

# GEODETSKI RADOVI PRI REKONSTRUKCIJI TRAMVAJSKE PRUGE U OSIJEKU

## 1. Uvod

U Zagrebu se tramvajske pruge projektiraju i izvode DEPP (dvostruki elastični pričvrtni pribor) sistemom pričvršćivanja tračnice na gotovoj betonskoj ploči širine 2 m. Isti sistem koristi se prilikom novogradnje, kao i kod rekonstrukcije postojećih pruga, gdje je betonska ploča još u dobrom stanju i dozvoljava da se na nju montira novi pričvrtni pribor i tračnice. Prilikom montaže se ispod tračnice s montiranim pričvrstnim priborom podlijeva ležajni jastuk od specijalne smole, koji je ujedno i nivelirajući sloj kojim se sama tračnica dovodi na projektiranu visinu.

U sklopu uređenja Trga Ante Starčevića u Osijeku, izgrađena je i nova tramvajska pruga sistemom ZG3, koji se ranije koristio u Zagrebu. Pričvrtni pribor koji se koristi gotovo je identičan kao kod sistema DEPP, ali je razlika u načinu postavljanja betonske ploče i postavljanju tračnica na projektiranu visinu. Dok se DEPP sistemom svi radovi montaže tračnica vrše na već gotovoj betonskoj ploči, sistemom korištenim u Osijeku se prvo na pripremljen tamponski sloj postavljaju tračnice s ovješnim pričvrstnim priborom. Tračnice se potom pomoću specijalnih jarmova dovode u projektirani položaj. Zatim se

izrađuje oplata širine 2 m i visine 30 cm, što odgovara dimenzijama projektirane betonske ploče. Nakon završne provjere položaja i visine tračnica, cijela montirana konstrukcija zalijeva se betonom. Na slici 1. prikazan je poprečni presjek tračnice s montažnim priborom.

## 2. Priprema za snimanje postojećeg stanja tramvajske pruge

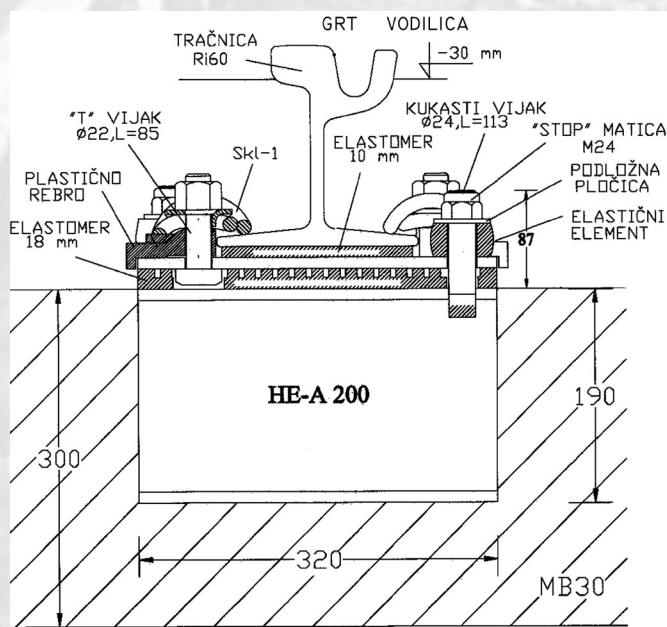
Prvi korak u pripremi za snimanje postojećeg stanja kolosijeka je prikupljanje podataka o postojećoj poligonskoj mreži uz trasu snimanja. Na temelju položajnih opisa poligonskih točaka, identificiraju se iste na terenu te se utvrđuje da li su pogodno smještene za snimanje pruge.

Mreža postojećih poligonskih točaka dopunjava se i proglašuje novim poligonskim točkama. Pri stabilizaciji poligonskih točaka treba voditi računa o sljedećem:

- točke moraju biti stabilizirane u čvrstoj podlozi (beton, asfalt)
- točke moraju biti postavljene izvan zone budućih radova (zbog uništenja)
- točke moraju biti što bliže trasi snimanja (bitno kod iskolčenja)
- moraju se međusobno dogledati
- sa susjednih točaka mora se vidjeti isti detalj zbog preklopa i kontrole pri snimanju
- međusobna udaljenost poligonskih točaka ne bi trebala prelaziti 150m (zbog atmosferskih utjecaja pri opažanju poligonske mreže, ali i zbog točnosti viziranja pri kasnijem iskolčenju novog kolosijeka)

Opazanje poligonske mreže vrši se instrumentom s podatkom limba 1", u dva girusa, s prisilnim centriranjem.

Računanjem jednog ili više poligonskih vlakova, (ovisno o dužini dionice snimanja, broju postojećih poligona itd.) dobit će se određene kutne i položajne popravke, koje svojom veličinom često prelaze vrijednosti dopuštene pri kasnijem iskolčenju pruge. Naime, točnost koja se zahtjeva pri iskolčenju osi pruge je  $\pm 1$  mm u uzdužnom i poprečnom smislu u odnosu na os pruge. Uzmimo da je duljina poligonske stranice 150 m, a najudaljenija točka iskolčenja ne prelazi polovinu dužine poligonske stranice, te u toj točki položajna pogreška pri iskolčenju ne smije biti veća od 1 mm. Proizlazi da kutna pogreška pojedine poligonske strane mora biti manja od 3", a položajna popravka po pojedinoj poligonskoj točki u vlaklu ne bi smjela biti veća od 2 mm. To, zbog točnosti kojom su određene poligonske točke u gradskim poligonskim mrežama, često neće biti moguće postići. Stoga se u većini slučajeva snimanje i iskolčenje pruge vrši s neizjednačenih poligonskih vlakova, pri čemu posebnu pažnju treba posvetiti opažanju poligonske mreže. Kod dužih dionica tramvajske pruge poligonski vlakovi se razvijaju s postojeće poligonske točke približno u sredini dionice, po mogućnosti s dalekom orijentacijom, te se na obje strane dionice računaju



Slika 1. Poprečni presjek tračnice s montažnim priborom.



Slika 2. Pričvrtni pribor i "jaram".

kao neizjednačeni poligonski vlakovi sa zajedničkom početnom poligonskom stranicom, tako da i druge postojeće poligonske točke, koje će se naći u ovakvom vlakvu, dobivaju nove koordinate. Visine poligonskih točaka određuju se nivelmanom povećane točnosti između postojećih repera. Točnost određivanja visina poligonskih točaka jednako je važna kao i određivanje njihova položaja, kako zbog davanja vjerodostojnog podatka za potrebe projektiranja, tako i zbog točnosti od  $\pm 1$  mm kojom je potrebno postaviti novopoložene tračnice na visinu. Ukoliko je pri niveliranju visinska pogreška između poznatih repera prevelika, potrebno je pristupiti određivanju visina poligonskih točaka isto kao pri određivanju njihova položaja. Niveliranje je obavezno izvršiti dva puta (naprijed - natrag). Pri razvijanju poligonskih vlakova za potrebe projektiranja tramvajskih pruga ne primjenjuje se računanje u lokalnom koordinatnom sustavu, jer se često istovremeno s projektiranjem pruge vrši i projektiranje drugih prometnih površina uz prugu. Eventualna manja odstupanja u koordinatama poligonskih točaka koje se koriste za iskolčenje cestovnih i pješačkih površina nisu bitna jer i tražena točnost iskolčenja tih objekata nije visoka kao kod iskolčenja pruge.

### 3. Snimanje postojećeg stanja kolosijeka u svrhu rekonstrukcije

Osni razmak tramvajskih tračnica koji se koristi u Osijeku i Zagrebu je 1000 mm. To je udaljenost između gornjih rubova tračnice (GRT). Zbog zaobljenosti i istrošenosti tračnice često je teško snimiti točku na tom mjestu, stoga se snimanje tramvajskih pruga vrši uglavnom približno na sredini vodilice. Udaljenost točaka snimanja uzduž kolosijeka ovisi o zadanom mjerilu snimanja, a time i o vertikalnom i horizontalnom zakrivljenju.

Pri rekonstrukciji postojećeg tramvajskog kolosijeka, novi kolosijek često vrlo malo odstupa od položaja postojećeg kolosijeka, pa je kod snimanja pojedinog profila tramvajске pruge potrebno, osim tračnice, snimiti i teren uz prugu, odnosno cestu



Slika 3. Križalište.

ukoliko se pruga nalazi u cestovnom pojasu, te teren uz prugu i rubnjak koji razdvaja cestovni pojas od zasebnog pojasa pruge. Uz to potrebno je snimiti detalje rubnjaka, staza i drugih objekata uz prugu i na križanjima pruge s drugim prometnicama te osi cestovnih prometnica na križanju s prugom zbog visinskog uklopa. Pažnju treba posvetiti određivanju početaka horizontalnih krivina, kao i mjesta na kojima dolazi do promjene u radijusu krivine. Potrebno je snimiti i sve karakteristične točke vertikalnih krivina.

Tramvajsku prugu ne čini samo tračnica u pravcu i krivini, nego i pružni sklopovi. To su skretnice koje omogućuju razdvajanje tramvajskog prometa s jednog na dva ili više kolosijeka i križališta (sklopovi koji omogućuju križanje tramvajskog prometa), stoga je potrebno snimiti početke i završetke sklopova skretnica i križališta. Na mjestima gdje se skretnicama odvajaju drugi kolosijeci, te na križanjima s prugama koje nisu obuhvaćene rekonstrukcijom, potrebno je snimiti kraće dionice tih kolosijeka koji se ne rekonstruiraju, kako bi se projektom mogao dobro definirati oblik i položaj novih križališta i skretničkih sklopova.

### 4. Iskolčenje novoprojektirane tramvajске pruge

Nakon uklanjanja starog kolosijeka, betonske podloge (ukoliko je postojala) te starog tamponskog sloja, pristupa se postavljanju novog tamponskog sloja. Visina tampona određuje se tako da se na određenoj stacionaži pruge od visine projektiranog gornjeg ruba tračnice odbije debljina tračnice (18 cm), elastične podloge pričvrstnog pribora (4 cm) i debljina betonske ploče (30 cm). Visina tampona na pojedinom profilu označuje se na zabijenoj čeličnoj šipci unutar iskopa ili oznakom izvan iskopa s upisanim odmjeranjem do vrha tamponskog sloja. Pošto je tamponski sloj postavljen i sabijen, niveliranjem se vrši kontrola visine. Odstupanje visina tampona od projekta treba biti u granicama od +1 do -2 cm.



Slika 4. Pripremljen tamponski sloj.



Slika 5. Označavanje točke čeličnim klinom.

Na tako pripremljenoj podlozi pristupa se iskolčenju osi novoprojektirane pruge. Dakle ne iskolčava se svaka tračnica zasebno, nego os pruge. Za iskolčenje osi tramvajske pruge na tamponu koriste se čelični klinovi duljine dvadesetak centimetara s oštrim vrhom i plosnatom glavom na gornjoj strani (5x5 cm). S poligonske mreže odredi se položaj točke iskolčenja na tamponu. Na tom mjestu se zabije čelični klin s plosnatom glavom. Zatim se ponovno iskolčava ista točka na glavi klina. Ukoliko to vidljivost dopušta, poželjno je iskolčenje na glavi klina obaviti uz pomoć male značke na kratkom nosaču ( $R=0.10$  m). Točka na glavi šipke označava se urezivanjem ili bojanjem križića tankim kistom. Iskolčenje se vrši u svim točkama koje su zadane projektom, čija je udaljenost na pruzi u pravcu 5 m. Udaljenost između točaka iskolčenja u krivini ovisi o radijusu krivine. Za krivine s malim radijusom, tračnice se unaprijed strojno savijaju prema zadanom radijusu, što olakšava njihovo polaganje u projektni položaj. Savijanje tračnica u krivinama s manjim radijusom nije moguće neposredno pri montaži.

S točaka poligonske mreže obavlja se iskolčenje početaka i krajeva krivina. S tih točaka se dalje detaljno iskolčavaju pravci i krivine, te početci i krajevi pružnih sklopova. Pri rekonstrukciji tramvajskih pruga pod prometom, (DEPP sistem, u slučaju kad nije potrebna izmjena betonske ploče) detaljno

iskolčenje pravaca i svih elemenata krivine obavlja se s poligonske mreže. Pri tome je teže postići traženu točnost iskolčenja zbog stalnog ometanja i vibracija koje uzrokuju tramvaji pri prolasku pored stajališta.

Kolosijek se postavlja u zadanu niveletu niveliranjem visine na obje tračnice. Visine su zadane u svim točkama iskolčenja, te na stacionažama zadanim projektom s elementima vertikalnih krivina. Postavljanje tračnica na visinu izvodi se pomoću posebnih dizalica i vijcima na specijalnim jarmovima. Podizanjem ili spuštanjem tračnice dovodi se očitavanje na letvi na unaprijed izračunati odsječak. Za podlaganje tračnica koriste se tanke letvice od tvrdog drveta koje su ranije pripremljene. Dopusšteno odstupanje od projektirane visine iznosi  $\pm 2$  mm. Dionice za betoniranje uglavnom se pripremaju dan ranije. Uslijed temperaturnih razlika u tračnici dolazi do velikih naprezanja, a time i do pomaka tračnica u horizontalnom i vertikalnom smislu. Stoga je prije betoniranja potrebno izvršiti kontrolu i kolosijek ponovno dotjerati po horizontalnim elementima i visini. Radovi na betoniranju izvode se u ranim jutarnjim satima. Po završetku betoniranja, cijela novoizvedena dionica prekriva se tkaninom i natapa vodom kako bi se spriječilo naprezanje tračnica.

Kod pruga izvedenih u zasebnom pojasu (izvan cestovne površine), prostor između tračnica nasipava se kamenom – tucanikom, sve do visine od



Slika 6. Iskolčenje osi pruge.



Slika 7. Stroj za savijanje tračnica.



Slika 8. Tračnice savijene prema zadanom radijusu.



Slika 9. Precizni nivelir ZEISS KONI 007.

nekoliko centimetara ispod GRT-a. Pruge izvedene u cestovnom pojasu zatvaraju se montažnim betonskim pločama. Ti su elementi praktični jer ih je moguće lako ukloniti, što omogućuje popravke na montažnom priboru tračnice i olakšava rad pri budućim rekonstrukcijama pruge. Ploče su izrađene kao unikatni elementi i izrađuju se u kalupima napravljenim prema projektom zadanim radiusima, te prema projektiranim pružnim sklopovima (skretnicama i križalištima). Na izvedenoj betonskoj ploči iskolčavaju se mjesta na kojima se mijenja tip betonske ploče (mjesta na kojima se mijenja radijus, prelazi iz pravca u krivinu, itd.). Iskolčenje se obavlja instrumentom s poligonske mreže. Na betonskoj ploči u osi pruge urezuje se linija okomita na tu os. Ovime je iskolčenje tramvajske pruge završeno.

## 5. Zaključak

Za izvođenje ovakvih radova potrebno je poznavati elemente od kojih se sastoje tračnički sklopovi, kao i kompletne sisteme izvođenja tramvajskih tračnica. To je potrebno kako bi se snimanjem obuhvatili svi potrebni elementi za projektiranje nove pruge. Također, potrebno je znati što koja točka iskolčenja predstavlja na terenu i



Slika 11. Pruga nakon betoniranja.



Slika 10. Visinsko iskolčenje pruge.

koje točke iskolčenja trebaju izvođaču za montažu pojedinih sklopova.

Tražena točnost pri izvođenju ovakvih radova postiže se samo uz visoku točnost pri opažanju poligonske mreže i određivanju visina. Potrebno je koristiti instrumente s podatkom limba 1", opažati poligonsku mrežu u više girusa i koristeći pribor za prisilno centriranje, kako bi se postigla milimetarska točnost koja se postavlja pred geodete pri rekonstrukciji tramvajskih pruga.

## LITERATURA

Narodne novine br. 84, 24.11.1994. Pravilnik o tehničkim uvjetima za sigurnost željezničkog prometa kojima moraju udovoljavati željezničke pruge.

Narodne novine br. 54, 1982. Pravilnik o tehničkim uvjetima za projektiranje željezničkih pruga i gradskih željeznica.

Prister G., Pollak B., (1998), Željeznice, gornji stroj i specijalne željeznice, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet.

**Darko Dukovac, ing. geodezije**



Slika 12. Postavljanje betonskih ploča.