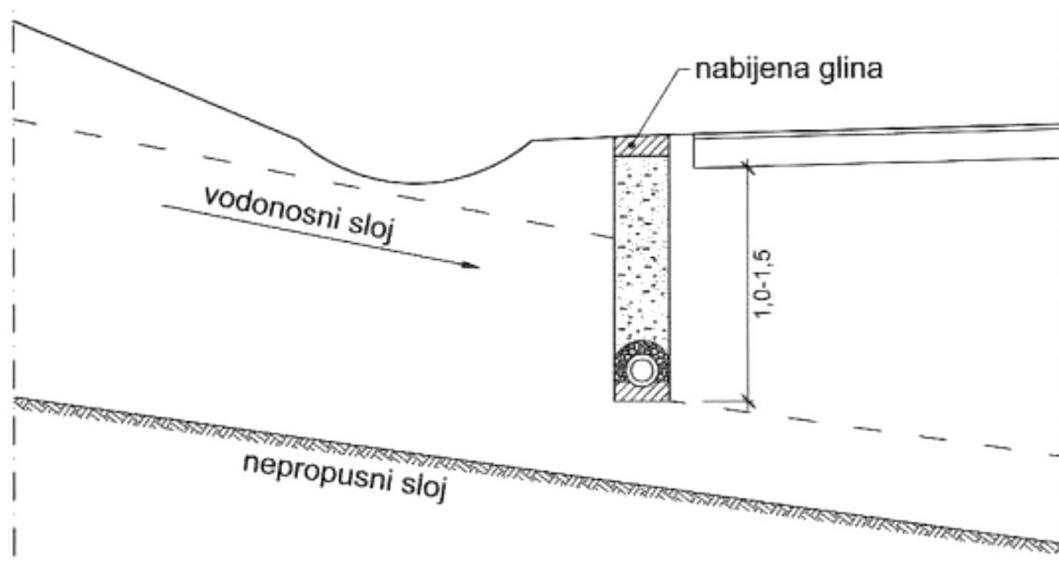
Slika 22. Širine drenažnog rova ovisno o dubini rova

Prihvaćanje vode iz vodonosnog sloja i osiguranje prometnice drenažama nužno je ako se gradnjom usjeka presječe vodonosni sloj ili se dopre u njegovu neposrednu blizinu tako da postoji opasnost od odronjavanja pokosa, usjeka ili stvaranje klizne plohe na dodiru sa vodonosnim slojem, odnosno opasnost od nakupljanja vode koja dotiče s padine prema prometnici, a nepropusno tlo plitko (oko 1 m), drenažom se u potpunosti presijeca vodonosni sloj. Dno drenaže mora biti oko 25 cm ukopano u nepropusni sloj, kako bi sva voda ulazila u drenažu.



Slika 23. Prihvaćanje vode iz vodonosnog sloja

Ako je nepropusni sloj niži, a zona vodonosnog sloja široka drenažom se samo snižava razina podzemne vode, tako da bude 1 do 1.5 metara ispod posteljice odnosno planuma.



Slika 24. Snižavanje razine podzemne vode drenažom

4.9. Poboljšanje stabilnosti pokosa drenažom

Horizontalne poprečne bušene drenaže, primjenjuju se u svrhu poboljšanja stabilnosti pokosa usjeka. Njihova gradnja izvodi se u nekoliko faza. Na odgovarajućem razmaku 3 m do 10 m, ovisno o vrsti tla i njegovoj vlažnosti, no najčešće oko 3 m buše se rupe duljine 10 m do 50m, obično 20 m do 35 m, promjera 7.7 do 8.4 cm, u uzdužnom nagibu. Rupe se buše motornim bušilicama sa specijalnim svrdlima. U horizontalne bušotine se stavljaju perforirane cijevi s filtrima.



Slika 25. Bušenje horizontalne drenaže s detaljem spoja na odvodnju

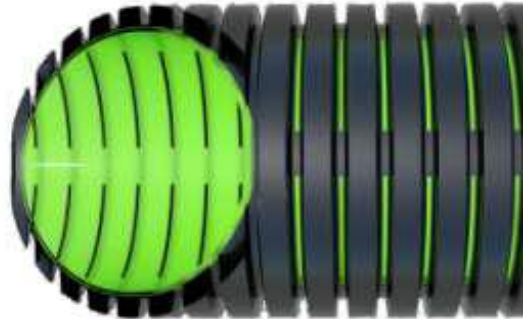


Slika 26. Stabilizacija pokosa sidrima i drenažom

Perforirane cijevi mogu biti pocinčane, polietilenske ili poliesterske, promjera 5,1 cm, a oblažu se zaštitnom filtarskom mrežom. Dren se sastoji od elemenata dužine 6, odnosno 4 m, a početni i završni elementi mogu biti i kraći.



Slika 27. Pocinčane drenažne cijevi

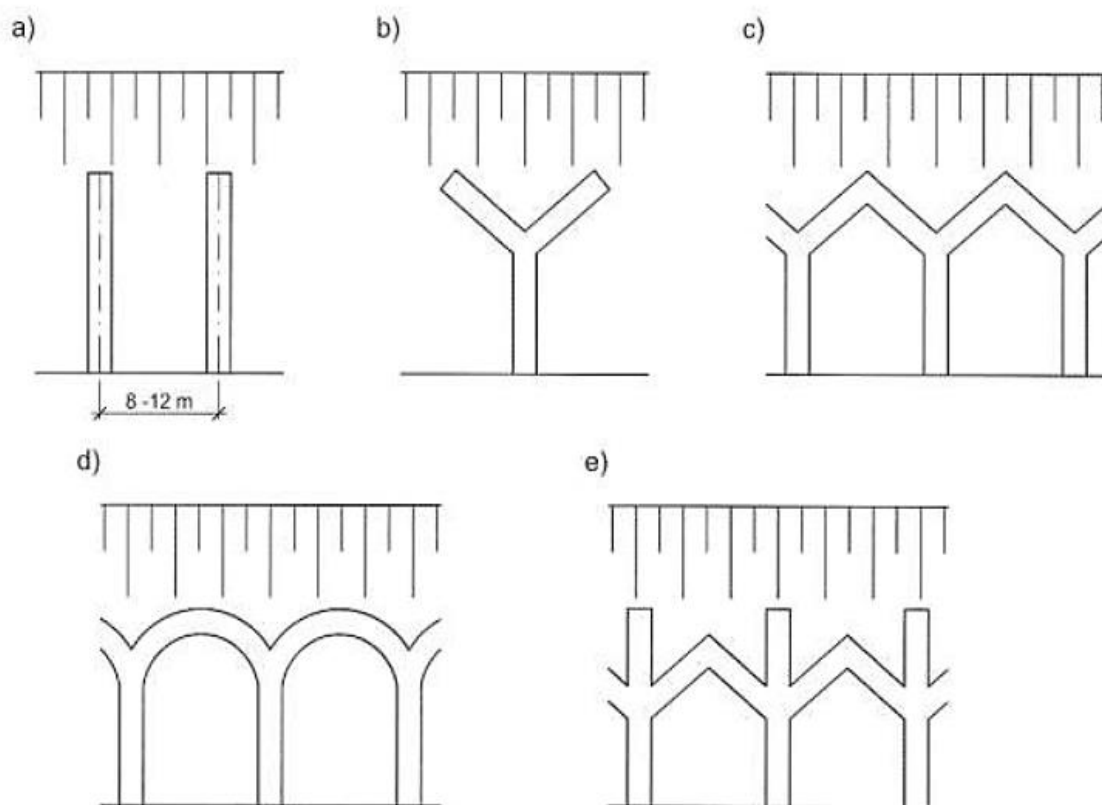


Slika 28. Polietilenska drenažna cijev



Slika 29. Poliesterske drenažne cijevi

Bušene drenaže projektiraju se najčešće u uzdužnom nagibu većem od 3 %, u jednoj razini koja je 2 m ili 3 m, ispod razine podzemne vode. Na slici ispod (Slika 29.) prikazano je nekoliko vrsta površinskih drenaža: drenažna rebra - (a), oblik slova "y" - (b), krovne ili zasvođene – (c, d, e). Zasvođene drenaže primjenjuju se i u slučajevima kada je osim odvodnje potrebno osigurati i stabilnost pokosa ili padine terena, na većoj površini.



Slika 30. Oblici površinskih drenaža

4.10. Propusti

Propusti su objekti koji služe za protok vodenih površina (jaraka, potoka, kanala) skroz rub prometnice. Po definiciji se svrstavaju u manje objekte (mostove) otvora do 5 m. U prošlosti su građeni ispod javnih cesta kao kratki objekti sa manjim otvorima, izgrađivani su od kamena, drva, čelika dok se danas rade isključivo kao armirano betonske konstrukcije u monolitnoj ili polumontažnoj izvedbi.

4.10.1. Vrste propusta

Prema **načinu gradnje i statičkom sustavu**, propusti se dijele na:

- Crijevne,
- Svođene,
- Okvirne,
- Pločaste.

Prema **vrsti materijala** od kojeg su izrađeni:

- Beton,
- Armirani beton.
- Propusti od prednapregnutog betona,
- Čelik,
- Zidani propusti (kamen, opeka)
- Kombinacije materijala.

Prema **obliku poprečnog presjeka**, dijele se na:

- Kružne,
- Ovalne,
- Trapezne,
- Pravokutne.

Prema **položaju u odnosu na os prometnice**, propusti se dijele na:

- Okomite,
- Kose.

Prema **položaju u trupu**, propusti se dijele na:

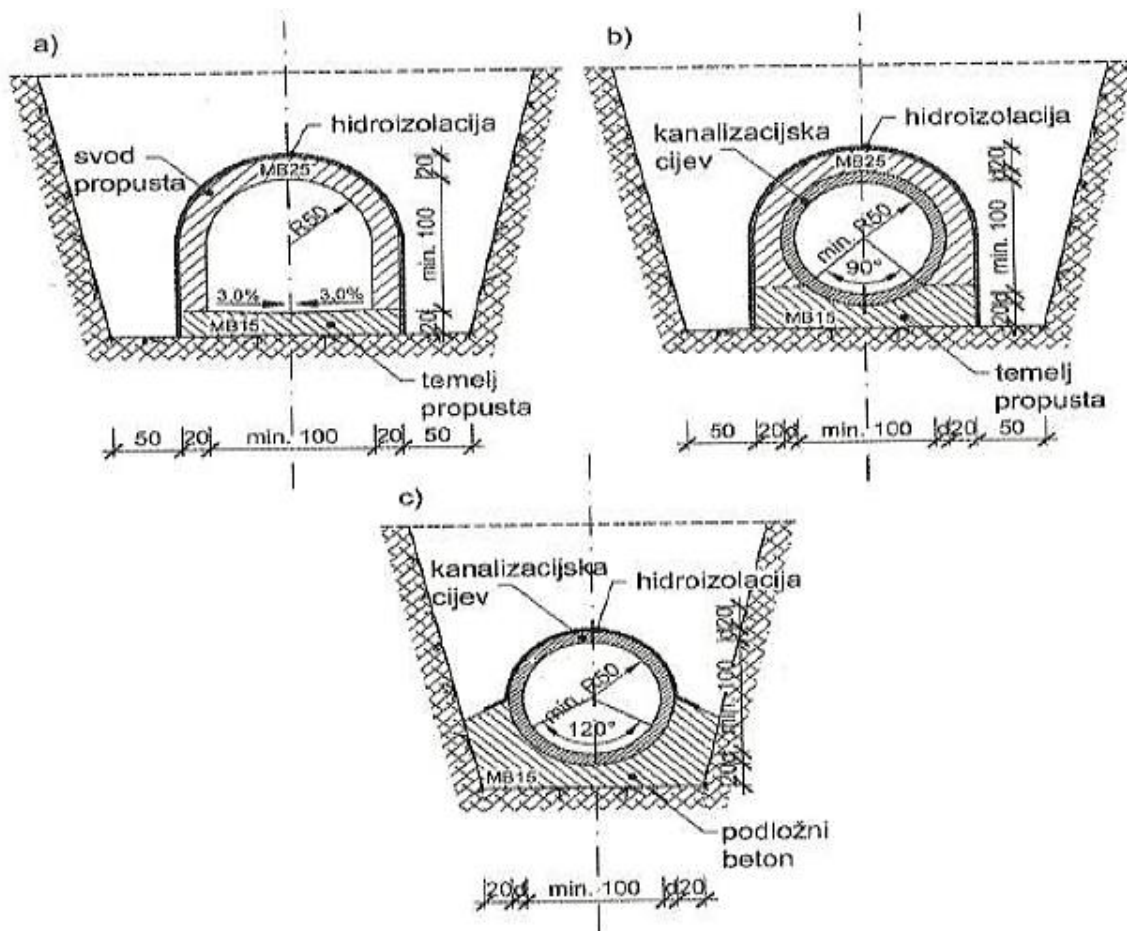
- Niske,
- Visoke.

Ako se radi o nasipima većih visina, kolnička konstrukcija odnosno gornji ustroj prometnice ne leži neposredno na konstrukciji propusta. U tom se slučaju prometno opterećenje prenosi preko dijela nasipa na propust. Takvi se propusti, budući da su postavljeni daleko ispod prometne površine zovu **niski propusti**. U slučajevima kada je visina nasipa mala i kada je gornja površina konstrukcije propusta neposredno ispod kolničke konstrukcije odnosno gornjeg ustroja prometnice, prometno se opterećenje izravno prenosi preko konstrukcije propusta. Takvi se propusti zovu **visoki propusti**. Cijevni i svođeni propusti pripadaju skupini niskih, a pločasti skupini visokih propusta. Primjena određenog tipa propusta ovisi o uvjetima gradnje prometnice.

4.10.2. Cijevni propusti

Cijevni propusti su najčešće korištena vrsta propusta posebno pri gradnji cesta i željeznica radi jednostavnije izgradnje. Upotrebljavaju se za odvodnju površinske vode koja se nakuplja na određenim mjestima, stoga su smješteni na najnižim mjestima po apsolutnim visinama u uzdužnom profilu. Cijevni propusti se ne koriste ako je visina nasipa manja od 0.8 m (mjereno od gornje površine cijevi do površine planuma na najnižem mjestu). Izrađuju se od: betona tijekom građenja, montažnih A.B cijevi, čeličnih limova, čeličnih cijevi. Mana betonskih cijevnih propusta je to što je potrebno čekati da beton postigne svoju čvrstoću čime se usporava građenje.

Međusobni razmak propusta ovisi o veličini slivnog područja. Ako se prema uzdužnom profile dva susjedna najniža mjesta mogu odvoditi jarkom uz nožicu nasipa, onda se može izvesti samo jedan propust.



Slika 31. Poprečni presjeci cijevnih propusta

4.10.3. Ostale vrste propusta

PLOČASTI PROPUSTI

Pločasti betonski propusti izrađuju se u usjecima i naspima manjih visina, konstrukcijski su slični manjim grednim mostovima. Kod njihovog projektiranja se koristi statički proračun, njihovi nosači su AB ploče ili grede preko kojih se polaže kolnička konstrukcija.



Slika 32. Pločasti betonski propust

SVOĐENI PROPUSTI

Svođeni propusti se primjenjuju u **nasipima većih visina**. Najmanja visina između gornjeg ruba svoda i površine planuma donjeg ustroja mora biti 0.8 m. Oblik svoda može biti **segmentni** ili **polukružni**. Budući da je duljina propusta obrnuto proporcionalna s visinom nasipa, potrebno je za određenu visinu nasipa odrediti najekonomičniju visinu propusta, a time i njegovu duljinu. Zbog velike duljine takvi se propusti projektiraju i izrađuju u dijelovima (kampadama), duljine 4 do 8 m, kako bi se zbog mogućih promjena u veličini opterećenja i razlike u nosivosti ili kvaliteti tla u kojem su temeljeni, onemogućilo stvaranje pukotina u njima. Srednji dio propusta, na koji od osim opterećenja od mase materijala iznad svoda djeluje prometno opterećenje, ima veće dimenzije od krajeva. Izrađuje se u cijelosti od betona, obrađenoga kamena u cementnom mortu ili kombinirano.

4.10.4. Projektiranje i izrada propusta

Pri projektiranju i gradnji propusta, važna smjernica za projektante i izvođače je razvrstavanje po tipovima propusta, njihovim dimenzijama, otvorima i načinom izrade propusta.

Sa ograničavanjem minimalnih svjetlosnih otvora zavisno od dužini, olakšava se pregled i održavanje propusta.

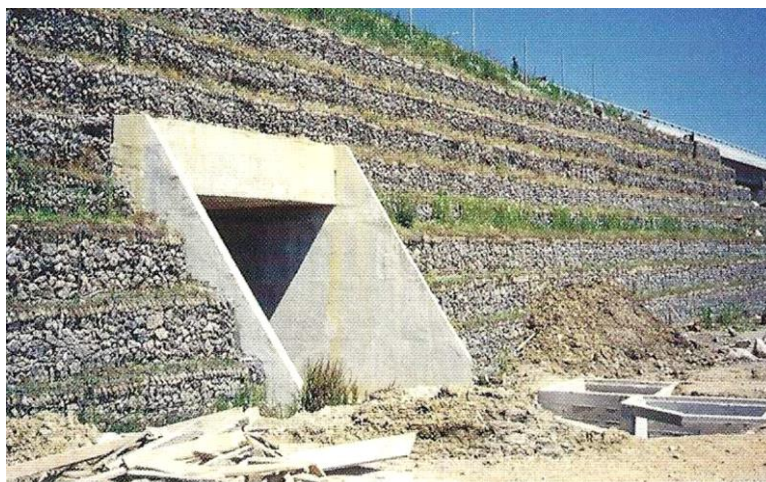
Pri **projektiranju propusta**, najvažnije je odrediti:

- Veličinu otvora propusta,
- Položaj propusta s obzirom na os prometnice (okomito ili kut)
- Način utemeljenja,
- Kote ulaza i izlaza vode.

Propust se sastoji od **3 glavna dijela**:

- Glavnog provodnog dijela,
- Cijevi propusta,
- Ulaznih i izlaznih dijelova (uljevne i izljevne glave).

Ulaz u propust može imati poseban oblik, ovisno o pružanju terena, kako bi se omogućilo brže otjecanje vode. U slučaju kada je nagib prirodnog ili zaštitnog jarka kojim se voda slijeva prema uljevnoj glavi propusta veći, dno jarka se radi s kaskadama kako bi se lakše svladala visinska razlika u terenu.



Slika 33. Izljevna glava propusta u praksi

5. Tehničko rješenje pristupnih cesta VA

5.1. Tehničke karakteristike ceste

Ovom završnim radom obuhvaćen je pristupni put 03 unutar VE KPA. Za pristup do državne cesta D59 svakom od vjetroagregata, izvodi se mreža makadamskih pristupnih putova širine 5.0 m. Velikim dijelom pristupni putovi slijede trasu postojećih putova i staza na lokaciji VE KPA, koji se proširuju.

Uz svaki pristupni put predviđen je koridor širine 6 m. Koridor predstavlja očišćen i poravnat slobodan prostor koji omogućuje prolaz maksimalnog transporta. Neposredno uz mrežu putova, tj. prostorom koridora puta, vode se naponski i upravljački kabeli od svakog pojedinog vjetroagregata do TS 30/220 kV Krš Pađene.

Za potrebe postavljanja odgovarajuće rešetkaste kranske dizalice priprema se neposredno uz temelj vjetroagregata platforma *predvidivo 68 m x 30 m*, a do koje vodi pristupni put. Platforma je vidljiva na grafičkim crtežima ovog završnog rada.

Kranska platforma je ravan prostor nasipan zbijenim drobljenim kamenim materijalom granulacije 0 – 32 mm, koji podnosi specifični pritisak veći od 185 kN/m^2 (očekivana masa kranske dizalice i tereta je 200 t).

5.2. Elementi trase pristupnih i servisnih putova

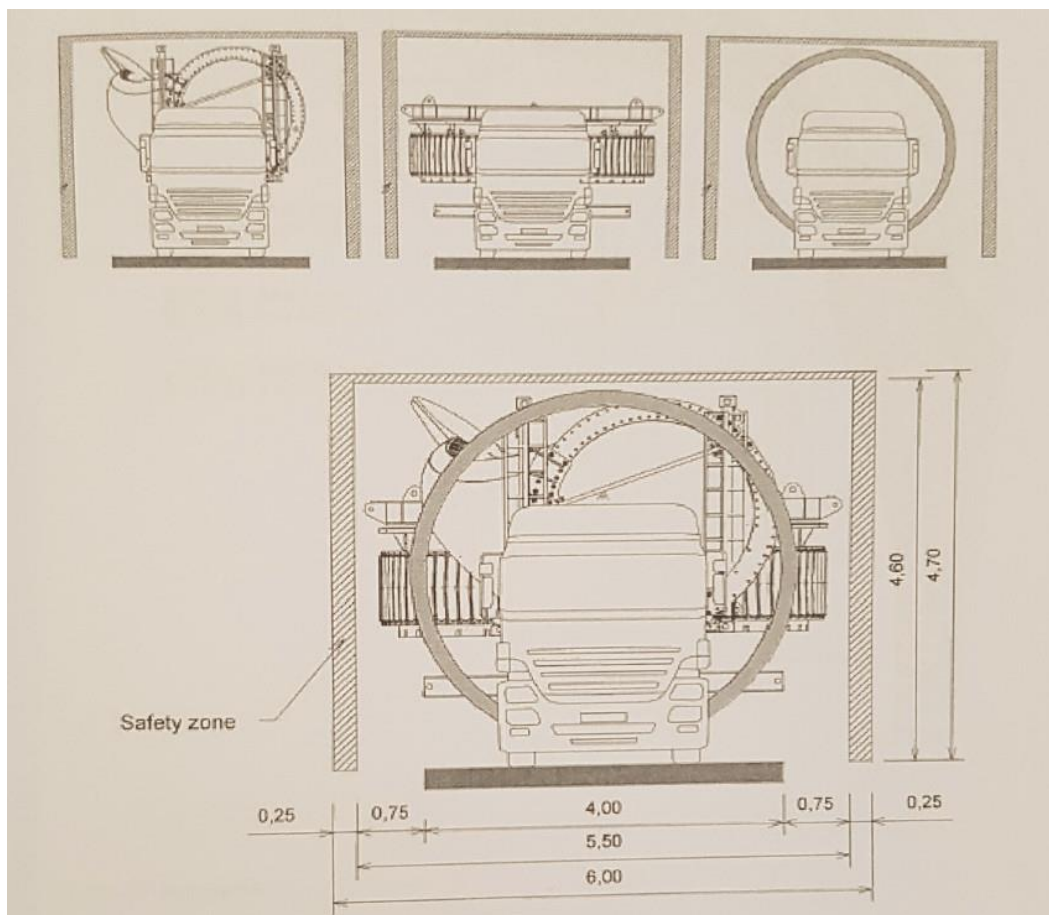
Predmet ovog završnog rada je izgradnja novih makadamskih pristupnih i servisnih putova, uređenje platoa označenih rednih brojevima 1 do 48 uz oznaku "VA" za smještaj vjetroagregata kao i uređenje platoa za smještaj trafostanice TS x/220(400) kV Pađene.

Priključci pristupnih putova na javne prometnice izvest će se kako je prikazano u prilogu ovog završnog rada. Kolnička konstrukcija priključka u duljini od 30 m biti će izvedena kao i konstrukcija javne prometnice sukladno OTU, dok će oborinska odvodnja biti riješena na način da se ne utječe na odvodnju postojeće prometnice.

Za cestovno povezivanje vjetroagregata izvest će se pristupni putovi koji će služiti za transport opreme, materijala, mehanizacije, potrebe montaže te održavanja vjetroelektrane tijekom eksploatacije.

Pristupni putovi su širine 5 m s bankinama 2 x 0.5 m, maksimalnih uzdužnih nagiba od 12%, minimalnog poprečnog nagiba od 2%. Pokosi nasipa i usjeka definirani su u odnosu 1:1. Zbog malih brzina transporta predviđen je direktan prijelaz iz pravca u kružni luk bez upotrebe prijelazne krivine uz poštivanje minimalnog radijusa od 35 metara. Kolnička konstrukcija je ukupne debljine 40 cm, a sastoji se od nosivog sloja uvaljanog drobljenca 0/63, debljine 25 cm i uvaljanog sloja drobljenca 0/31.5 debljine 15 cm. Pristupni putovi moraju zadovoljiti nosivost na osovinski pritisak od 100kN.

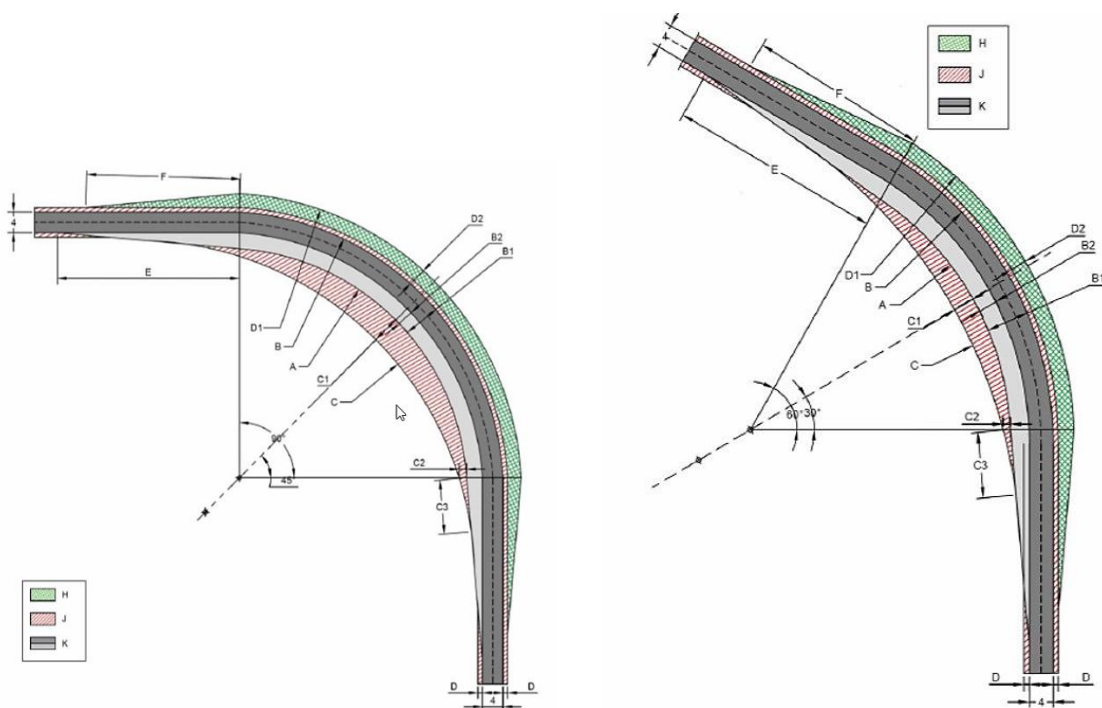
Predviđene dimenzije slobodnog profila za pristupne i servisne prometnice prikazane su na slici. (Slika 34.)



Slika 34. Dimenzije slobodnog profila pristupnih putova

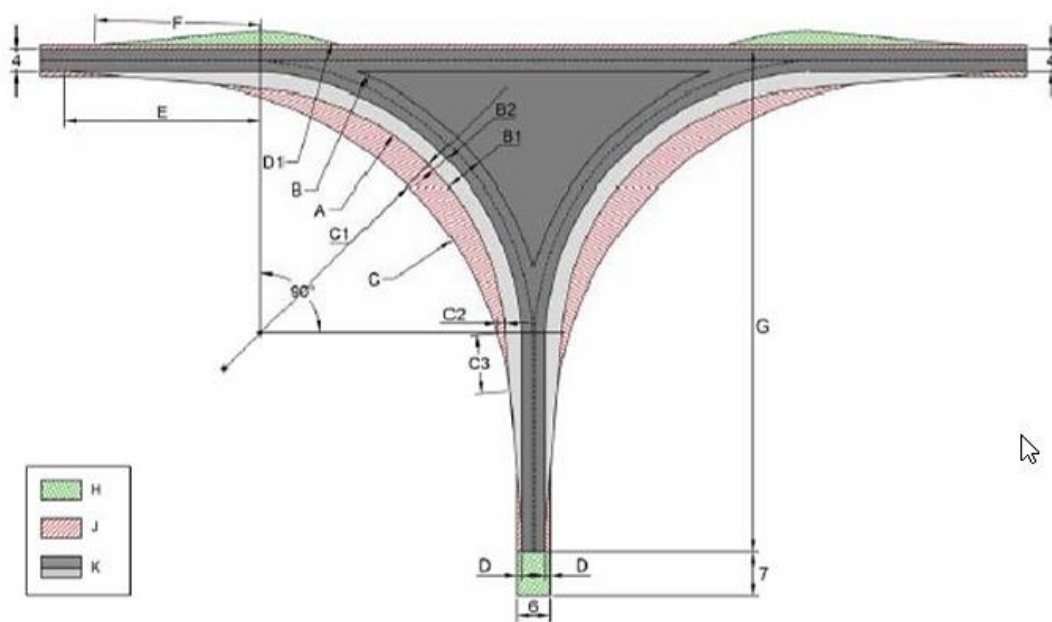
Servisne ceste projektirane su s ciljem da povežu vjetroagregate unutar područja vjetroelektrane. Osim za prometno povezivanje, koristit će se i kao infrastrukturni koridor za polaganje energetskih i optičkih kablova. Tlocrtnu geometriju novoplaniranih servisnih prometnica potrebno je prilagoditi tehničkim karakteristikama specijalnih kamiona na način da se pri projektiranju koriste horizontalne kružne krivine velikih radijusa.

Zahtjevi proizvođača vjetroagregata – transport dijelova vjetroagregata u smislu definiranja radijusa dani su na slici ispod. (Slika 35.)



Slika 35. Definiranje radijusa pristupnih putova na zavojima 90 -120 stupnjeva

($R_{min} = 75m$)



Slika 36. Definiranje radijusa pristupnih putova na T (90°) križanju uz grafički prikaz prostora za čišćenje terena za potrebe prolaza specijalnog terete ($C = 75\text{ m}$)

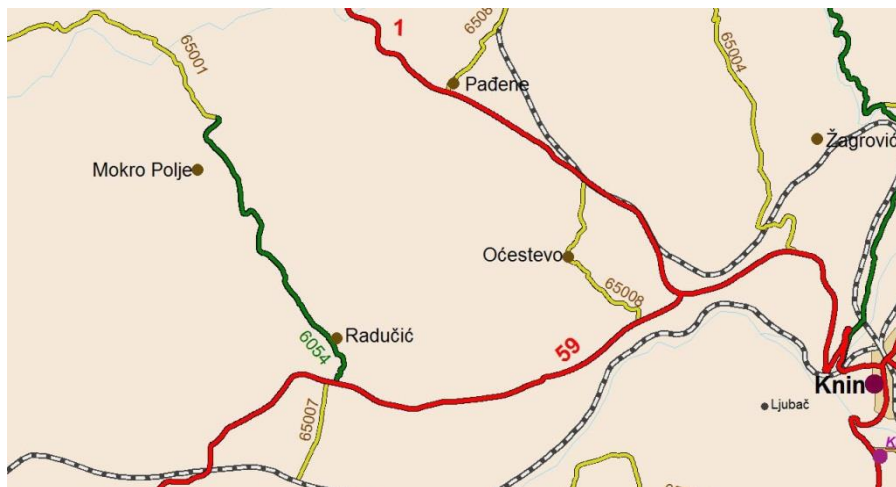
Nakon izgradnje pristupnih putova, vrši se sanacija okoliša gradilišta, kako bi se pristupni putovi što više uklopili u postojeći okoliš. Na taj način, smanjuje se osjećaj devastacije okoliša, te udovoljava okolišnim zahtjevima.

Prilikom sanacije okoliša gradilišta posebnu pozornost potrebno je obratiti na sljedeće: posječeno grmlje i makiju, koji su u fazi čišćenja terena deponirani, a nisu uklonjeni s privremenih za to predviđenih deponija, ukloniti bez izazivanja naknadnih oštećenja, te zatrpati sve udubine materijalom kakav je na okolnom terenu, također, sve putne prilaze gradilištu urediti prema vizualnim zahtjevima okoliša, a one putove koji trajno ostaju u funkciji sanirati i urediti prema kriterijima za normalno odvijanje prometa kao i prethodno oformljene deponije i pozajmišta urediti i isplanirati, kako bi se u što većoj mjeri uklopili s prirodnim okolišem, a u što manjoj mjeri ugrozile bliže susjedne građevine.

Oborinska odvodnja će se u prvom redu omogućiti poprečnim i uzdužnim padovima u okolni teren, a sve u skladu s posebnim uvjetima građenja nadležnih tijela.

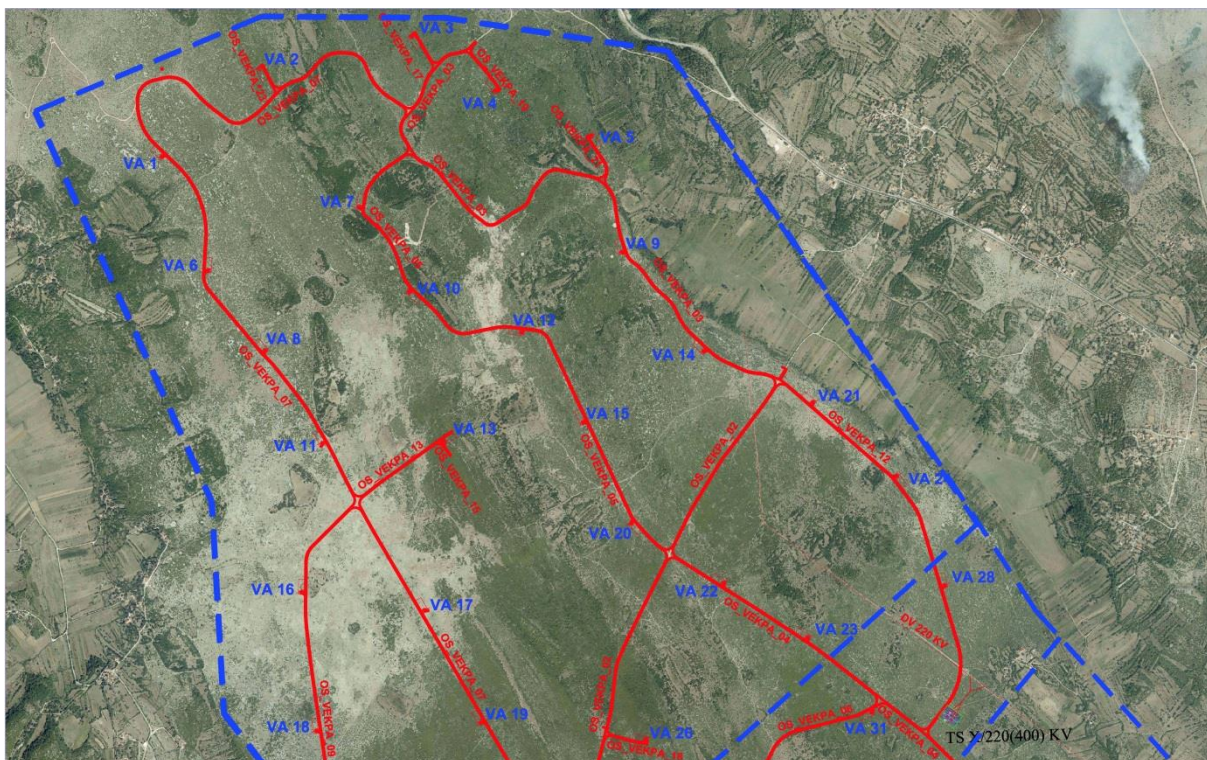
Proračunski elementi horizontalno i vertikalno vođene linije s izračunatim volumenima iskopa i nasipa te tampona 15 cm i tampona od 25 cm i duljina pojedinih dionica osi prikazani su za svaku pojedinu os, a predmetom ovog završnog rada je dionica 03.

Pristup vjetroagregatima vršit će se s državne ceste D59..

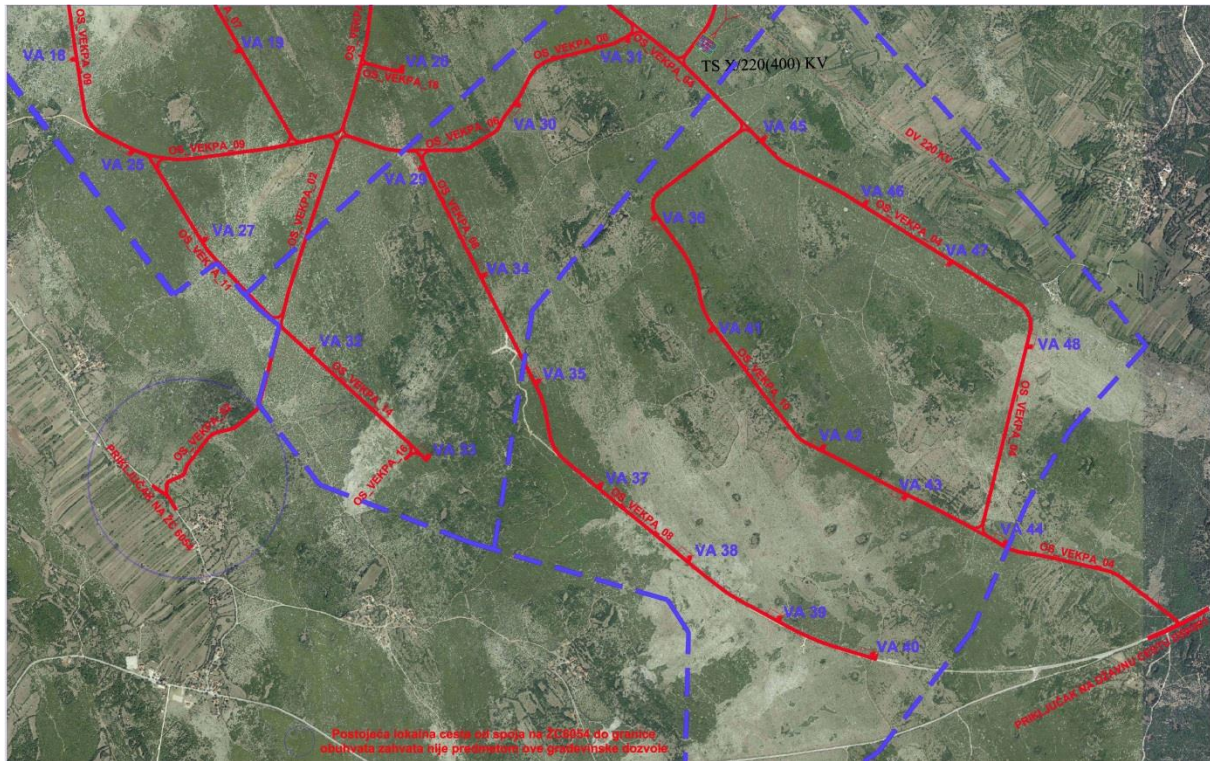


Slika 37. Državna cesta D59

Položaj i smjer osi dani su na slikama 38. i 39., a raspored, položaj i orijentacija pojedinih osi pristupnih putova prikazana je na grafičkim priložima i to na preglednim kartama TK25 (Prilog 1) i DOF 5 (Prilog 2).



Slika 38: Položaj, smjer osi i raspored vjetroagregata uz osi pristupnih putova



Slika 39. Položaj, smjer osi i raspored vjetroagregata uz osi pristupnih putova

5.3. Proračun kolničke konstrukcije

Dimenzioniranje kolničke konstrukcije provedeno je prema važećoj normi HRN U.C4.012.

5.3.1. Mjerodavni parametri za dimenzioniranje

U postupku dimenzioniranja uzimaju se u obzir sljedeći utjecajni parametri:

1. Projektni period,
2. Vozna sposobnost površine kolnika na kraju projektnog perioda,
3. Prometno opterećenje,
4. Klimatsko-hidrološki uvjeti,
5. Nosivost materijala posteljice,
6. Kvaliteta materijala primjenjenih u kolničkoj konstrukciji.

5.3.2. Projektni period

Projektni period je vremenski period izražen u godinama za koji je kolnička konstrukcija dimenzionirana. Pri kraju projektnog perioda kolnička konstrukcija se može racionalno popraviti i osposobiti za daljnju upotrebu.

Dimenzioniranje kolničke konstrukcije provodi se za usvojeni projektni period od 20 godina.

5.3.3. Vozna sposobnost površine kolnika na kraju projektnog perioda

Vozna sposobnost površine kolnika procjenjuje se preko indeksa vozne sposobnosti „ p “ čija je vrijednost $p = 5.0$ za nove i idealno ravne kolnike, a $p = 0$ za potpuno uništene kolnike po kojima više nije moguća vožnja.

Prema normi za dimenzioniranje 44 kolničke konstrukcije usvaja se najmanja vrijednost indeksa vozne sposobnosti površine kolnika pri kraju projektnog perioda $p_K = 2.5$.

5.3.4. Prometno opterećenje

U postupku dimenzioniranja prometno opterećenje izražava se kao ukupno ekvivalentno opterećenje standardnih 82kN osovina u projektnom periodu.

U analizi prometnog opterećenja ne uzimaju se u obzir osobna putnička vozila zbog malog utjecaja na oštećenja kolničke konstrukcije u odnosu na teška teretna vozila.

Osnova za određivanje ukupnog ekvivalentnog prometnog opterećenja teških teretnih vozila prosječno godišnje dnevno ekvivalentno prometno opterećenje koje je određeno po formuli:

- $Td = k \times n.$

Gdje je k prosječni broj standardnih ekvivalentnih osovina za jedno teško teretno vozilo, a n procijenjeni prosječni godišnji dnevni broj svih teških teretnih vozila na najopterećenijoj prometnoj traci u početnoj godini upotrebe ceste.

Prosječni broj standardnih osovina k određuje se u ovisnosti o procijenjenom prosječnom godišnjem dnevnom broju svih teških teretnih vozila u jednom prometnom smjeru ceste, odnosno prometne površine.

Ukupno teško prometno opterećenje, za odabrani projektni period, izraženo pomoću standardne osovine 80kN iznosi:

- $T_u^{20god} = 3,0 \times 10^6$

5.3.5. Klimatsko-hidrološki uvjeti

Utjecaj klimatsko - hidrololoških uvjeta na nosivost kolničke konstrukcije uzima se u obzir preko regionalnog faktora R . Njegove vrijednosti kreću se od 0.50 do 5.00 pri čemu su veće vrijednosti nepovoljnije.

U konkretnom slučaju uzeta je u proračun veličina regionalnog faktora $R = 2.00$ što odgovara kontinentalnom području Republike Hrvatske.

5.3.6. Nosivost materijala posteljice

U postupku dimenzioniranja kolničke konstrukcije usvaja se vrijednost nosivosti posteljice izražena preko kalifornijskog indeksa nosivosti CBR. Ukoliko posteljica ne zadovoljava traženu nosivost ista se mora poboljšati, odnosno potrebna je izrada poboljšane posteljice od kamenog materijala određene debljine.

Karakteritike postojećeg temeljnog tla uzete su na osnovi postojećih saznanja na predmetnom području, te je uvidom na terenu utvrđeno da je temeljno tlo na lokaciji pretežno okršena stijena s pomiješanom zemljom.

Sastav tla koji se sastoji od drobljenog nasipanog materijala i okršene stijenske mase uvjetuje da se tlo može prihvatiti kao dobro nosivo, a pri pregledu iskopa će se na licu mjesta provjeriti da nema značajnijih diskontinuiteta podloge.

Za potrebe dimenzioniranja kolničkih konstrukcija usvojena je vrijednost $CBR \geq 10\%$ što predstavlja jak tip posteljice.

5.3.6.1. Kvaliteta materijala primjenjenih u kolničkoj konstrukciji

Za potrebe dimenzioniranja novih kolničkih konstrukcija vodi se računa o funkciji pojedinih slojeva i ekonomičnosti građenja. Kvaliteta materijala i način izvedbe propisani su tehničkim uvjetima.

5.3.6.2. Dimenzioniranje kolničke konstrukcije prema HRN U.C4.012

Dimenzioniranje kolničke konstrukcije provest će se za odabranu kolničku konstrukciju tipa 1. prema oznakama iz HRN U.C4.012.

Za kolničku konstrukciju tipa 1, dimenzioniranje se obavlja iz razrađenih dijagrama za konstrukciju tipa 1.

Za vrijednost ukupnog ekvivalentnog prometnog opterećenja u projektnom periodu $Tu = 3 \times 10^6$ prijelaza 82kN osovina i vrijednost nosivosti posteljice $CBR \geq 10\%$, dobiven je sljedeći globalni sastav kolničke konstrukcije:

- Najmanja ukupna debljina asfaltnih slojeva je 8.00 cm,
- Debljina nosivog sloja od mehanički zbijenog drobljenog kamenog materijala ili šljunka 27.00 cm.

Ukupna ekvivalentna debljina kolničke konstrukcije iznosi 35.00 cm.

5.3.6.3. Provjera na smrzavanje po metodi ekvivalenta

Po ovoj metodi kolnička konstrukcija se dimenzionira tako da se stvarno predviđena kolnička konstrukcija koeficijentom pretvori u prirodno vlažno tlo. Na taj način proračunata debljina prirodno vlažnog tla mora imati veću vrijednost od stvarne debljine prodiranja smrzavice. Samo u tom slučaju konstrukcija može trajno ostati bez oštećenja.


Ukupna ekvivalentna debljina oko 35 cm.

Srednja dubina smrzavanja (izračunata po Švicarskoj metodi) na promatranom području iznosi cca 45 cm (debljina kolničke konstrukcije 70% DS=31.5cm) pa se može zaključiti da odabrana

kolnička konstrukcija zadovoljava klimatske uvjete za odabrani tip kolničke konstrukcije i prometno opterećenje uz solidnu odvodnju oborinske vode.

5.4. Sastav i dimenzije usvojene kolničke konstrukcije za ceste i platoe

Budući da se pristupne ceste i montažni platoi izvode kao makadamske površine, asfaltni slojevi zamjenjuju se slojem uvibriranog drobljenca s ispunom od pijeska i drobljene kamene sitneži 0/32 mm.

	<p>d = 15.0 cm – uvibrirani drobljenac s ispunom od pijeska i drobljene kamene sitneži 0/32 cm.</p>
	<p>d = 25.0 cm – mehanički zbijeni nosivi sloj od zrnatog kamenog materijala 0/63 mm.</p>

Slika 40. Prikaz slojeva pristupnih cesta i montažnih platoa

5.5. Osnovni zahtjevi kvalitete materijala i radova

Za radove kod izvođenja predviđenih kolničkih konstrukcija vrijede osnovni zahtjevi kvalitete materijala i radova prema „Općim tehničkim uvjetima za radove na cestama“ (knjiga III.)-IGH, Zagreb, 2001. godine.

Za sve što je potrebno za izvođenje radova, a nije napisano u projektu, vrijede navedeni tehnički uvjeti.

6. Plateia

Plateia je programski paket namijenjen **projektiranju i rekonstrukciji prometnica**. Projektantu nudi veliki broj naredbi, od jednostavnih pa sve do vrlo složenih, odnosno nudi se od početnog unosa točke pa sve do izrade i kreiranja 3D modela, koji se dalje mogu koristiti u razne analize.

Plateia omogućuje projektantima **pripremu nacрта i tehničke dokumentacije**, uključujući i izračun masa. Projektantima 3D model daje mogućnost provođenja analiza, kao što su zavojne krivine, krivulje vidljivosti, kao i sama odvodnja prometnica. Plateia radi na nekoliko CAD platformi, ali u kombinaciji sa AutoCAD Civil 3D, povećava se iskoristivost oba programska paketa. Plateia se koristi u svim dijelovima projektiranja prometnica, sve od projektiranja prometnica svih kategorija, rekonstrukcije postojećih prometnica, zemljanih radova i sl.

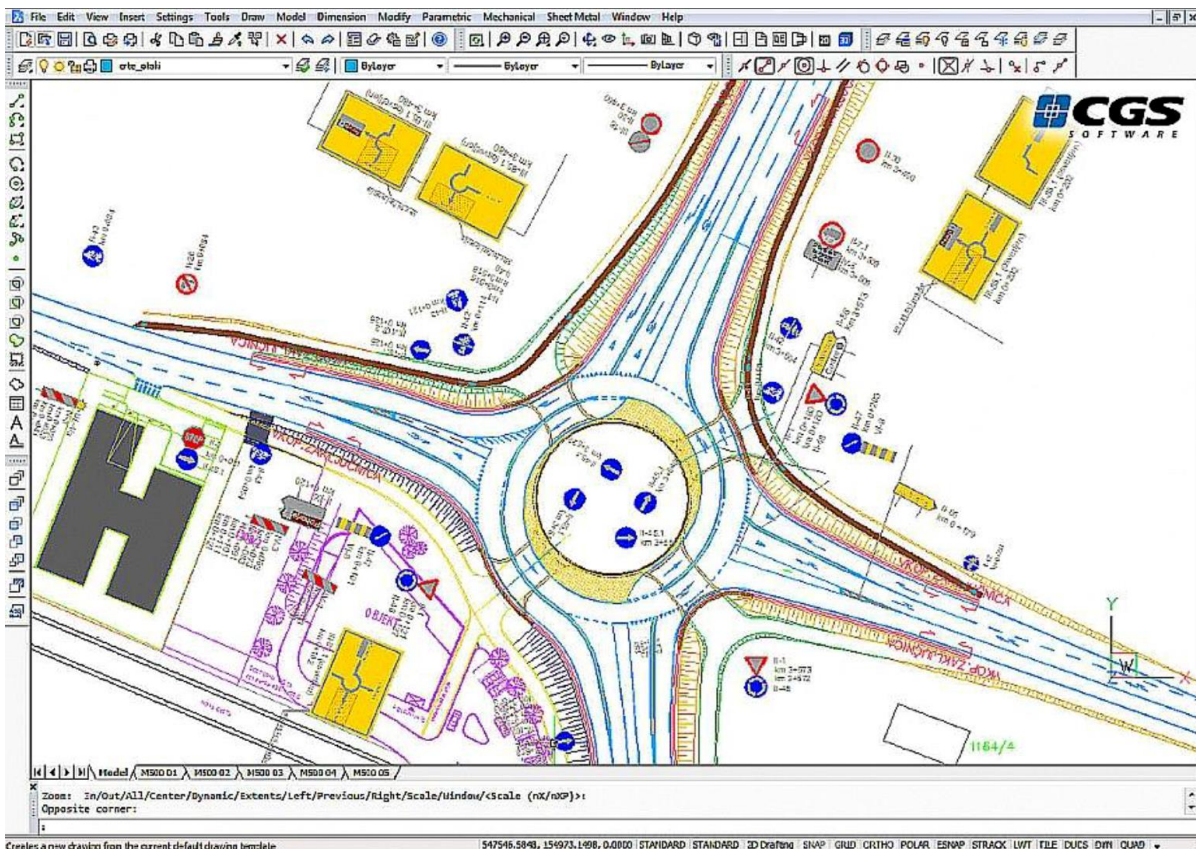
Prednosti programa:

- Uključeni razni standardi za projektiranje prometnica (kategorija prometnica, projektirana brzina, granične vrijednosti parametara projektiranja, proračun poprečnih nagiba i proširenja, uključene zbirke vertikalne i horizontalne prometne signalizacije prilagođene pojedinim državama),
- Potpuna integracija u CAD sustav (iskorištava funkcionalnost programa AutoCad Civil 3D, radi se na postojećem AutoCAD crtežu, projekt se po potrebi može naknadno dorađivati čistim AutoCad-om),
- Povećana brzina i pozdanost (ubrzane dugotrajne i ponavljajuće operacije, brz i siguran prijenos podataka između situacije, uzdužnih i poprečnih profila, mogućnost obrade trasa dužih od 100 km),
- Jedan program za sve faze projektiranja (započinje s unosom geodetskih podataka, rasterskih podloga i sl., ide kroz sve faze projektiranja i izrade tehničke dokumentacije, projektiranje raskrižja i kružnih tokova, omogućuje izradu raznih analiza, završava s učinkovitim pripremom nacрта za ispis ili izradu 3D modela za BIM).

6.1. Modul „situacija“

Modul „situacija“ sadrži prikaze za obradu ulaznih podataka i crtanje u situaciji:

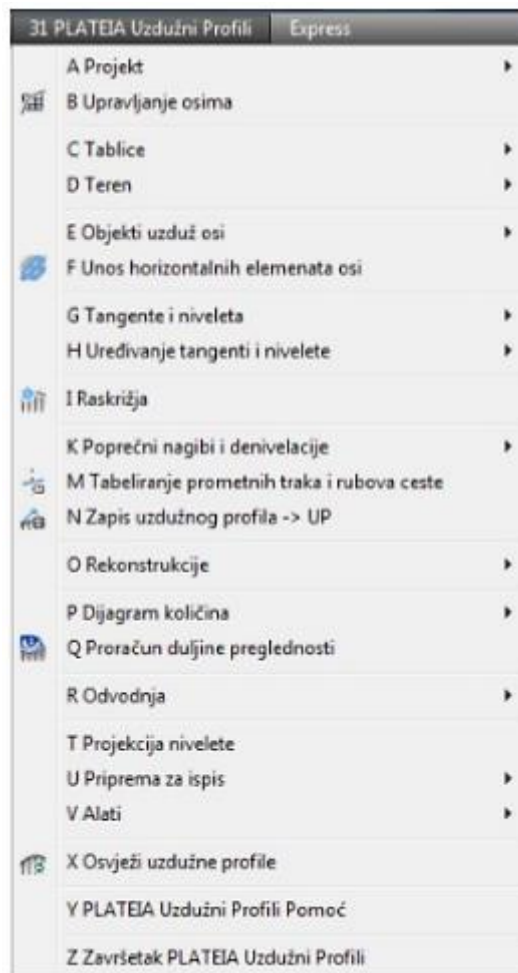
- Digitalni model terena sposoban za obradu nekoliko milijuna točaka,
- Manipulacija geodetskih točaka i spojnica,
- Ubacivanje i uređivanje topografskih simbola,
- Upravljanje raster kartama,
- Šrafitiranje ili bojanje pokosa,
- 2D - 3D konverzija,
- Izračuni i interpolacije,
- Alati za kotiranje i obradu nacрта situacije,
- Alati za izradu nacрта situacije.



Slika 41. Prikaz modula „situacija“

6.2. Modul „uzdužni profil“

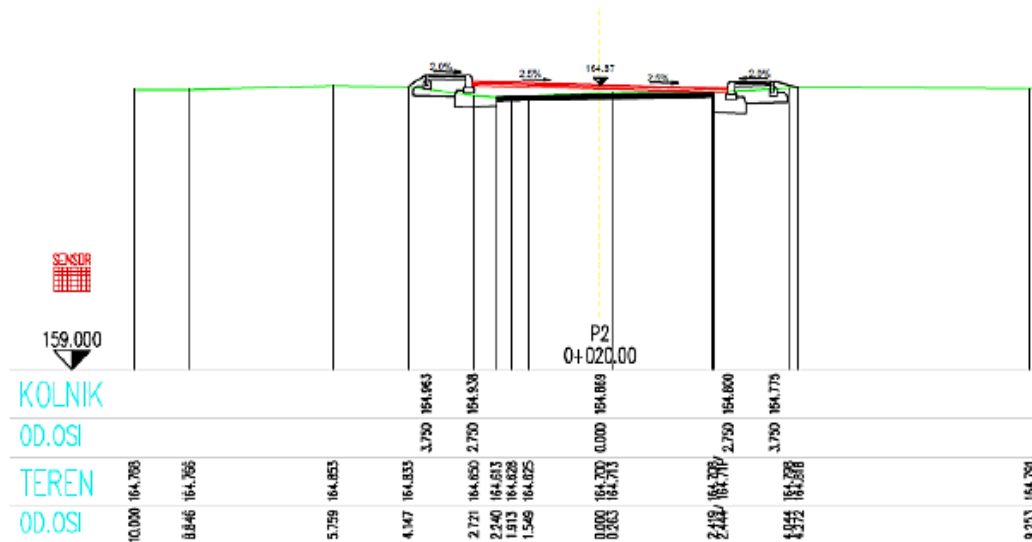
Modul „uzdužni profil“ sadrži alate za projektiranje i uređivanje nivelete, poprečnih nagiba, nadvišenja i sl., te alate za razne analize vertikalnih elemenata prometnice. projektiranje vertikalne geometrije prometnice, proračun i uređivanje nadvišenja, analiza vertikalne preglednosti, crtanje linije masa, proizvoljne rubrike u tablici uzdužnog profila, nekoliko alata za crtanje geometrijskih elemenata, kota itd., priprema za ispis uzdužnog profila, podržane kružne i parabolične zakrivljenosti nivelete, crtanje tangenti, pretvorba polilinije u tangentu, podržan unos više terena, projicirani uzdužni profili, crtanje raskrižja (projektiranje križanja u razini, priključci i sl.)



Slika 42. Izbornik modula „uzdužni profil“

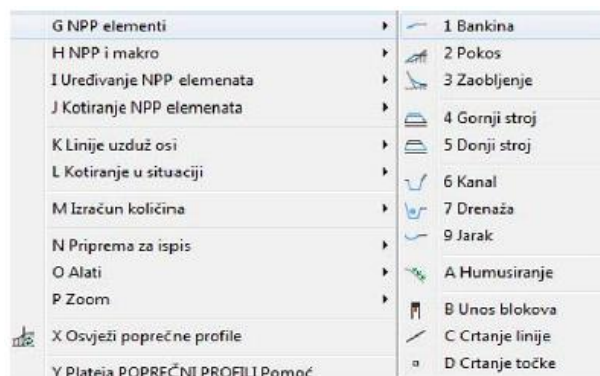
6.3. Modul „poprečni profil“

Sljedeći modul nakon uzdužnih profila je modul za izradu poprečnih profila. Isto kao i kod uzdužnog profila prvo se uređuju tablice, a potom slijedi unos terena u kojem biramo kolnik. Nakon unosa terena i kolnika program automatski nacrtava teren sa kolnikom, ali bez bankina i ostalih elemenata koji se mogu kasnije naknadno dodati. (Slika 35.)



Slika 43. Poprečni profil

Nakon što je program nacrtao teren s kolnikom bez drugih elemenata poprečnog presjeka, na red dolaze elementi normalnog poprečnog presjeka (NPP elementi). Pod NPP elemente spadaju: bankina, pokos, zaobljenje, gornji i donji stroj ceste. Klikom na izbornik „NPP elementi“, otvara se podizbornik u kojem možemo odabrati jedan od elemenata, uređivati ga te nakon toga ga unijeti na poprečni presjek. Također sve elemente moguće je naknadno uređivati odabirom na „Uređivanje NPP elemenata“. (Slika 36.)



Slika 44. Elementi normalnog poprečnog presjeka

7. Zaključak

U uvodnom dijelu ovoga završnog rada obrađen je teorijski dio osnovnih podataka o prometnicama, podjeli prometnica, te je opisan poprečni presjek prometnice. Nakon toga su objašnjeni osnovni tlocrtni elementi trase prometnice, i načini na koje se izvode površinska i podzemna odvodnja prometnica,

U tehničkom djelu ovoga završnog rada detaljno je opisan tijek i način izvedbe pristupnih cesta, servisnih putova i montažnih platoa za smještaj vjetroagregata unutar VE KPA, koja je priključena na državnu cestu D59.

Objašnjeni su elementi trase pristupnih i servisnih makadamskih putova, proračunski elementi horizontalno i vertikalno vođenje linije kao i duljine pojedinih dionica osi jasno su prikazane za svaku pojedinu os te je opisana sanacija okoliša gradilišta. Razrađen je i proračun kolničke konstrukcije sa opisanim svim mjerodavnim parametrima koji se uzimaju u obzir prema važećoj normi HRN U.C4.012.

U Varaždinu, 28. rujna 2018.

8. Popis literature

- [1] M. Rezo : Prometnice, Predavanja, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2016.
- [2] M. Rezo : Interna skripta „Prometnice“, Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, 2013.
- [3] V. Dragičević, T. Rukavina : Donji ustroj prometnica, Zagreb, 2006.
- [4] I. Legac : Cestovne prometnice i javne ceste, Zagreb, 2006.
- [5] Ž. Korlaet : Uvod u projektiranje i građenje cesta, Zagreb, 1995.
- [6] J. Božičević, D. Topolnik : Infrastruktura cestovnog prometa, Zagreb, 1996.
- [7] Studio ARS – korisnički priručnik „Plateia“ 6.0

8.1. Popis tablica

Tablica 1.	Podjela prema veličini motornog prometa.....	3
Tablica 2.	Podjela cesta prema konfiguraciji terena.....	3
Tablica 3.	Odnos projektne brzine i širine prometnog traka.....	8
Tablica 4.	Odnos širine rubnog i prometnog traka.....	8
Tablica 5.	Odnos širine bankine i prometnog traka.....	9
Tablica 6.	Ovisnost kružnog luka i poprečnog nagiba.....	13
Tablica 7.	Relativni nagib ruba kolnika (S_{max}) (%).....	16
Tablica 8.	Dozvoljena vrijednost (L_{min}) uz odgovarajući (R_{min}).....	17
Tablica 9.	Najveći uzdužni nagib nivelete (S_{max}) (%).....	18
Tablica 10.	Najmanji konveksni polumjer (R_{min}).....	20
Tablica 11.	Najmanji konkavni polumjer (R_{min}).....	21

8.2. Popis slika

Slika 1.	Osnovni elementi poprečnog presjeka ceste u zasjeku.....	6
Slika 2.	Širina prometnog traka.....	7
Slika 3.	Položaj berme u poprečnom profile prometnice.....	9
Slika 4.	Tlocrtni elementi trase.....	10
Slika 5.	Pravac.....	11
Slika 6.	Stabilnost vozila u krivini.....	12
Slika 7.	Prijelazna krivina.....	13
Slika 8.	Djelovanje centrifugalne sile u prijelaznoj krivini.....	14
Slika 9.	Klotoida.....	15
Slika 10.	Promjena centifugalne sile s promjenom dužine.....	16
Slika 11.	Vertikalne krivine.....	19
Slika 12.	Konveksna vertikalna ravnina.....	20
Slika 13.	Konkavna vertikalna ravnina.....	21
Slika 14.	Djelovanje vode na prometnicu.....	23
Slika 15.	Poprečni presjeci jaraka.....	24
Slika 16.	Zaštitni jarak u praksi.....	25
Slika 17.	Tipovi rigola.....	26
Slika 18.	Povijesni razvoj sustava plitkih drenaža.....	28
Slika 19.	Plastična drenažna cijev.....	29
Slika 20.	Primjer drenažne cijevi u praksi.....	29
Slika 21.	Izbor filtra temeljem filtarskih pravila.....	31

Slika 22.	Širine drenažnih rovova ovisno o dubini rova.....	33
Slika 23.	Prihvatanje vode iz vodonosnog sloja.....	34
Slika 24.	Snižavanje razine podzemne vode drenažom.....	34
Slika 25.	Bušenje horizontalnih drenaža s detaljem spoja na odvodnju.....	35
Slika 26.	Stabilnost pokosa sidrima i drenažom.....	35
Slika 27.	Pocinčane drenažne cijevi.....	36
Slika 28.	Polietilenske drenažne cijevi.....	36
Slika 29.	Poliesterske drenažne cijevi.....	36
Slika 30.	Oblici površinskih drenaža.....	37
Slika 31.	Poprečni presjek cijevnih propusta.....	39
Slika 32.	Pločasti betonski propust.....	40
Slika 33.	Izljevna glava propusta u praksi.....	41
Slika 34.	Dimenzije slobodnog profila pristupnih putova.....	44
Slika 35.	Definiranje radijusa pristupnih putova na zavojima 90 - 120 stupnjeva ($R_{\min} = 75\text{m}$).....	45
Slika 36.	Definiranje radijusa pristupnih putova na T (90°) križanju uz grafički prikaz prostora za čišćenje terena za potrebe prolaza specijalnog terete ($C = 75\text{ m}$)....	46
Slika 37.	Državna cesta D59.....	47
Slika 38.	Položaj, smjer osi i raspored vjetroagregata uz osi pristupnih putova.....	47
Slika 39.	Položaj, smjer osi i raspored vjetroagregata uz osi pristupnih putova.....	48
Slika 40.	Slojevi pristupnih cesta i montažnih platoa.....	52
Slika 41.	Prikaz modula „situacija“.....	54
Slika 42.	Izbornik modula „uzdužni profil“.....	55

Slika 43.	Poprečni profil.....	56
Slika 44.	Elementi normalnog poprečnog presjeka.....	56

9. Prilozi

Prilog 1.	Pregledna karta TK25
Prilog 2.	Pregledna karta DOF5
Prilog 3.	Građevinska situacija - 1
Prilog 4.	Građevinska situacija - 2
Prilog 5.	Građevinska situacija - 3
Prilog 6.	Građevinska situacija - 4
Prilog 7.	Uzdužni profil - 1
Prilog 8.	Uzdužni profil - 2
Prilog 9.	Uzdužni profil - 3
Prilog 10.	Uzdužni profil - 4
Prilog 11.	Uzdužni profil - 5
Prilog 12.	Poprečni profil - 1
Prilog 13.	Poprečni profil - 2
Prilog 14.	Poprečni profil - 3
Prilog 15.	Poprečni profil - 4

Sveučilište
SjeverSVEUČILIŠTE
SJEVERIZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, DAVOR SKOKO (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom PROJEKTIRANJE I PRORAČUN KOLNIČKE KONSTRUKCIJE VA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

(vlastoručni potpis)

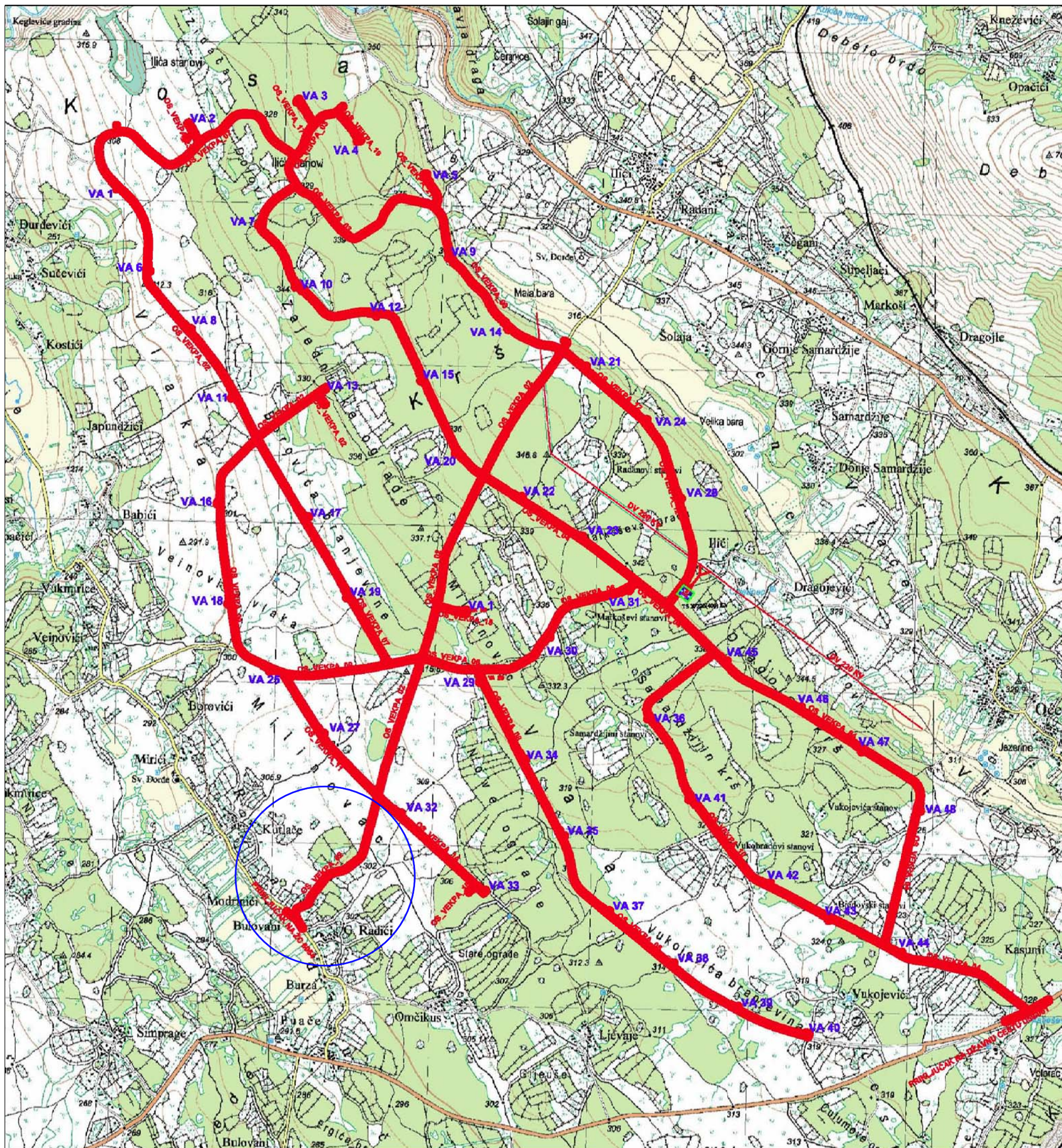
Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, DAVOR SKOKO (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom _____ (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

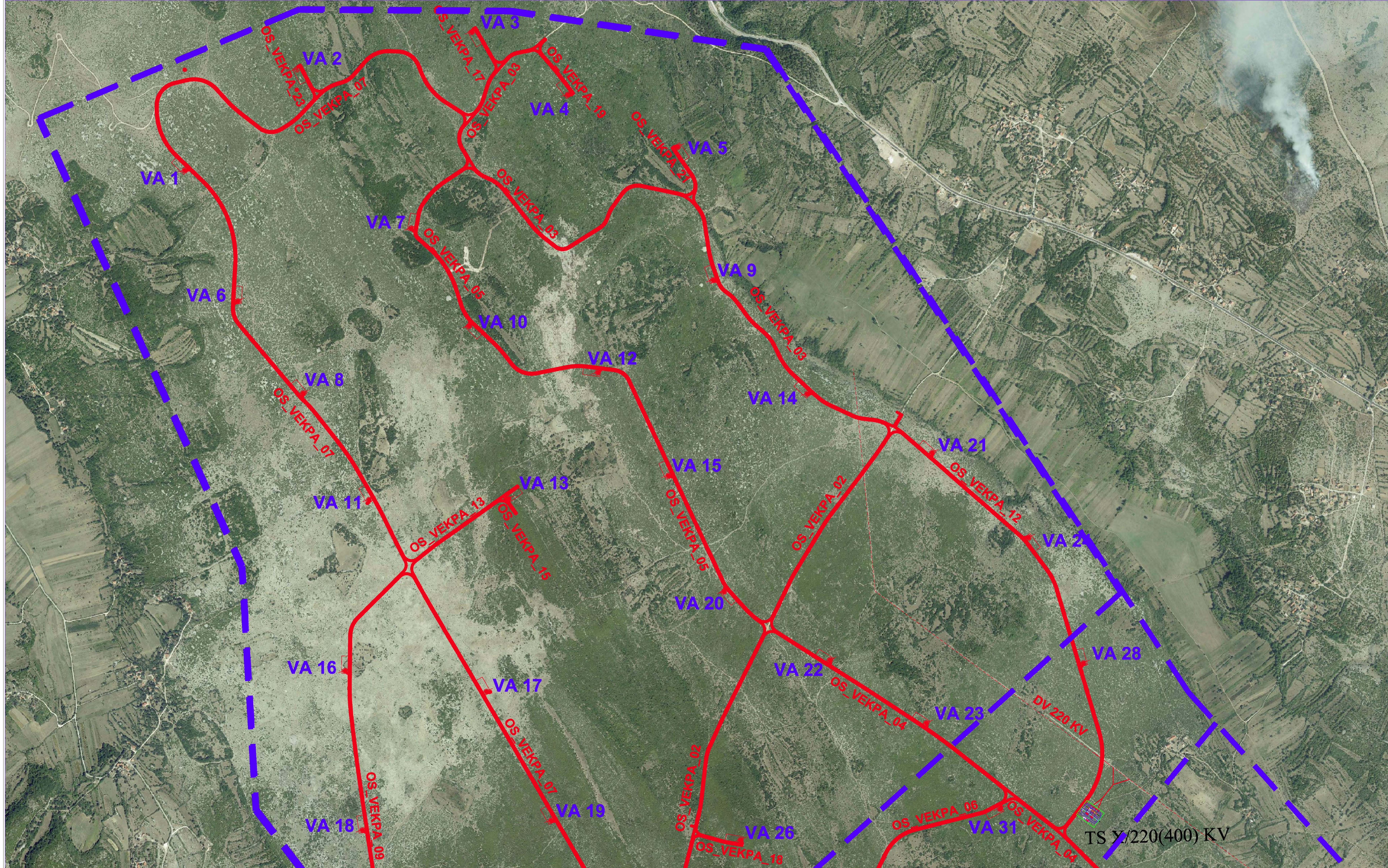
Student/ica:

(upisati ime i prezime)

(vlastoručni potpis)



IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
SVEUČILIŠTE SJEVER Odjel za graditeljstvo			
TEMA ZAVRŠNOG RADA:			
Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije pristupnih cesta vjetroparkova			
SADRŽAJ NACRTA:			
PREGLEDNA KARTA TK25			
MENTOR:	Doc. dr. sc. Milan Rezo		
IZRADIO:	Davor Skoko		
MJERILO:	M 1 : 25 000		
BR. TEH. DNEVNIKA:			
Z.O.P.:			
MAPA:			
BROJ PRILOGA:	List_1		
DATUM:	rujan/2018		



LEGENDA:

-  Plato s vjetroagregatom
-  Obuhvat zahvata
- VA 8** Oznaka vjetroagregata
- OS_VEKPA_07** Os ceste

IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:

SVEUČILIŠTE SJEVER
Odjel za graditeljstvo

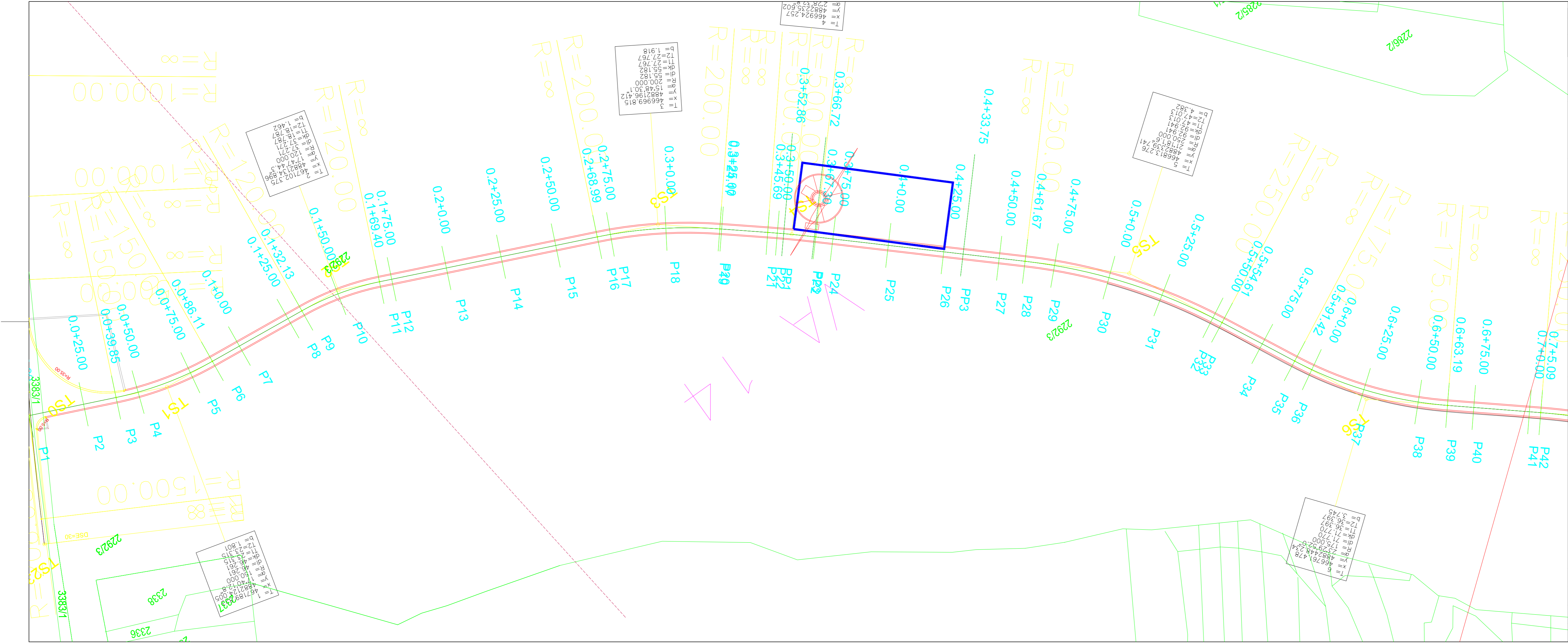
TEMA ZAVRŠNOG RADA:
Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije pristupnih cesta vjetroparkova

SADRŽAJ NACRTA:
PREGLEDNA KARTA DOF5

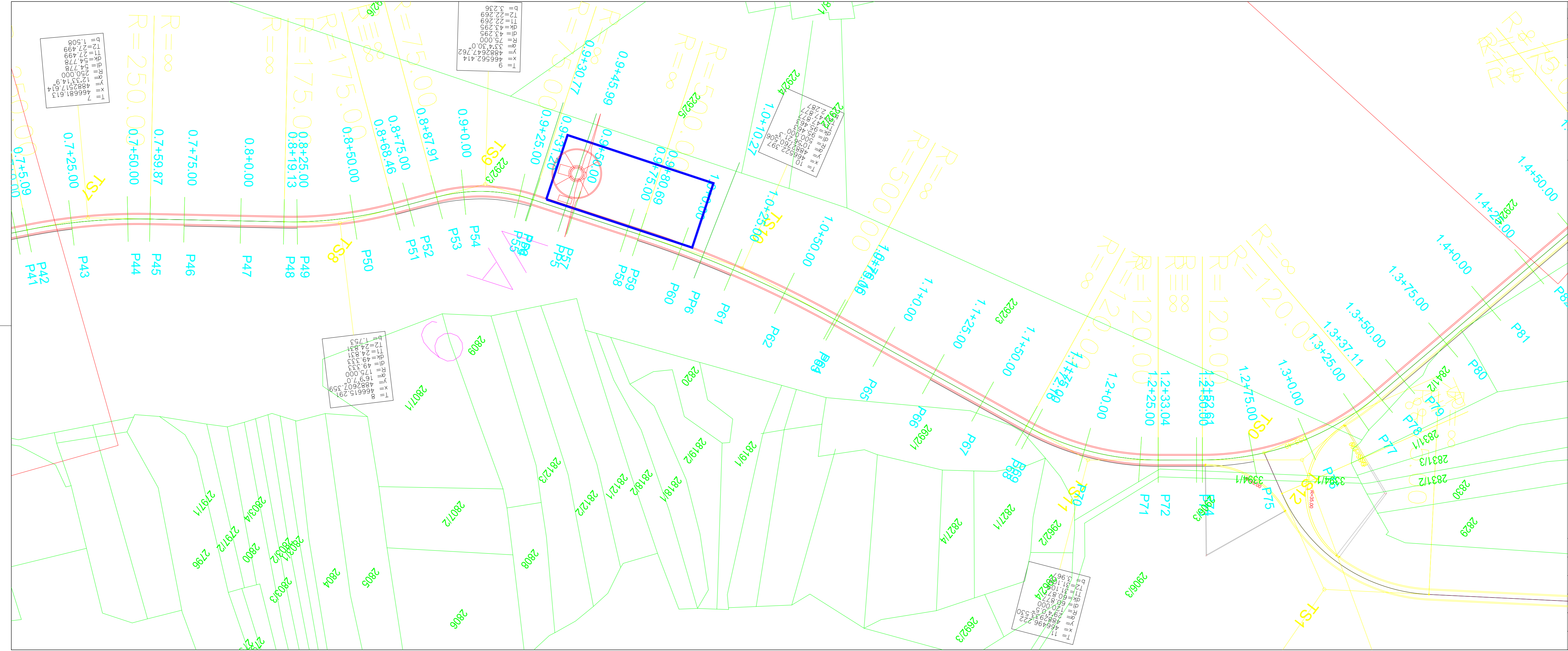
MENTOR:
Doc. dr. sc. Milan Rezo

IZRADIO:
Davor Skoko

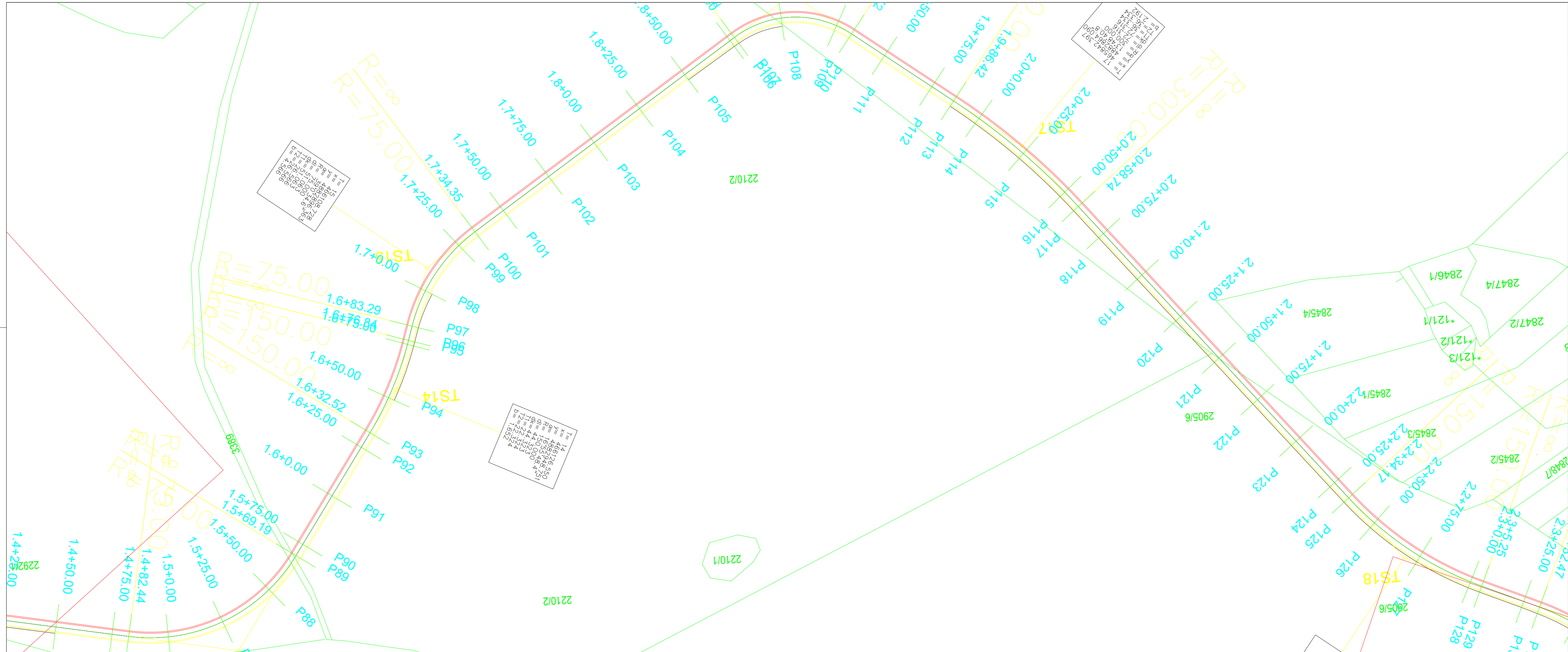
MJERILO:	M 1 : 5 000
BR. TEH. DNEVNIKA:	
Z.O.P.:	
MAPA:	
BR. PRILOGA:	List_2
DATUM:	rujan/2018



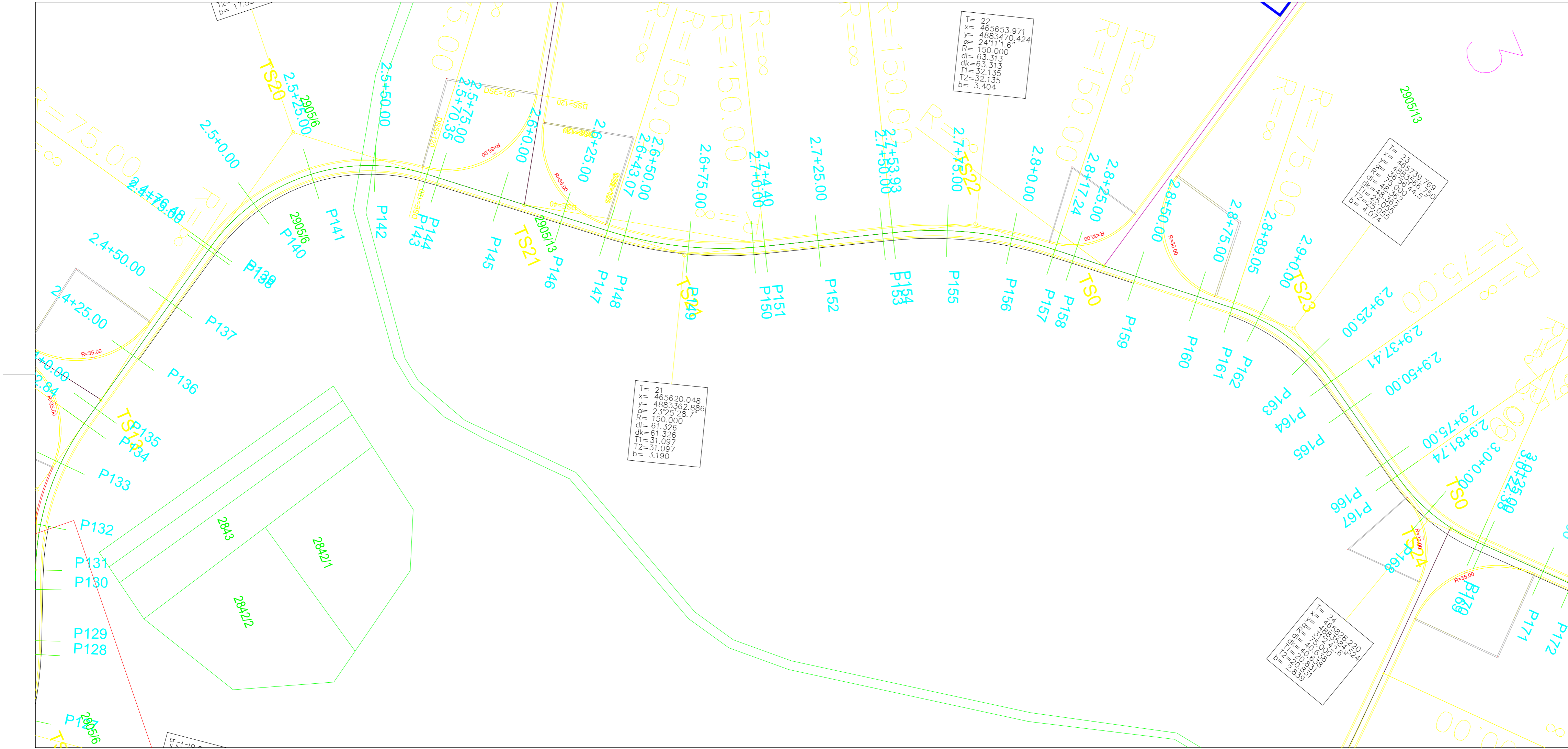
IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
SVEUČILIŠTE SJEVER Odjel za graditeljstvo			
TEMA ZAVRŠNOG RADA:			
Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije pristupnih cesta vjetroparkova			
SADRŽAJ NACRTA:			
GRAĐEVINSKA SITUACIJA			
MENTOR:			
Doc. dr. sc. Milan Rezo			
IZRADIO:			
Davor Skoko			
MJERILO :	M 1 : 1 000		
BR. TEH. DNEVNIKA :			
Z.O.P.:			
MAPA:			
BROJ PRILOGA:	List_3		
DATUM:	rujan/2018		



IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
SVEUČILIŠTE SJEVER Odjel za graditeljstvo			
TEMA ZAVRŠNOG RADA: Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije pristupnih cesta vjetroparkova			
SADRŽAJ NACRTA: GRAĐEVINSKA SITUACIJA			
MENTOR:		Doc. dr. sc. Milan Rezo	
IZRADIO:		Davor Skoko	
MJERILO :		M 1 : 1 000	
BR. TEH. DNEVNIKA :			
Z.O.P.:			
MAPA:			
BROJ PRILOGA:		List_4	
DATUM:		rujan/2018	

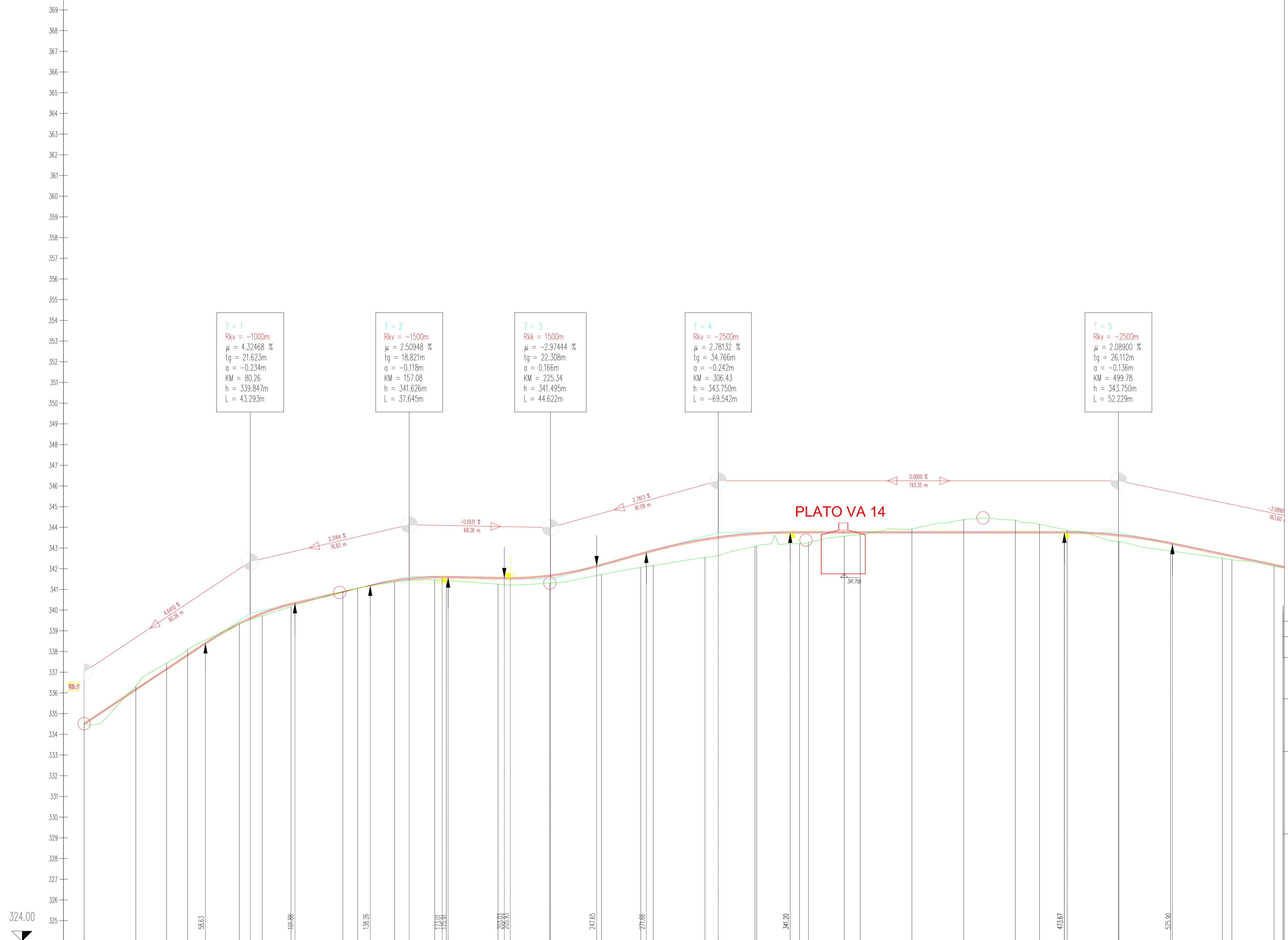


IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
SVEUČILIŠTE SJEVER Odjel za graditeljstvo			
TEMA ZAVRŠNOG RADA:			
Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije pristupnih cesta vjetroparkova			
SADRŽAJ NACRTA:			
GRAĐEVINSKA SITUACIJA			
MENTOR:			
Doc. dr. sc. Milan Rezo			
IZRADIO:			
Davor Skoko			
MJERILO :	M 1 : 1 000		
BR. TEH. DNEVNIKA :			
Z.O.P.:			
MAPA:			
BROJ PRILOGA:	List_5		
DATUM:	rujan/2018		



IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
SVEUČILIŠTE SJEVER Odjel za graditeljstvo			
TEMA ZAVRŠNOG RADA:			
Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije pristupnih cesta vjetroparkova			
SADRŽAJ NACRTA:			
GRAĐEVINSKA SITUACIJA			
MENTOR:			
Doc. dr. sc. Milan Rezo			
IZRADIO:			
Davor Skoko			
MJERILO :	M 1 : 1 000		
BR. TEH. DNEVNIKA :			
Z.O.P.:			
MAPA:			
BROJ PRILOGA:	List_6		
DATUM:	rujan/2018		

PROFIL-1: OSVEKPA_03
MJERILO 1:1000/100



324.00

OZNAKE PROFILA

STACIONAŽE

KOTE TERENA

KOTE NIVELETE

PRAVCI I KRIVINE

POPREČNI NAGIBI

Ujvi rub
Desni rub

l. rub
d. rub

IZMJENA: OPIS: DATUM: POTPIS:

SVEUČILIŠTE SJEVER
Odjel za graditeljstvo

TEMA ZAVRŠNOG RADA:

Projektiranje i proračun kolničke
konstrukcije pristupnih cesta vjetroparkova

SADRŽAJ NACRTA:

UZDUŽNI PROFIL

MENTOR:

Doc. dr. sc. Milan Rezo

IZRADIO:

Davor Skoko

MJERILO:

M 1 : 1 000

BR. TEH. DNEVNIKA:

Z.O.P.:

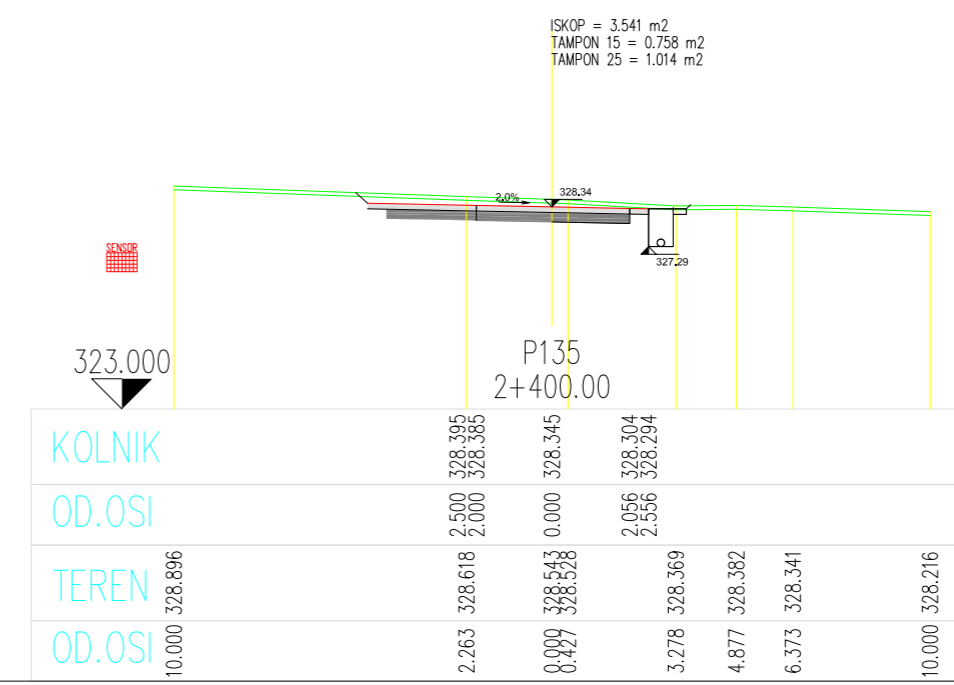
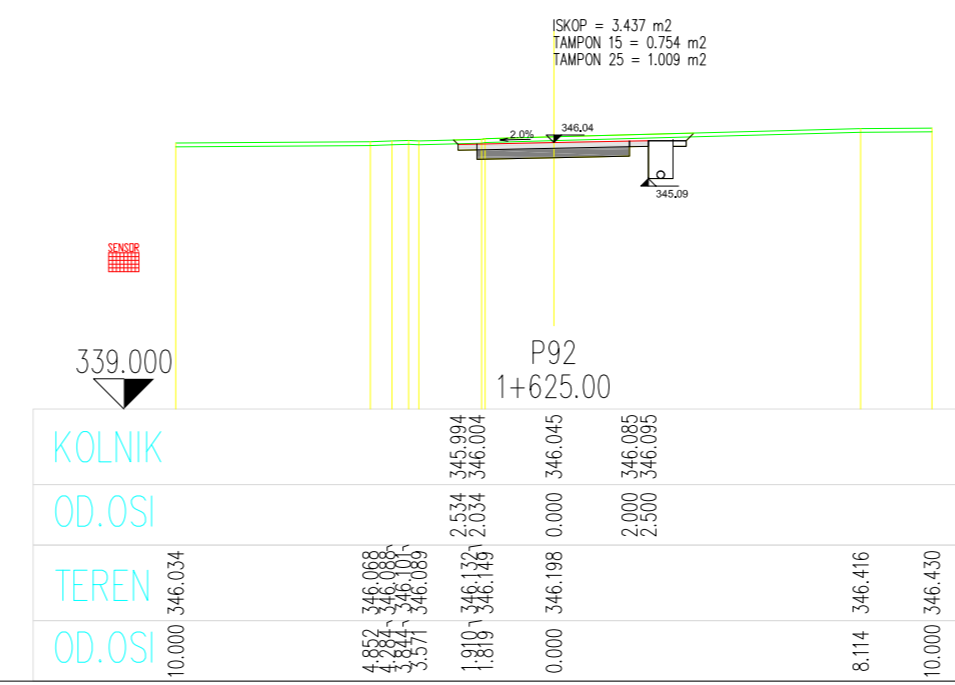
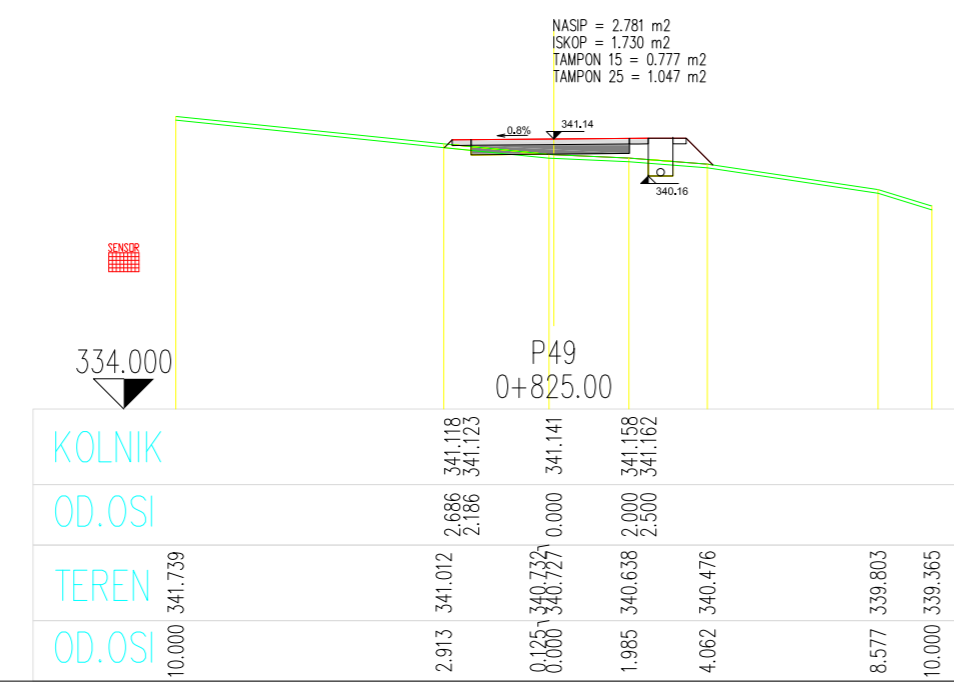
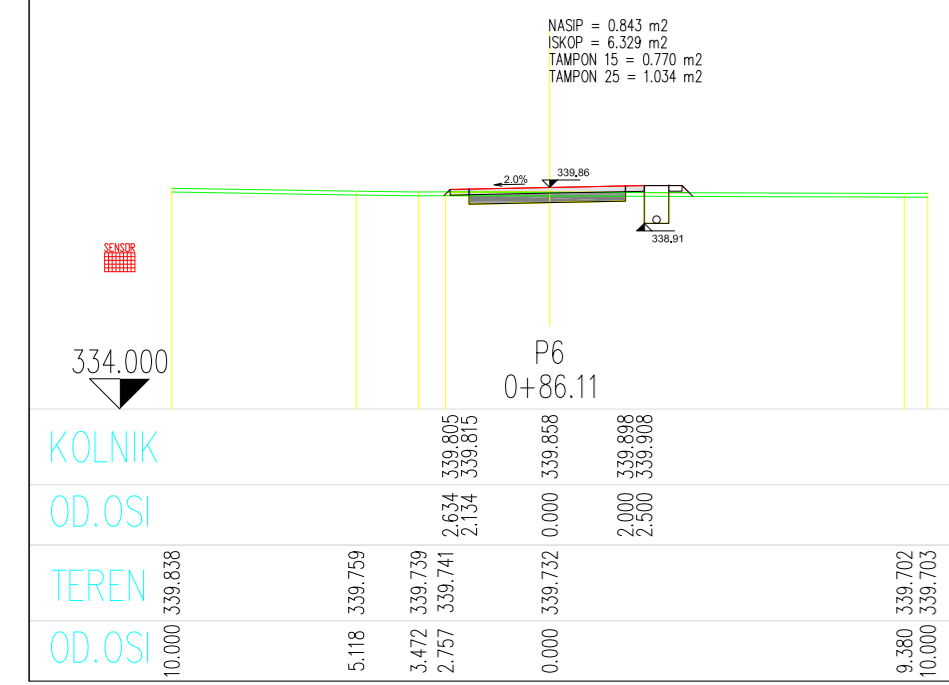
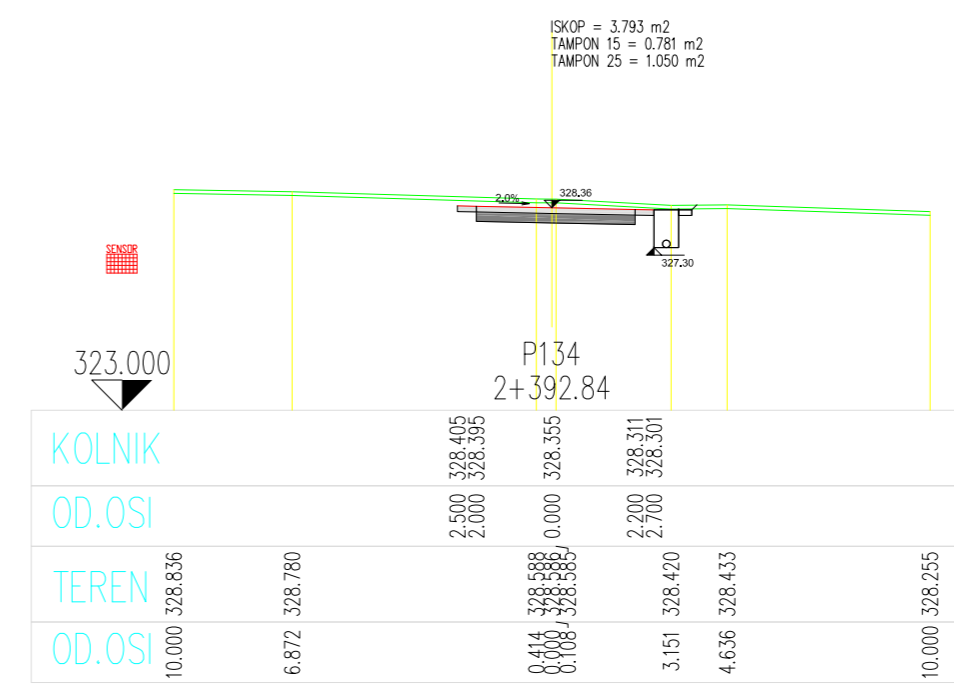
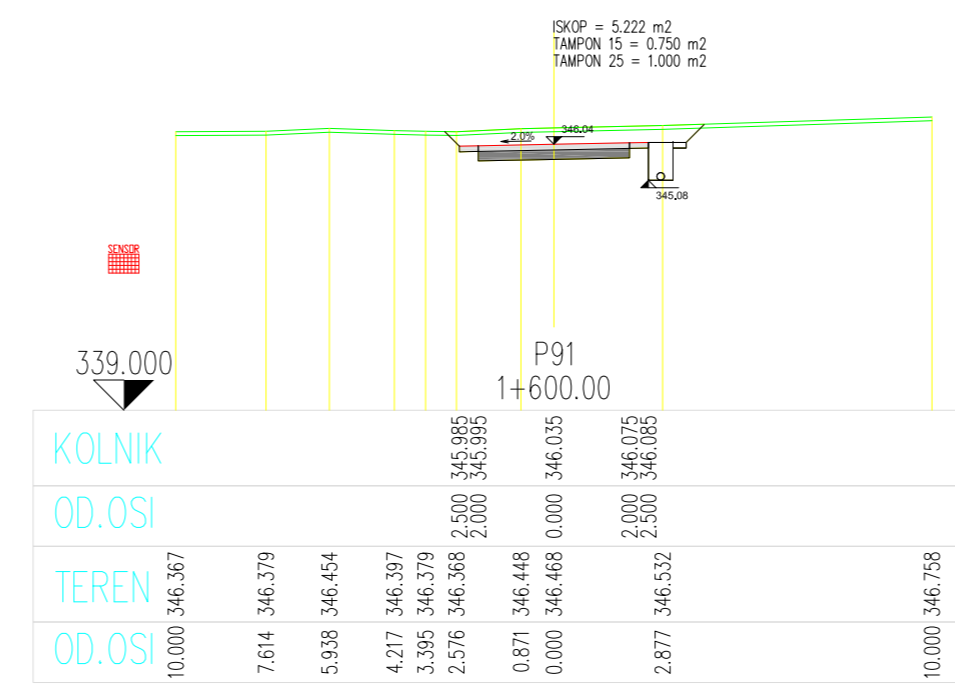
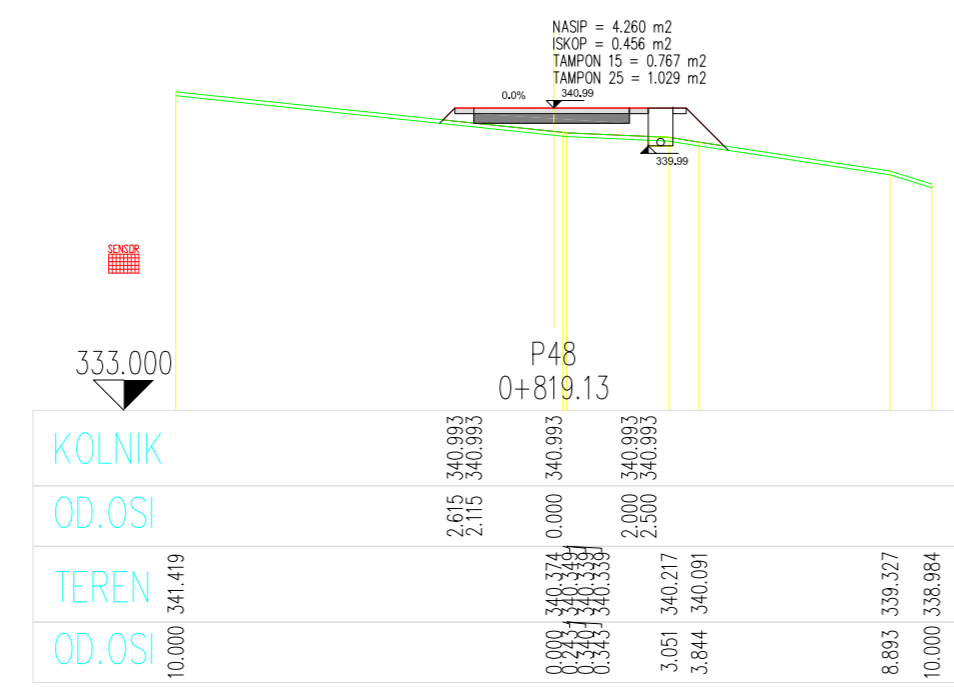
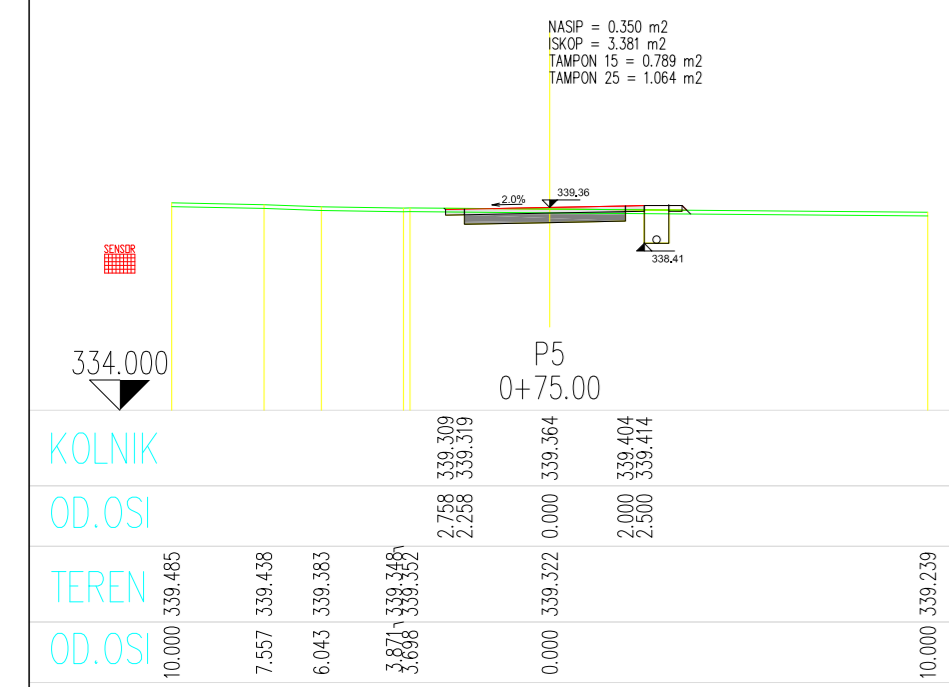
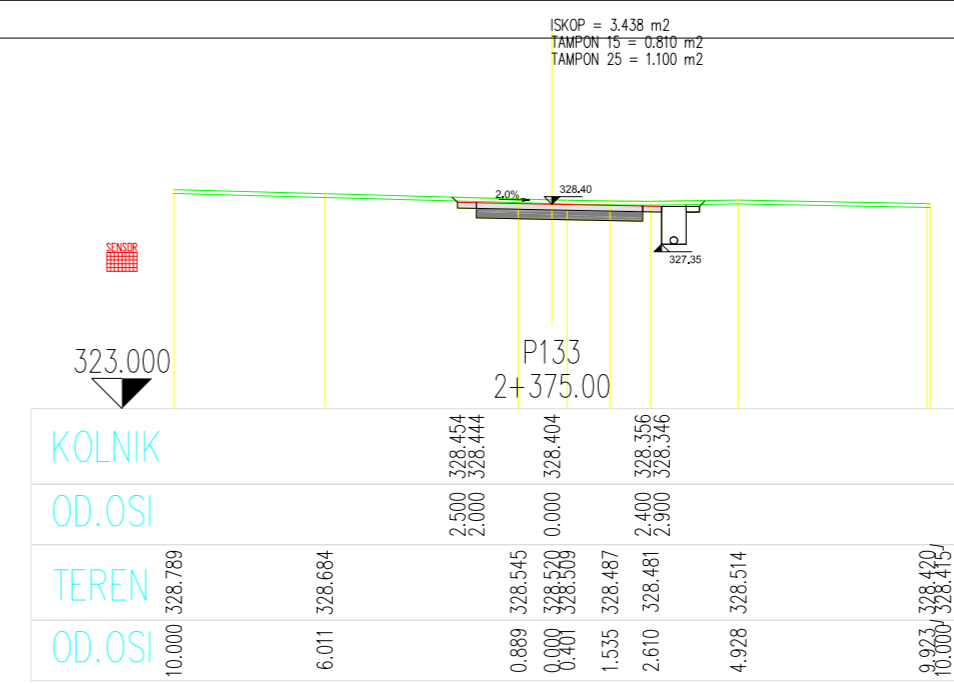
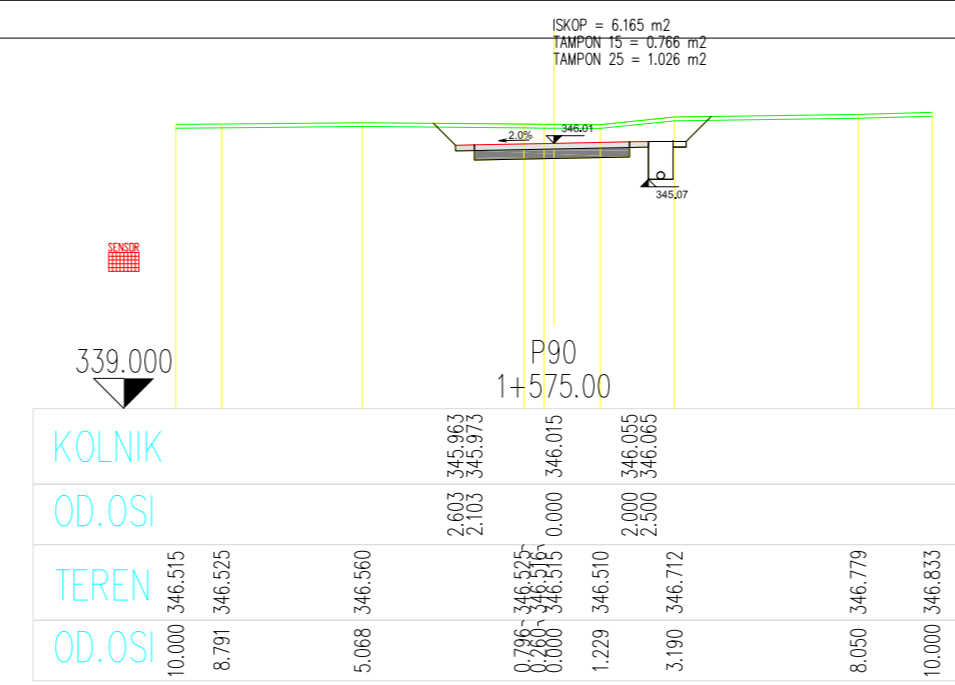
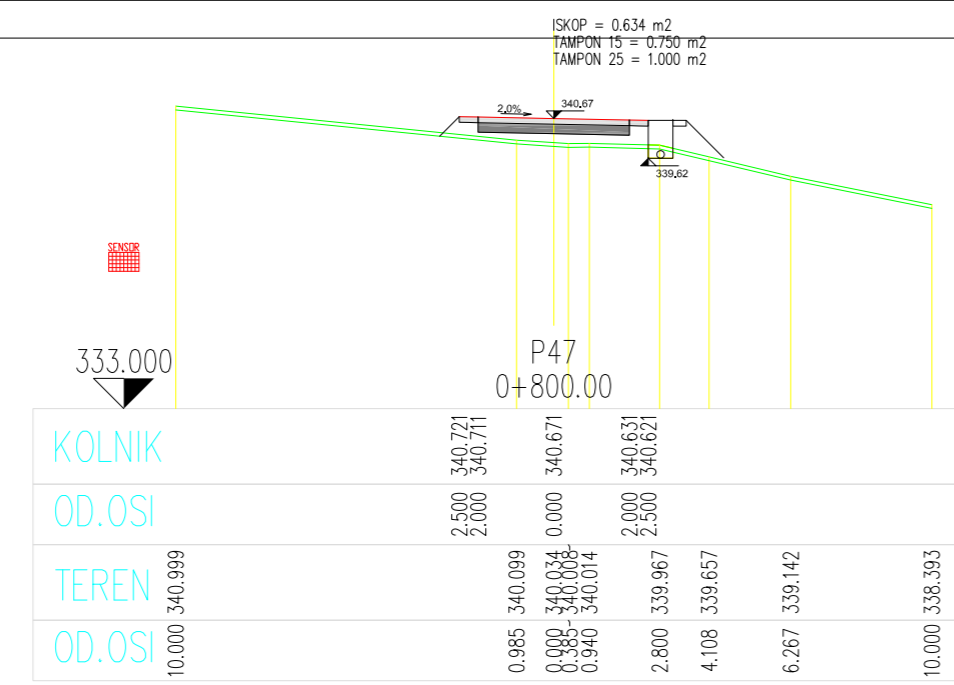
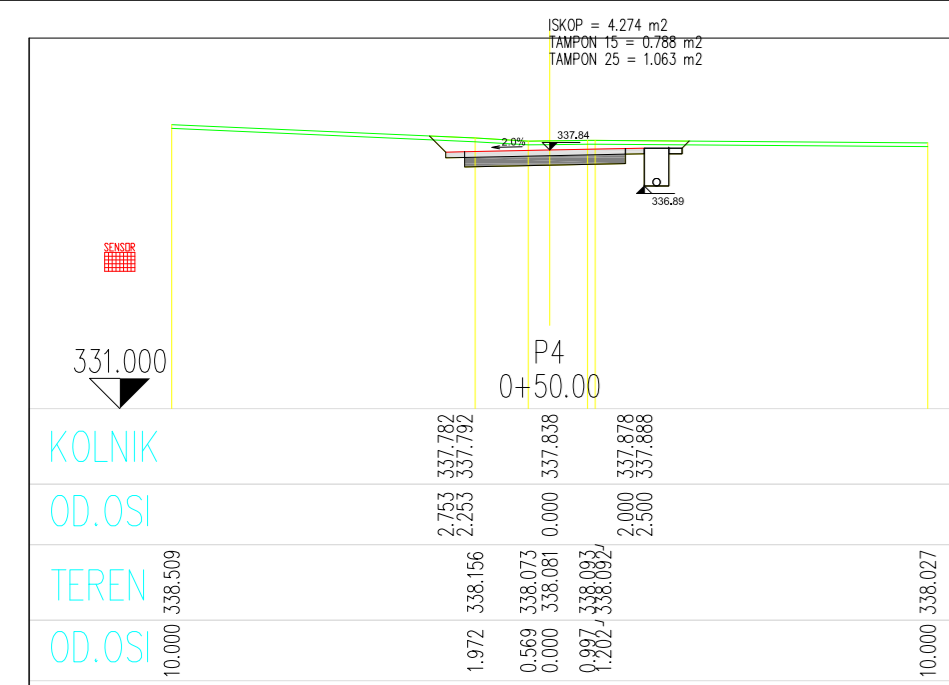
MAPA:

BROJ PRILOGA:

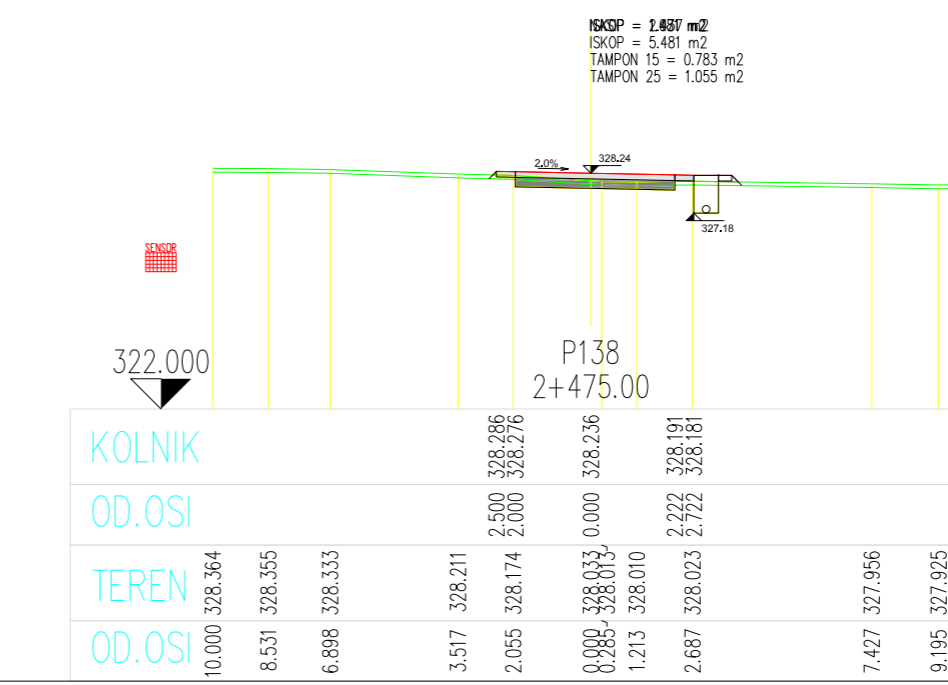
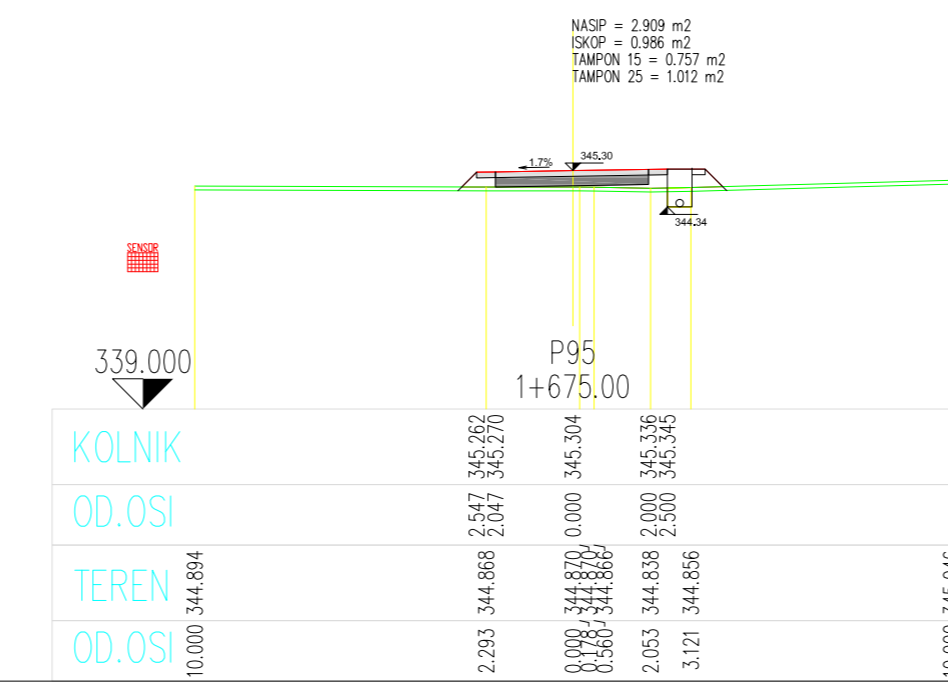
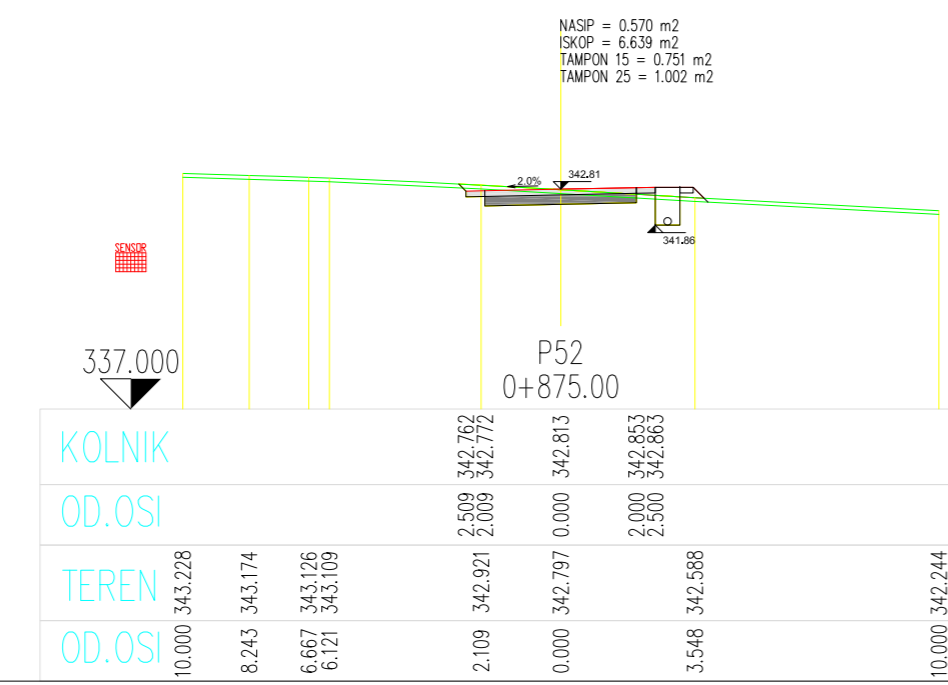
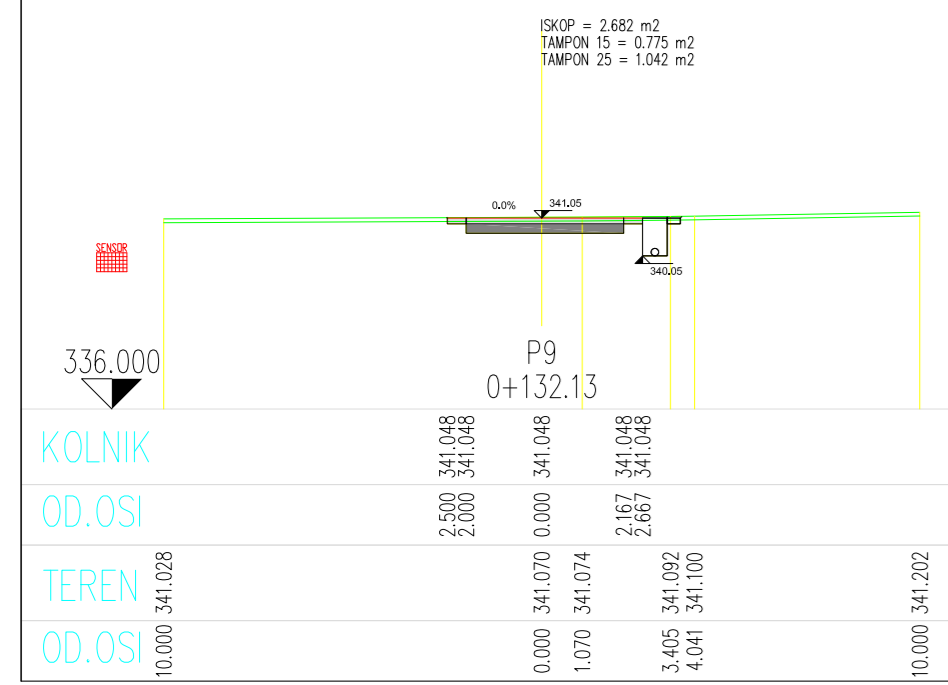
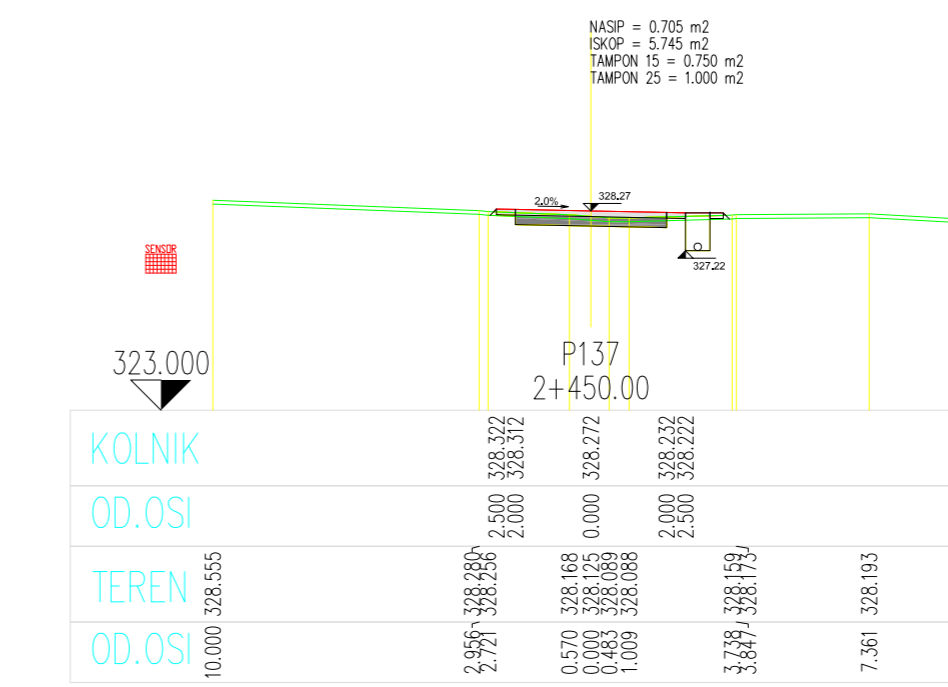
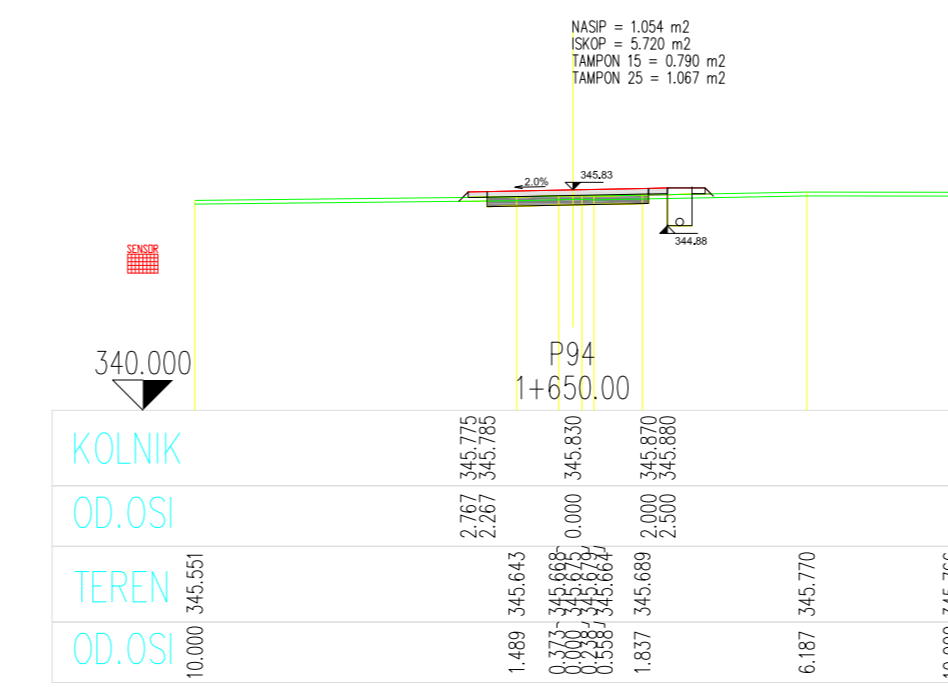
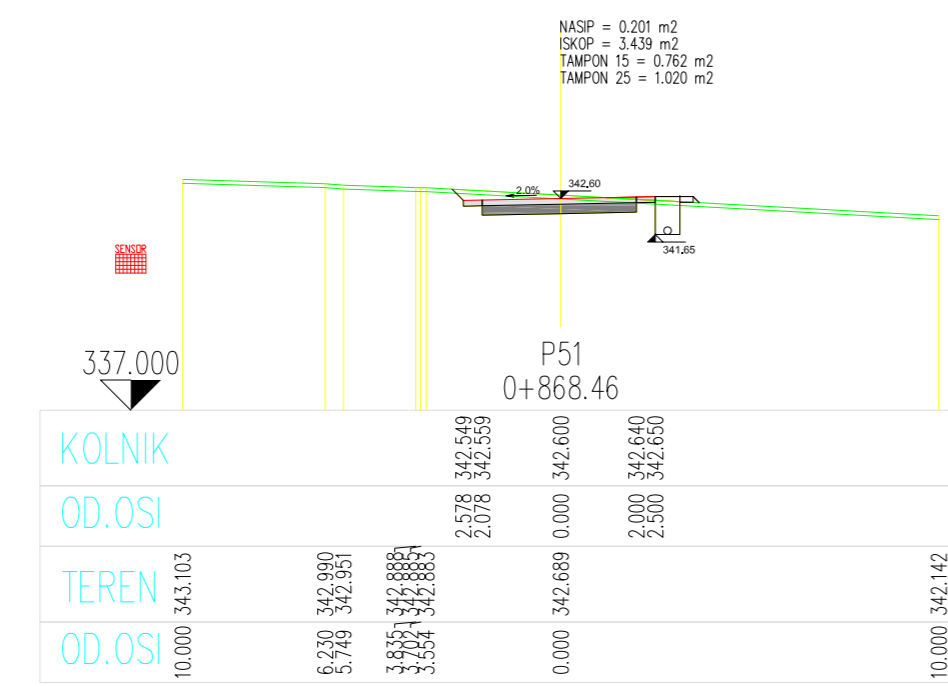
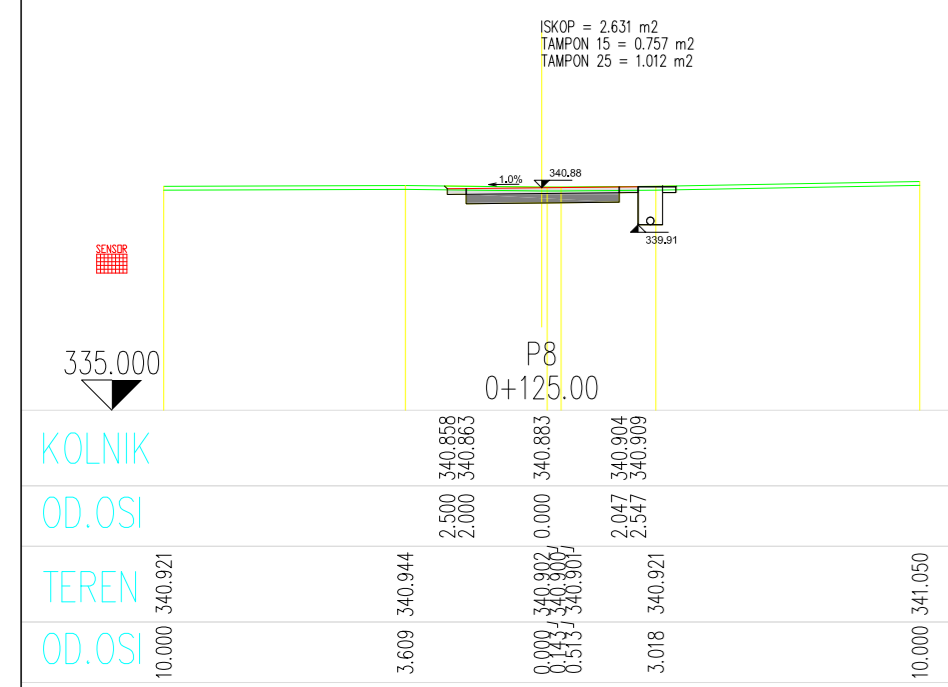
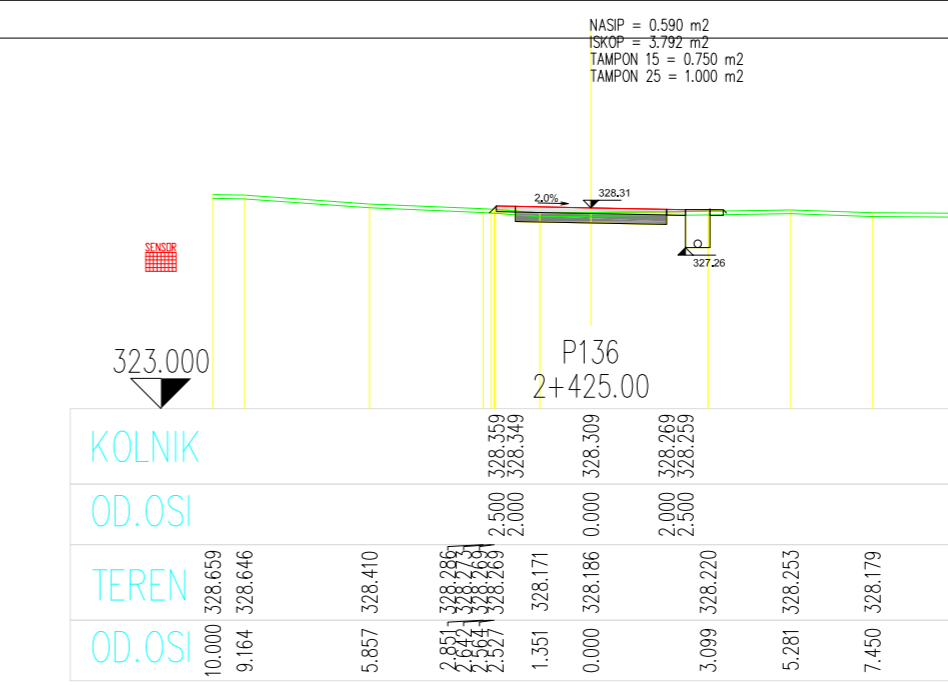
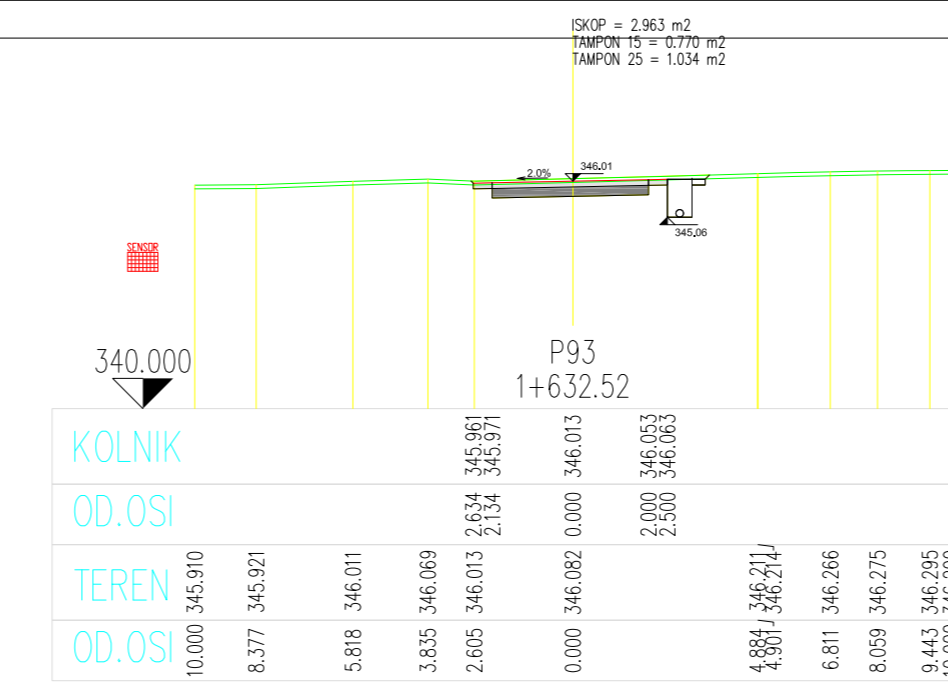
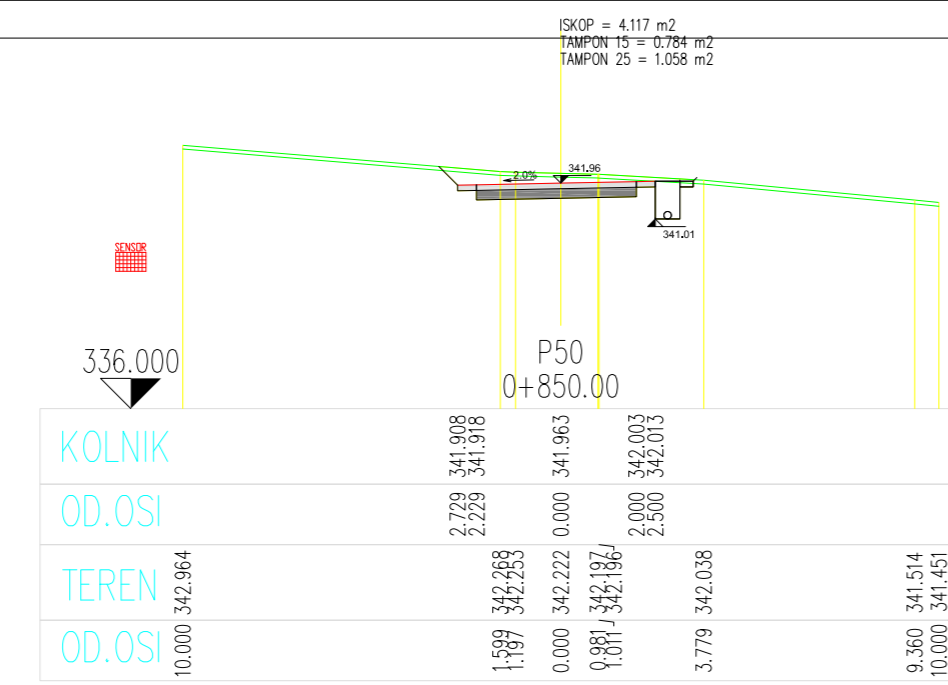
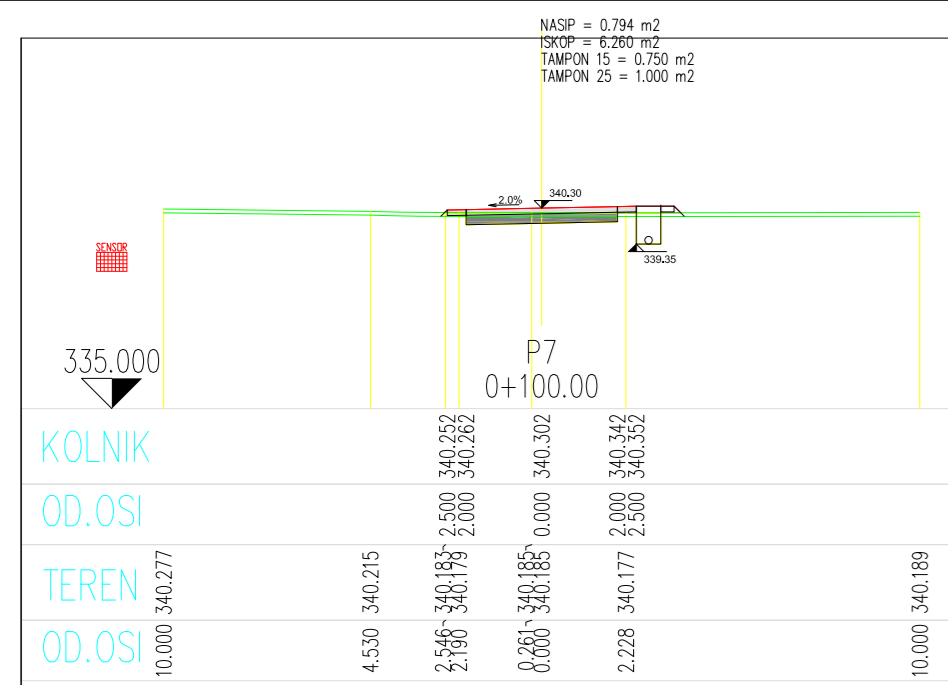
List_7

DATUM:

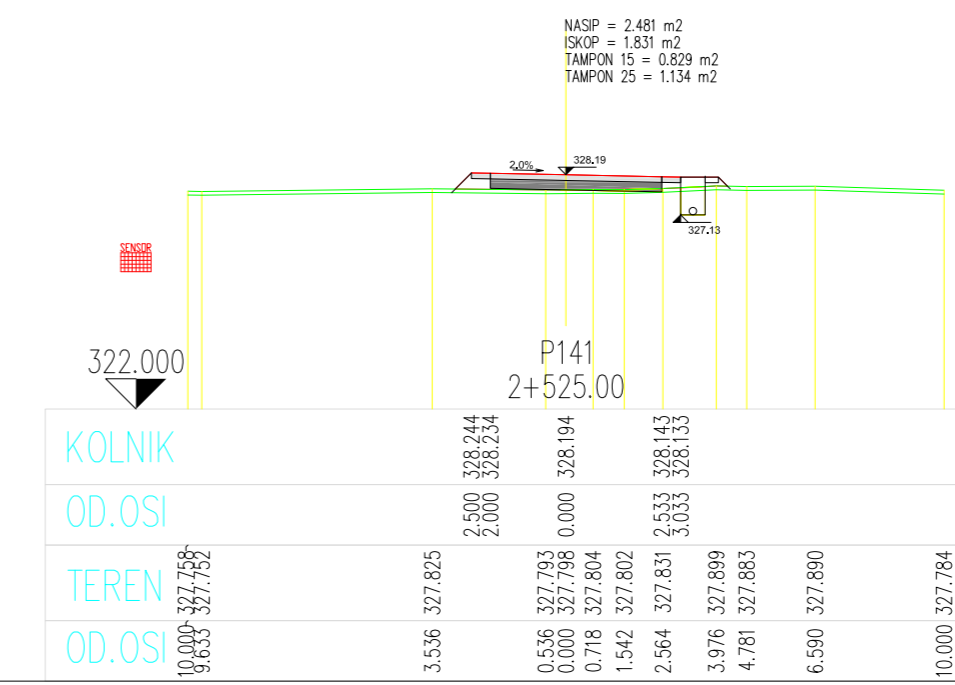
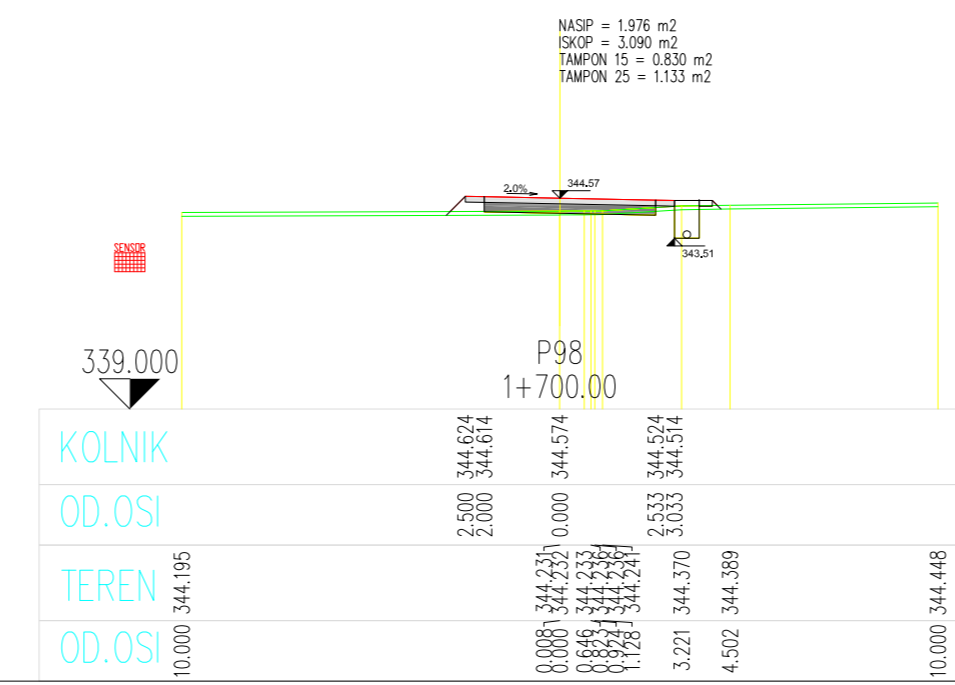
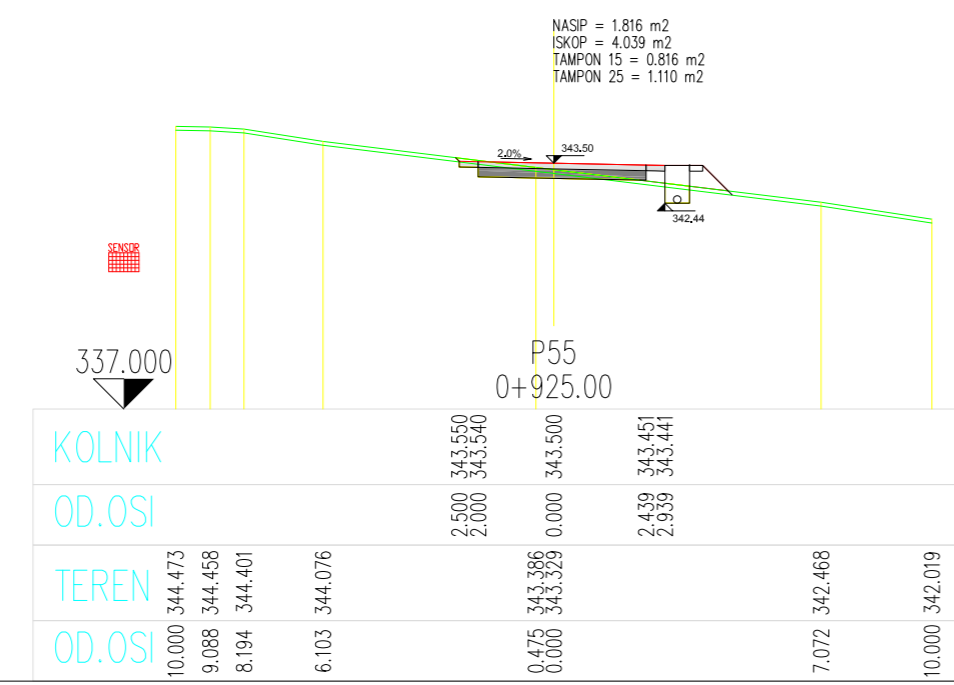
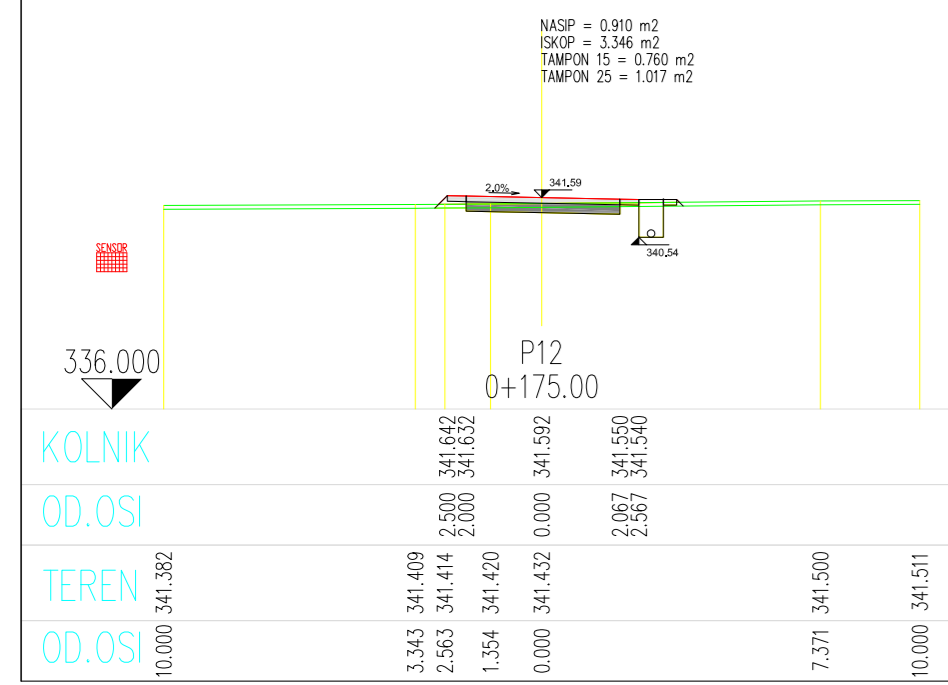
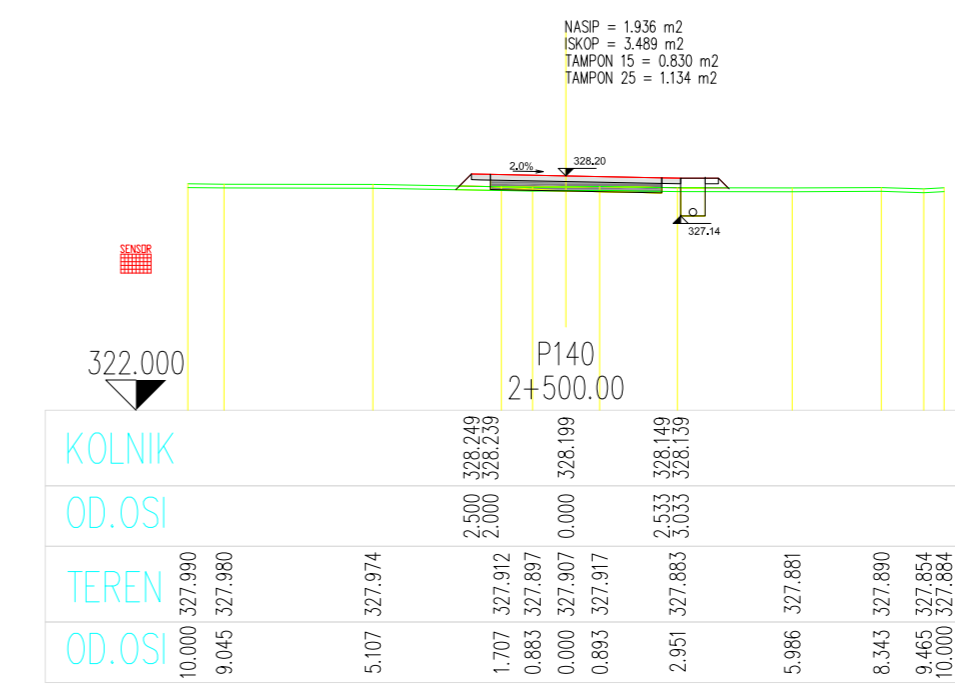
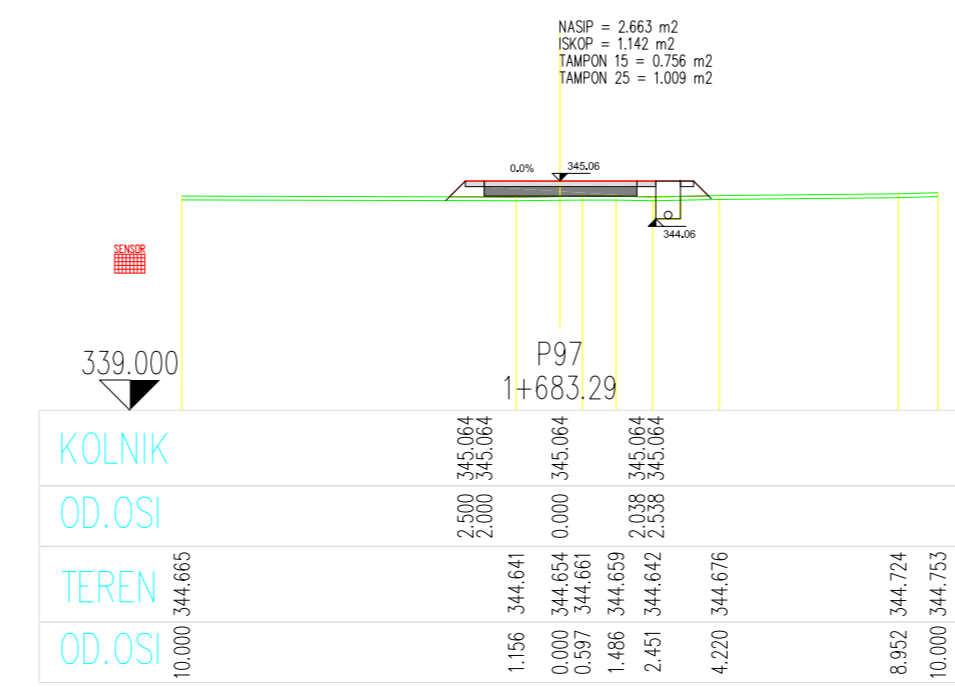
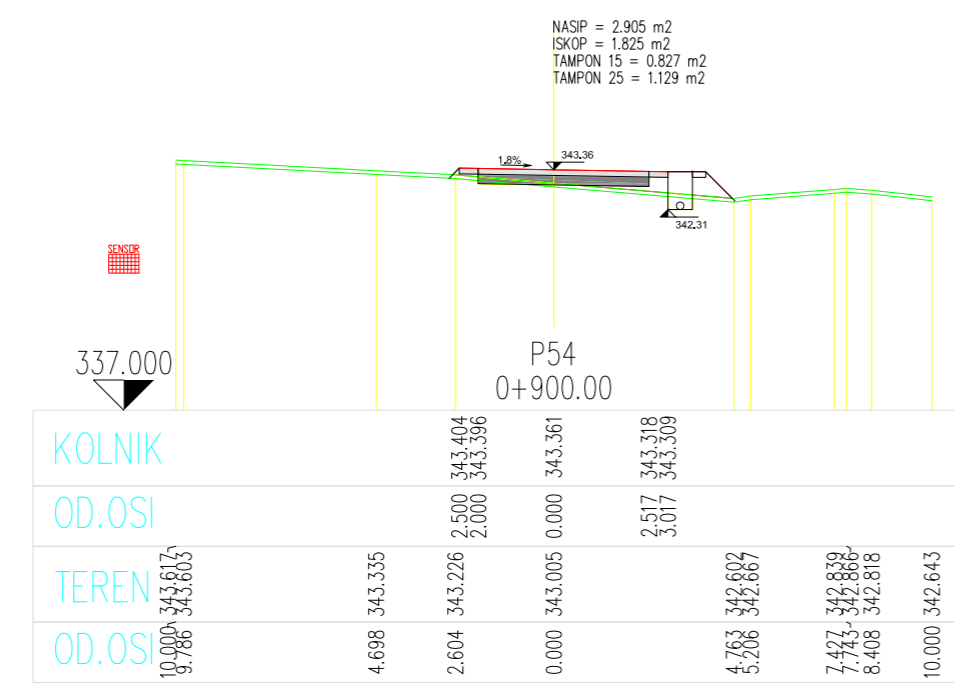
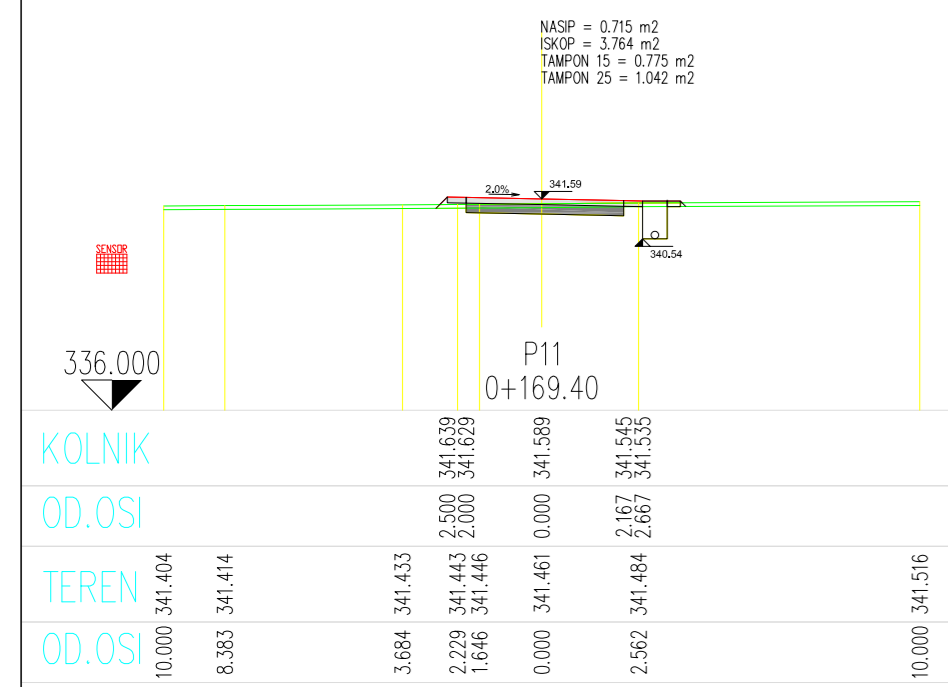
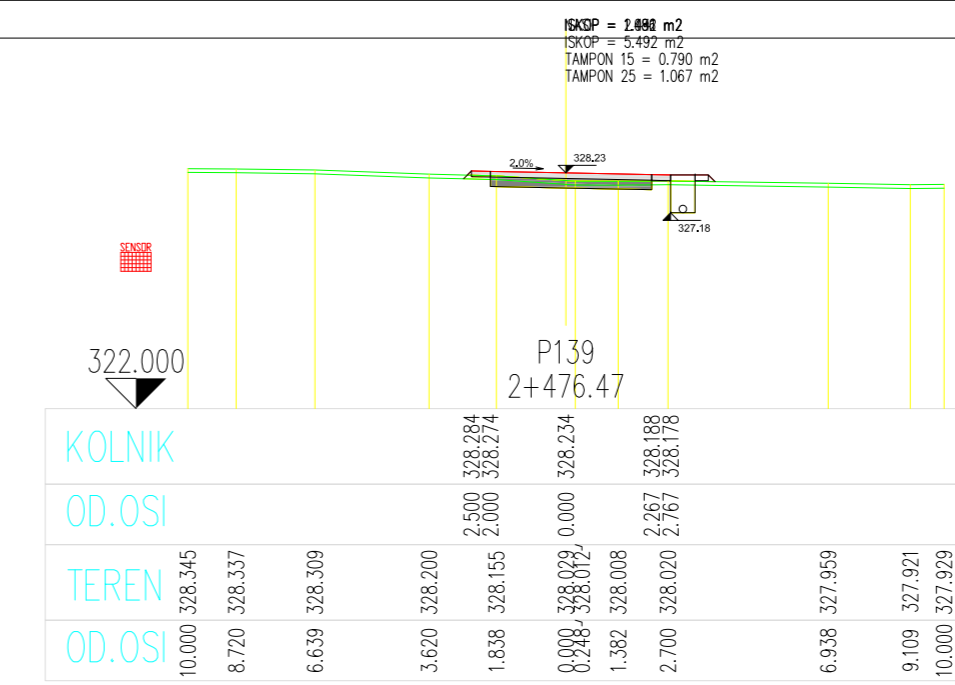
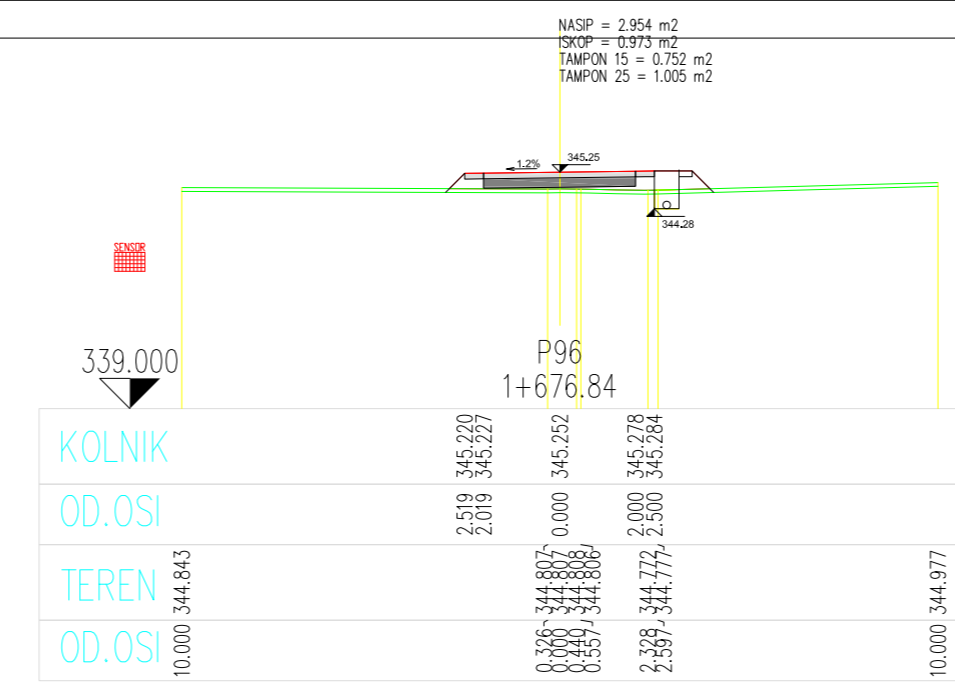
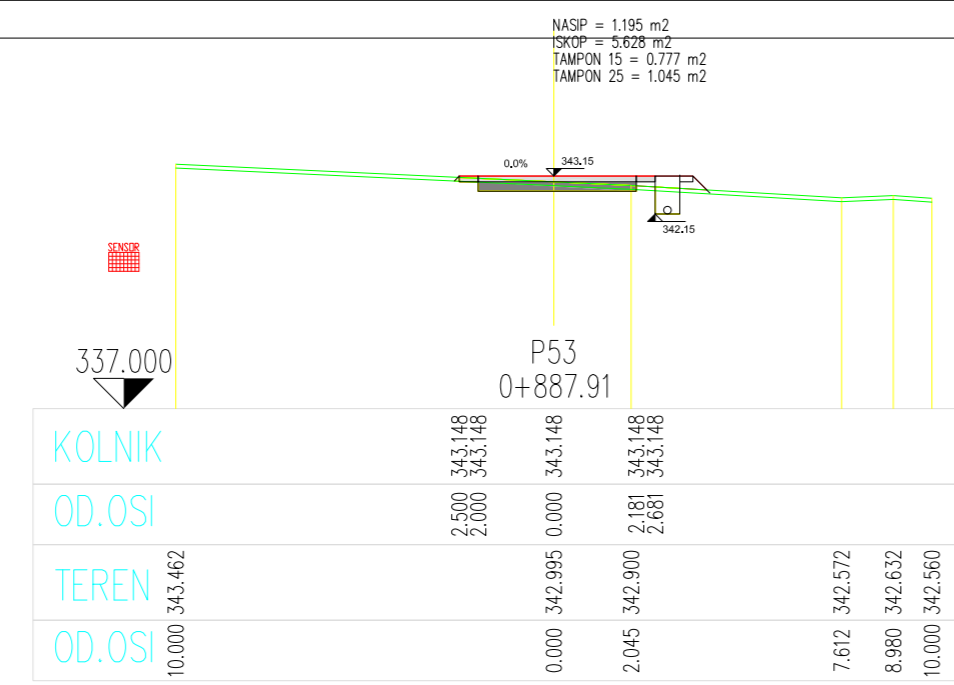
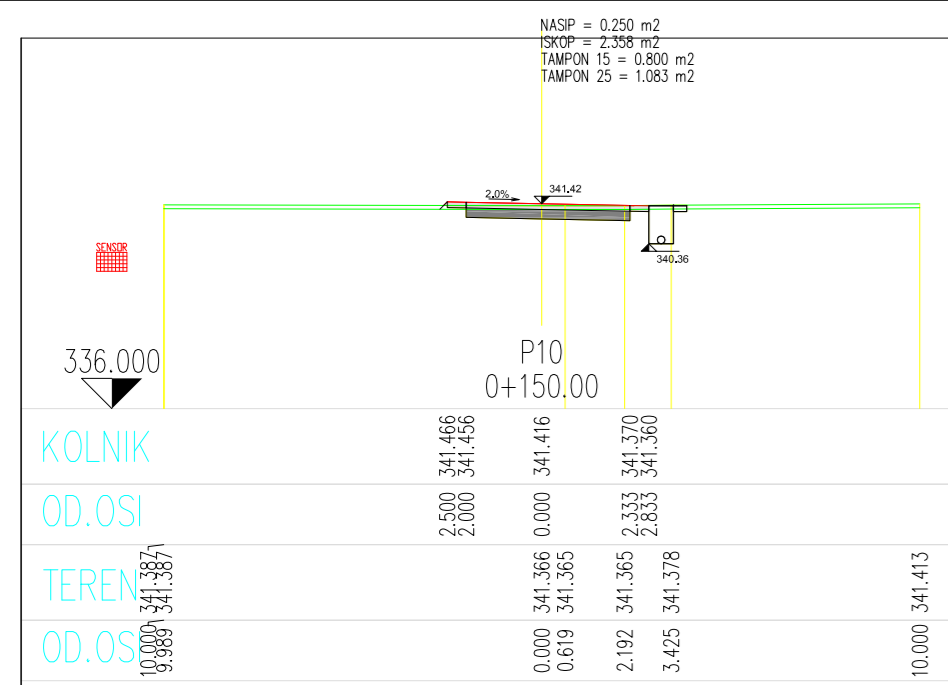
rujan/2018



IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
SVEUČILIŠTE SJEVER Odjel za graditeljstvo			
TEMA ZAVRŠNOG RADA: Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije pristupnih cesta vjetroparkova			
SADRŽAJ NACRTA: POPREČNI PROFILI			
MENTOR: Doc. dr. sc. Milan Rezo			
IZRADIO: Davor Skoko			
MJERILO :		M 1 : 200	
BR. TEH. DNEVNIKA :			
Z.O.P.:			
MAPA:			
BROJ PRILOGA:		List_13	
DATUM:		rujan/2018	



IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
SVEUČILIŠTE SJEVER Odjel za graditeljstvo			
TEMA ZAVRŠNOG RADA: Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije pristupnih cesta vjetroparkova			
SADRŽAJ NACRTA: POPREČNI PROFILI			
MENTOR: Doc. dr. sc. Milan Rezo			
IZRADIO: Davor Skoko			
MJERILO :		M 1 : 200	
BR. TEH. DNEVNIKA :			
Z.O.P.:			
MAPA:			
BROJ PRILOGA:		List_14	
DATUM:		rujan/2018	



IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
SVEUČILIŠTE SJEVER Odjel za graditeljstvo			
TEMA ZAVRŠNOG RADA: Projektiranje i proračun kolničke konstrukcije pristupnih cesta vjetroparkova			
SADRŽAJ NACRTA: POPREČNI PROFILI			
MENTOR: Doc. dr. sc. Milan Rezo			
IZRADIO: Davor Skoko			
MJERILO :	M 1 : 200		
BR. TEH. DNEVNIKA :			
Z.O.P.:			
MAPA:			
BROJ PRILOGA:	List_15		
DATUM:	rujan/2018		