



## PRUGE ZA VELIKE BRZINE-KOLOSIJECI NA ČVRSTOJ PODLOZI

dr. sc. **Dušan Marušić**, dipl.ing.građ.

Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu

**Danijela Maslač**, dipl.ing.građ.

Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru

**Sažetak:** Pruge za velike brzine trebaju pružati visoke sigurnosne standarde. Tip kolosijeka na čvrstoj podlozi, odnosno kolosijeka bez zastora, gdje je zastor zamijenjen novim stabilnijim materijalom (betonom ili asfaltom), pruža veću sigurnost pri velikim brzinama u odnosu na klasične zastorne konstrukcije.

U radu su iznesene prednosti i mane ovog tipa kolosijeka, kao i razvoj tipa kolosijeka na čvrstoj podlozi, opis konstrukcije i pregled različitih tipova koji se koriste u svijetu.

**Ključne riječi:** pruge za velike brzine, čvrsta podloga, kolosijeci bez zastora, beton ili asfalt.

## HIGH SPEED RAILWAYS - TRACKS ON SOLID BASES

**Abstract:** Modern railways track must have high safety standards. Slab track, or non-ballasted track, where the curtain is replaced by a new stable material (concrete or asphalt), provides greater safety at high speeds compared to traditional ballast construction type.

The paper presents the advantages and disadvantages of this type of track, development type, description of construction and overview of various types which are used in the world.

**Key words:** modern railway track, slab track, non-ballasted track, concrete or asphalt.



## 1. UVOD

Na posebno građenoj pruzi, prilagođenoj velikim brzinama vlak velikih brzina dostiže brzinu od 200km/h do 350km/h. Stoga pruge za velike brzine moraju imati visoke sigurnosne standarde i zahtijevaju:

- maksimalnu točnost uzdužnog i poprečnog niveliranja trase
- sprečavanje ili smanjenje mogućeg slijeganja tla
- stalno i točno definiranje vertikalne elastičnosti kolosiječne konstrukcije pod djelovanjem osovinskog opterećenja.

Kod kolosijeka sa zastornom prizmom može doći do uzdizanja dijelova zastorne prizme, te se pri velikim brzinama mogu pojaviti oštećenja kotača i tračnica.

Zastor kolosijeka se sastoji od zbijenog nevezanog granuliranog materijala, te uslijed trošenja materijala može doći do problema sa odvodnjom.

Uslijed prometnog opterećenja dolazi do polaganog propadanja materijala zastorne prizme, te je potrebno redovito održavanje kolosijeka.

Iz ove se potrebe razvio novi tip kolosijeka na čvrstoj podlozi, odnosno kolosijeka bez zastora, gdje je zastor zamijenjen novim stabilnijim materijalom (betonom ili asfaltom). Potreba za održavanjem je znatno manja, i troškovi održavanja iznose 20-30% troškova održavanja klasičnih kolosijeka (Slika 1 i 2).



Slika 1. i 2. Pruge za velike brzine u Njemačkoj



## 2. PREDNOSTI I MANE KOLOSIJEKA NA ČVRSTOJ PODLOZI

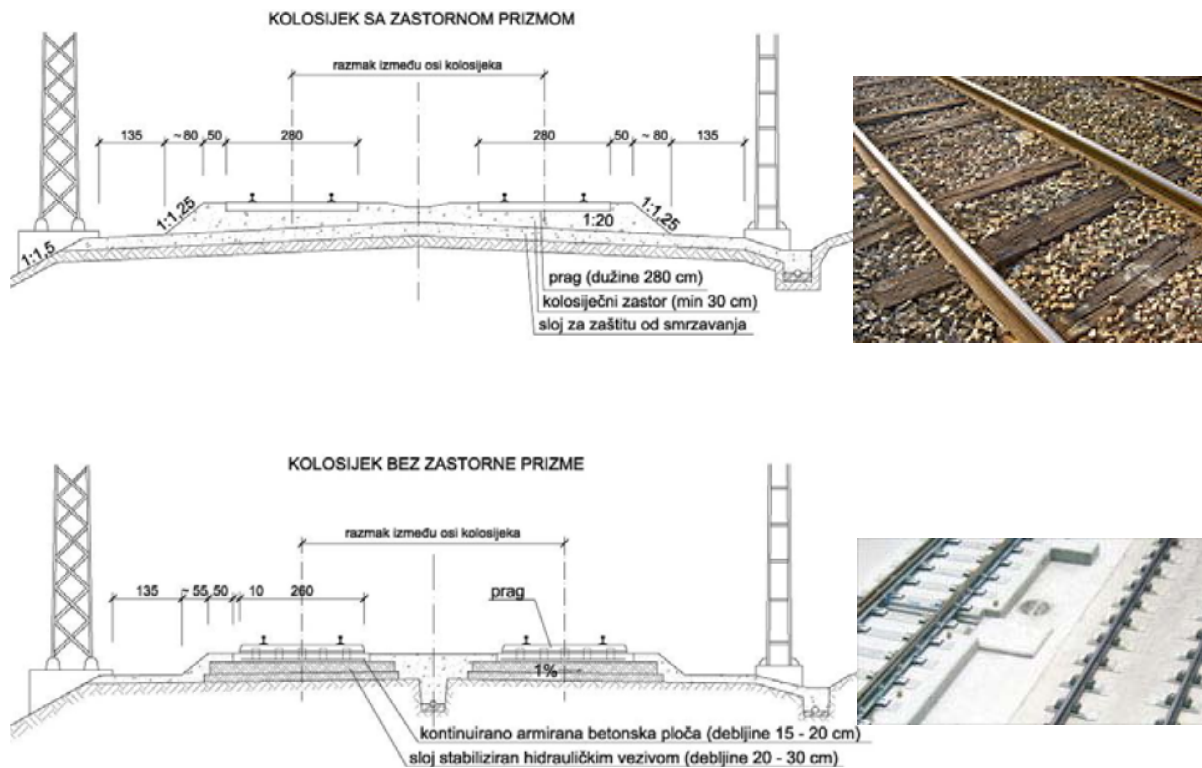
Tablica 1. Usporedba kolosijeka na čvrstoj podlozi i klasične zastorne konstrukcije

Kriterij:	KLASIČNA ZASTORNA KOLOSIJEČNA KONSTRUKCIJA	KOLOSIJECI NA ČVRSTOJ PODLOZI
<b>Materijal zastora-podloge</b>	Šljunak, tucanik...	beton ili asfalt
<b>Debljina i visina konstrukcije</b>	cca. 90cm	cca. 50cm
<b>životni vijek</b>	30-40 godina	50-60 godina
<b>Troškovi</b>	troškovi održavanja veliki	troškovi izgradnje su znatno veći, a troškovi održavanja znatno umanjeni
<b>Buka</b>	emisija buke u povećanoj vrijednosti	emisija buke povećana +5dB, u odnosu na klasične konstrukcije
<b>stabilnost</b>	pragovi poduprti na razmaku od 60-80cm i svaki prag može uzrokovat odstupanje geometrije kolosijeka	dobro temeljenje ploča osigurava veću poprečnu i uzdužnu stabilnost

Iz tabelarne usporedbe kolosijeka na čvrstoj podlozi i klasične zastorne konstrukcije, vidljive su prednosti i mane i jedne i druge vrste konstrukcije kolosijeka (tabela 1).

Kod kolosijeka na čvrstoj podlozi zastor je zamijenjen novim stabilnijim materijalom, betonom ili asfaltom. Time je smanjena debljina i visina konstrukcije i nema sila otpora u zastornoj prizmi pri prolasku vlakova s velikim brzinama.

U smislu geometrije stabilnosti kolosijeci na čvrstoj podlozi imaju prednost (Slika 3). Njihov očekivani životni vijek je 50 do 60 godina što je puno dulje od životnog vijeka klasičnih zastornih kolosiječnih konstrukcija (30 do 40 godina), a troškovi održavanja su izuzetno manji nego kod klasičnih kolosijeka. Jedan od glavnih nedostataka jest povećanje emisije buke.



Slika 3. Usporedba kolosijeka sa zastornom prizmom i bez zastorne prizme

### 3. RAZVOJ I KONSTRUKCIJA KOLOSIIJEKA NA ČVRSTOJ PODLOZI

Eksperimentalni razvoj kolosijeka na čvrstoj podlozi (Feste Fahrbahn) započet je u Njemačkoj 1959., te je 1972. izgrađeno prvih 60m ove pruge na željezničkom kolodvoru Rheda (linija Dortmund-Hanover), i tako je nastao kolosiječni sustav "Rheda".

Danas postoje različiti tipovi gornjeg ustroja kolosijeka bez zastora i najveći broj rješenja razvijen je u Njemačkoj.

#### **Svi tipovi konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka bez zastora zahtijevaju:**

- *POSTELJICU KOJA SE NE SLIJEŽE (ŠTO POVEĆAJE TROŠKOVE GRADNJE NA ZEMLJANOM TERENU)*
- *PRECIZNU UGRADNJU I ČVRSTOĆU GORNJIH VEZANIH NOSIVIH SLOJEVA (BETONSKI ILI ASFALJNI SLOJ)*
- sloj vezan hidrauličnim vezivima
- Preciznu ugradnju i čvrstoću donjih nevezanih nosivih slojeva (posteljica i sloj zaštite od smrzavanja)
- Elektro-tehničke zahtjeve
- Zahtjeve za sustav signalizacije
- Zaštitu od buke (npr. primjenu podloženih pragova).



**Donji ustroj kolosijeka** bez zastora sastoji se od planuma i mehanički zbijenog nosivog sloja. Planum zahtijeva opsežnu analizu tla. Pri tome se mjeri modul elastičnosti na površini tla koji mora biti u zahtijevanim granicama (Tabela 2).

Tamponski mehanički zbijeni nosivi sloj sastoji se od čistog šljunka koji je otporan na mraz i trošenje, i ima ulogu sprječavanja kapilarnog uzdizanja vode iz tla.

Tablica 2. Modul elastičnosti tla donjeg ustroja kolosijeka bez zastorne prizme

<b>Donji ustroj kolosijeka</b>			
<b>Planum (Temeljno tlo)</b>		<b>Mehanički zbijeni nosivi sloj</b>	
Izgradnja novog kolosijeka	Nadogradnja kolosijeka	Izgradnja novog kolosijeka	Nadogradnja kolosijeka
$E \geq 60N / mm^2$	$E \geq 45N / mm^2$	$E \geq 120N / mm^2$	$E \geq 100N / mm^2$

**Gornji ustroj kolosijeka** bez zastora moguće je izvesti od asfaltnog ili betonskog sloja, koji se ugrađuje na sloj vezan hidrauličnim veznim sredstvom.

Karakteristike ovih slojeva date su u slijedećoj tablici 3.

Tablica 3. Opće karakteristike slojeva gornjeg ustroja kolosijeka bez zastorne prizme

<b>Gornji ustroj kolosijeka</b>		
<b>Betonski sloj d=200mm</b>	<b>Asfaltni sloj d=300mm</b>	<b>Sloj vezan hidrauličnim vezivom, d=300mm</b>
-kvaliteta betona B35 -beton visokootporan na smrzavanje -udio cementa između 350 i 370kg/m <sup>3</sup> (1.) -max. dozvoljena širina pukotine 0,5mm -armatura nema konstruktivnu ulogu i udio po poprečnom presjeku iznosi od 0,8% do 0,9%	-primjenjuje se u 4 sloja -bitna kvaliteta asfaltne mješavine i kvaliteta ugradnje, stoga se koriste pločasti vibrator visokih performansi -očekivani životni vijek do 60 god. -u tunelu dovoljno 15cm asfaltnog sloja	- ugrađuje se ispod betonskog ili asfaltnog sloja -sastoji se od mineralnog agregata, granulirane zrnate strukture i hidrauličnog veziva (Portland cement) -udio veznog sredstva 110kg/m <sup>3</sup> -ugradba cestovnim finišeom



#### 4. TIPOVI RJEŠENJA KOLOSIJEKA NA ČVRSTOJ PODLOZI

Shematski pregled različitih tipova konstrukcije gornjeg stroja prikazan je u tablici 4.

Tablica 4. Pregled različitih tipova rješenja gornjeg ustroja

Tipovi rješenja kolosijeka bez zastorne prizme			Čvrstoća na savijanje	
			Niska	Visoka
Mjestimice oslonjene tračnice	Sa pragovima i blokovima	Pragovi ili blokovi umetnuti u beton (RHEDA, RHEDA 2000, ZÜBLIN, LUT)	<----->	
		Pragovi na asfaltnom donjem ustroju ( ADT)	<--->	
	Bez pragova	Predgotovljene betonske ploče (SHINKANSEN, BÖGL)	<----->	
		Monolitne ploče na objektima	<----->	
Kontinuirano oslonjene tračnice		Ubetonirane tračnice ( Paved-in Track, Deck Track)	<----->	
		Uklještene i kontinuirano oslonjene tračnice (Cocon kolosijek ERL, Vanguard, KES)	<----->	

U nastavku će biti iznesene karakteristike nekih sustava od navedenih.

##### 4.1 Pragovi ili blokovi umetnuti u beton

Tip konstrukcija betonskih pragova umetnutih u beton najčešće se upotrebljava u Njemačkoj, na novoizgrađenim prugama za velike brzine (npr. pruga Berlin – Hannover). Kolosijek se sastoji od pragova koje se polažu unutar betonskog korita ili direktno na površinu lijevanog betonskog ustroja („Rheda“ – sustav i „Züblin“-sustav.

##### Rheda 2000

Sustav Rheda 2000 (Slike 4 i 5) razvio se iz poznatog njemačkog Rheda sustava. Rheda sustav je prvi nastali sustav (1970.) ovakve vrste konstrukcije pragova i od tada se kontinuirano razvija.





Tada se konstrukcija sastojala od punih jednodijelnih pragova zalivenih na licu mjesta betonom u armiranobetonskom koritu. Uzdužno povezani pragovi armaturnim šipkama za ojačanje onemogućuje slabljenje veze.

Sustav Rheda 2000 prvi je put ugrađen u srpnju 2000. na pruzi za velike brzine između Leipziga i Halla. Armatura postavljena u sredini betonske ploče ima glavnu funkciju: reguliranje širine pukotina i prijenosa poprečnih sila, a ne osiguranje krutosti ploče. Dakle gornji ustroj ovog sustava zahtijeva temelje oslobođene slijeganja.

Sustav Rheda 2000 predstavlja poboljšanje prethodnih konstrukcija, s tim da je zadržan princip lijevanog betonskog sloja kolnika, koji se sastoji od tračnica i okvira pragova.



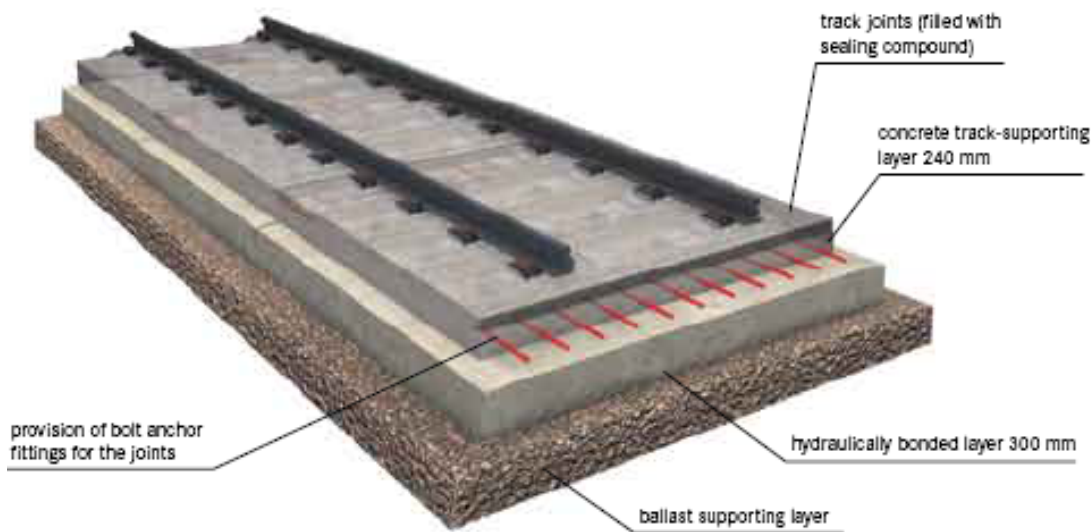
Slika 4. sustav Rheda 2000



Slika 5. sustav Rheda 2000

Pragovi sustava Rheda 2000 promijenjeni su iz jednodijelnih u precizno dimenzionirane filigranske betonske dvodijelne konstrukcije radi podizanja kvalitete monolitnosti betonske ploče.

Točke oslonaca precizno osiguravaju tračnice u traženom položaju. Uslijed značajne količine armaturnog željeza, koje se protežu između točaka oslonaca osigurava se optimalna veza u sloju kolosijeka od lijevanog betona (Slika 6).

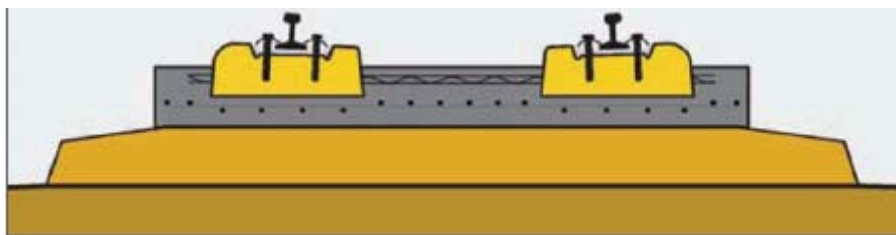


Slika 6. Presjek sustava Rheda 2000

Visoka kvaliteta betona oslonaca osigurava vezu otpornu na uzdužne deformacije između pričvršćenja tračnica i betonskog sloja kolosijeka. Time sustav osigurava sigurnost, dugotrajan prijenos velikog statičkog i dinamičkog korisnog opterećenja koja se preklapaju kod pruga za velike brzine.

Međutim kod ovog sustava pojavilo se nekoliko slučajeva u kojima su formirali zazori i omogućili prodiranje vode i u takvim slučajevima se moraju poduzet nužne mjere održavanja.

### Sustav Züblin



Slika 7. Presjek sustava Züblin

Sustav Züblin (Slika 7) potiče iz 1974. i također se sastoji od dvodijelnih ili jednodijelnih pragova položenih na betonsku ploču.

Težilo se za novom metodom koja pokušava dostići visok stupanj mehanizacije u kombinaciji s malim troškovima rada te što većim dnevnim polaganjem kolosijeka.

Početak 1990. kompanija Züblin unaprijedila je postojeći "Rheda" sustav u monolitni sustav bez spojeva primijenivši dvodijelne pragove.

Iz tog je proizašla proizvodnja kontinuirane betonske ploče bez prethodnog postavljanja oplata.

Betonski pragovi utiskuju se u svježi beton pomoću vibracija te beton ne smije dopustiti da pragovi potonu uslijed njihove težine.





Sustav Züblin sastoji se od slijedeći osnovnih faza izgradnje kolosiječne konstrukcije:

- priprema i izgradnja donjeg nosivog sloja i veznog sloja,
- armiranje, betoniranje i zbijanje betonskog nosivog sloja bez ugradnje pragova,
- precizno namještanje pragova sa montiranim pričvršnim priborom za tračnice uz pomoć vibracija u kompaktni ali ne i ukrućeni beton nosive betonske ploče

#### 4.2 Kolosijeci izvedeni postupkom polaganja pragova

Kod kolosijeka na čvrstoj podlozi s asfaltnim nosivim slojem mogu se koristiti jedino pričvršćeni kolosiječni sustavi. Moguće odstupanje visine asfaltnog ili betonskog nosivog sloja ne smije prekoračiti  $\pm 2\text{mm}$ . Na izvedeni nosivi sloj pričvršćuje se kolosiječna rešetka. Donju površinu betonskog sloja potrebno je obložiti geotekstilom radi zaštite nosivog sloja od mogućih oštećenja, [2].

Na nosivi sloj se prenose samo poprečne sile. U većini slučajeva primjenjuje se asfaltni nosivi sloj, jer asfalt omogućuje lakše postizanje točne visine.

Horizontalno namještanje trase može se postići uz pomoć klasičnog stroja za nabijanje što je prednost pričvršćenih sustava.

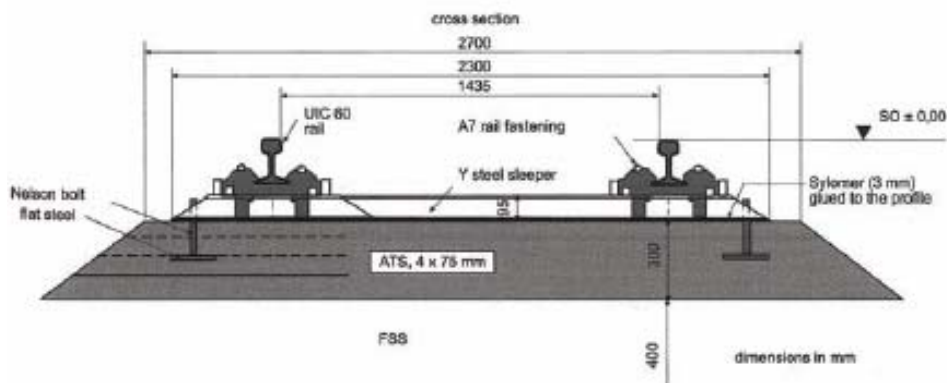
Zbog podložnosti bitumena temperaturnim utjecajima potrebno je posvetiti pažnju dugotrajnoj stabilnosti sustava.

Posteljica za pragove ispunjava se šljunkom. [3].

Mane pričvršćenih sustava leže u opasnosti od drobljenja, te penetraciji vode između podložnog nosivog sloja i asfaltnog nosivog sloja što ima za posljedicu moguća naknadna oštećenja od smrzavanja. [3].

#### Sustav "SATO"

Kod kolosiječnog sustava "SATO" (Studiengesellschaft Asphalt-Oberbau) Y-čelični pragovi postavljaju se na asfaltni nosivi sloj (Slika 8). Čelični pragovi su zakovani za ravnu čeličnu traku usmjerenu u uzdužnom smjeru trase koristeći "Nelson" zakovice (zakovice za pragove). Ravna čelična traka zajedno sa zakovicama za pragove ugrađuje se u asfaltni nosivi sloj. U ovoj skupoj građevini Y-čelični pragovi fiksiraju se i u horizontalnom i u vertikalnom smjeru, [3].



Slika 8. Poprečni presjek sustava SATO



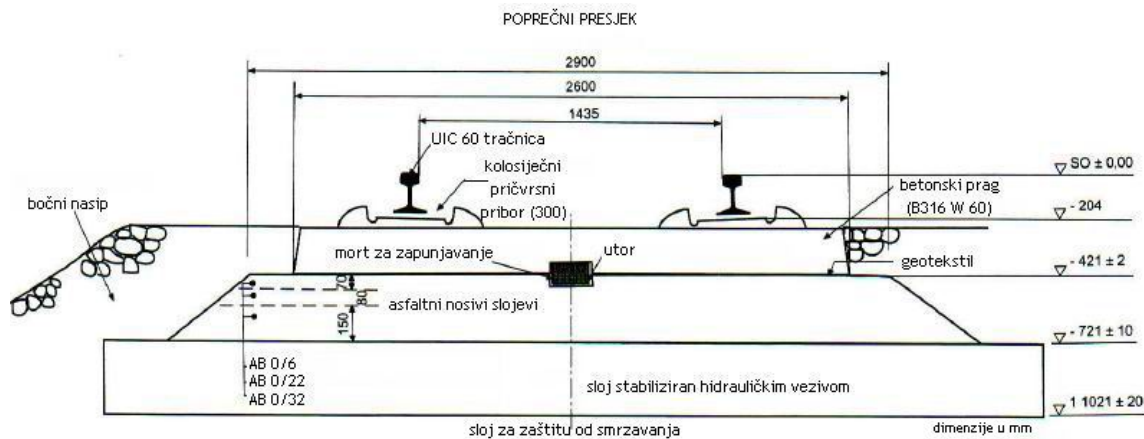
## SUSTAV “GETRAC”

“GETRAC” sustav se sastoji od prednapetih betonskih pragova koji se trajno i elastično pričvršćuju za asfaltni nosivi sloj uz pomoć tzv. sidrenih blokova.

Sidreni blokovi su oblikovani od betona visoke čvrstoće na način da prenose uzdužna i poprečna, prometom uzrokovana, opterećenja na asfaltni nosivi sloj, bez mogućnosti pomaka geometrije kolosijeka.

Betonski prag sa donje strane u sredini ima klin, dok se u nosivom sloju oblikuje odgovarajući utor. Bočne se sile prenose preko klina i utora.

Sustav kolosijeka na čvrstoj podlozi “GETRAC” (German Track Corporation) koristi prednosti koje su proizašle primjenom asfaltnog materijala s obzirom na to da jedino karakteristike asfaltnog materijala omogućuju neprekidno obnavljanje geometrije kolosijeka tijekom perioda eksploatacije (Slika 9). [3]



Slika 9. Tip rješenja GETRAC

### 4.3 Monolitni sustavi kolosijeka

U ovakvim sustavima točke pridržaja tračnica integrirane su u betonski nosivi sloj koji se izvodi ili kao monolitni sloj izveden „in situ“ ili od predgotovljenih montažnih elementa. Monolitni nosivi betonski sloj najčešće se izvodi uz pomoć finišera s kliznom oplatom.

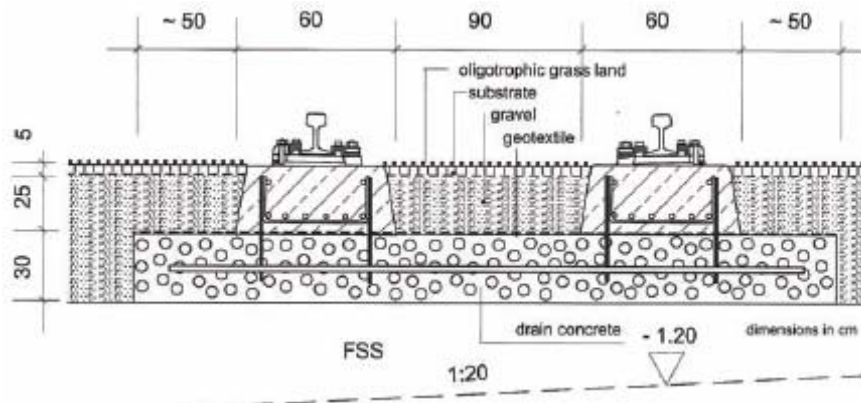
Zbog mogućnosti nastanka pukotina potrebno je poduzeti prikladne mjere kako bi se spriječilo nastajanje pukotina uzrokovano pričvršćenjem tračnica.

Primjer ovog sustava jeste **Sustav “Lawn”**

#### **Sustav “Lawn”**

Nosivi sloj od armiranog poroznog betona debljine 30cm je propustan za vodu (Slika 10).

Armirane uzdužne betonske grede betonom su vezane za nosivi sloj čime je ispunjena funkcija pridržanja i stabilnosti kolosijeka. Pričvrtni pribor je, uz pomoć čeličnih spojnika koje su umetnute u prethodno izbušene rupe, montiran za uzdužne grede. Prostor između uzdužnih betonskih greda i vanjskog područja ispunjen je supstancom na čiju površinu se najčešće sije oligotropna trava.



Slika 10. Poprečni presjek sustava "Lawnnn"

#### 4.4 Montažni sustavi kolosijeka

##### ÖBB-PORR SUSTAV

ÖBB-PORR sustav s elastično uležištenom podložnom pločom za tračnice (kolosijek na betonskoj podlozi) je regularni sustav u Austriji od 1995., a od 2001. se u Njemačkoj ugrađuje također i na mostovima i u tunelima.

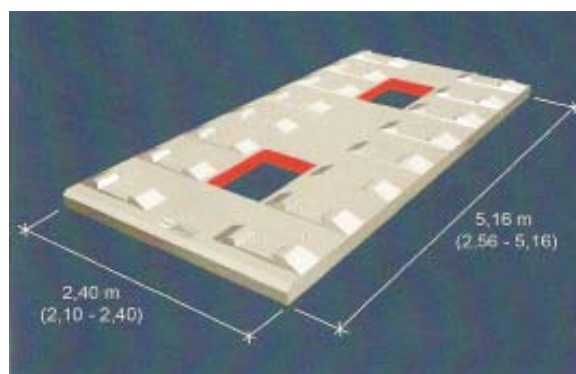
ÖBB-PORR zajedničko je dostignuće Austrijskih saveznih željeznica (ÖBB) i građevinske tvrtke A. Paar AG.

Na cca. 100 km pruga koje se već nalaze u eksploataciji nisu se pojavili nikakvi nedostaci, a najstarija dionica je već 17 godina u eksploataciji, bez troškova održavanja ili servisa.

##### 4.4.1 Konstrukcija sustava

**Glavni element sustava je elastično uležištena podložna ploča za tračnice** od armiranog betona, dugačka 5,16m (Slika 11).

Na ploči je integrirano osam pari potpornih točaka tipa Vossloh 300-1 s razmakom od 65cm. Zbog smanjenje vibracija na dno podložne ploče kao i na konusno oblikovane otvore za zalijevanje betonom nanesen je elastičan razdjelni sloj radi razdvajanja (izolacija od mehaničkih vibracija).



Slika 11. Podložna ploča za tračnice

Tablica 5. Karakteristike podložne ploče

PODLOŽNA PLOČA ZA TRACNICE SUSTAV ÖBB-PÖRR	
Duljina	5,16 m (2,56 do 5,16 m)
Širina	2,40 m (2,10 do 2,40 m)
Debljina	16 cm (16 / 24 cm)
Otvori	91 x 64 cm (gore) 87 x 60 cm (dole)
Težina	50,00 kN (sirovo stanje) 51,40 kN (sa Vossloh 300-1)
Tipovi	pravac (R>3697 m) radijusi (R=200 do 3697 m) željeznica normalnog kolosijeka/gradska željeznica/podzemna željeznica Tračnica_60 E1(E2)/S54/S48U

ÖBB-PÖRR sustav se s 1t po dužnom metru smatra laganim sustavom masa-opruga (Tablica 5).

#### 4.4.2 Proizvodnja, skladištenje i transport



Slika 12. Proizvodnja podložne ploče za tračnice Slika13. Portalna dizalica

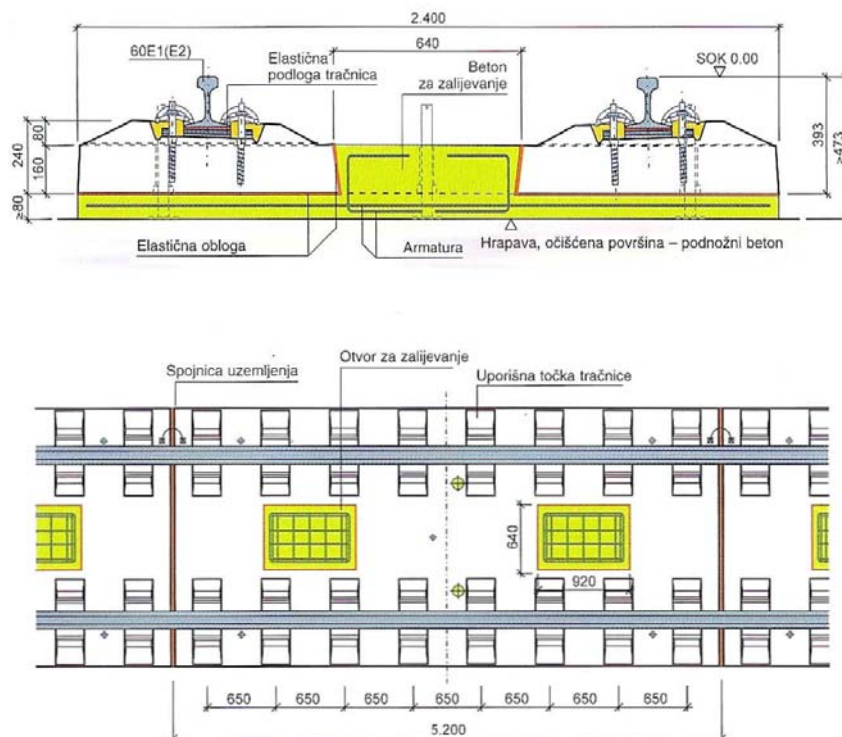


Proizvodnja podložnih ploča za tračnice odvija se u tvornici montažnih elemenata ili na radilištu uz visoki sustav osiguranja kvalitete (Slika 12). Skladištenje se odvija samo u tvornici, a ploče se dalje uglavnom vagonima transportiraju na odredište (Slika 13). Kako bi se ploče mogle identificirati, svaka je označena odgovarajućom šifrom koja je ugrađena u beton.

#### 4.4.3 Izvedba kolosijeka

ÖBB-PORR sustav se izvodi na podkonstrukciji s malim slijeganjem, kao na primjer u podnožju tunela, mosnoj konstrukciji ili hidraulično vezanom nosivom sloju, odnosno na sustavima masa-opruga.

Debljina betona za zalijevanje iznosi  $> 8\text{cm}$ , dakle konstrukcijska visina do gornjeg ruba tračnice 60 E1 (E2)  $> 47,3\text{cm}$ . Siguran spoj nosive ploče sa zalivenim betonom postiže se konusno oblikovanim otvorima za zalijevanje betonom (Slika 14).



Slika 14. Proizvodnja podložne ploče za tračnice

Potrebna fleksibilnost kod izvođenja presjeka tunela i mostova postiže se uporabom modificiranog, nearmiranog betona za zalijevanje ( $>4\text{cm}$ ) i time se može postići konstrukcijska visina  $>43,3\text{cm}$ .

Za razliku odsustava s pragovima, kod ovog sustava na podložnim pločama moguće je na bilo kojem mjestu predvidjeti veliki otvori za okna.





Slika 15. Polaganje podložne ploče za tračnice pomoću kamiona

Podložne ploče za tračnice odlažu se na mjestu ugradnje s točnošću od 1cm, kako bi se što više smanjili troškovi namještanja.

Nakon podupiranja tračnica započinje proces namještanja na konačnim tračnicama primjenom M36-vretena uz vrhunsku točnost položaja tračnica bez korektivnih mjera. Utrošak vremena za namještanje manji je i do 50% u odnosu na druge sustave kolosijeka na betonskoj podlozi, što se postiže geometrijom podložnih ploča.



Slika 16. Zalijevanje (betoniranje) podložne ploče sa SCC-om

Beton za zalijevanje se unosi direktno ili pumpa (ovisno o lokalnim uvjetima) pomoću pumpe s elastičnom cijevi do maksimalno 500m (Slika 16). Samonabijajući beton za zalijevanje omogućuje punoplošno polaganje podložne ploče za tračnice na posteljicu, bez vibracija (bez trešnje), i time se ne ugrožava fino namještanje kolosiječnog sklopa. Ovaj se sustav može izvoditi i u pauzama dok je pruga zatvorena zbog jako brzog stvrdnjavanja betona (npr. trase istok-zapad u Berlinu 2002.). Beton za zalijevanje se na odgovarajući način armira zbog ograničenja širine pukotina.





Prednost elastičnog razdjelnog sloja je razdvajanje od betona za zalijevanje, te se usijecanjem dva konusno oblikovana otvora za zalijevanje, koji sprječavaju podizanje podložne ploče za tračnice, mogu pojedinačno zamjenjivati ploče u roku od tri do četiri sata.

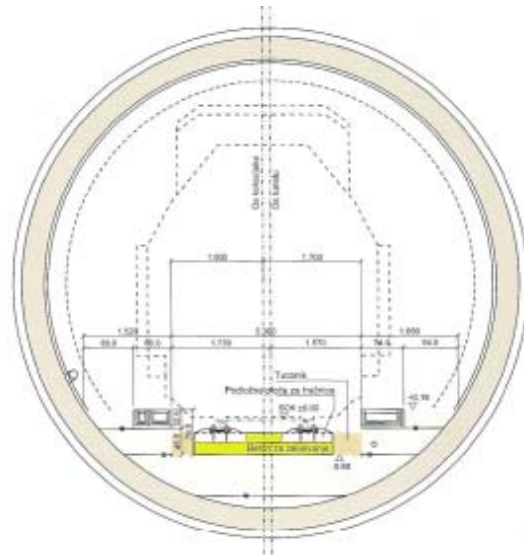
#### 4.4.4 Podkonstrukcije

##### TUNEL

Podnožja tunela neznatno se sliježu, te su idealna podkonstrukcija za kolosijeke na betonskoj podlozi (Slika 17). Elastično uležištena podložna ploča za tračnice, može se izraditi direktno na podnožju. Zbog odvodnje se svakih 50m, odnosno u zonama portala svakih 25m dijagonalno u beton ugrađuju žljebovi. Preostali slobodni prostori prema gornjem betonu se u pravilu nasipavaju šljunkom odnosno zalijevaju betonom.



Slika 17. Podnožje u tunelu



Slika 18. Presjek u tunelu

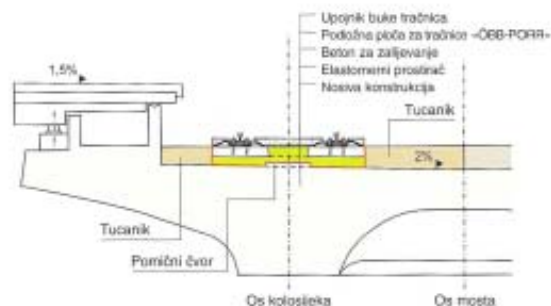
##### MOST

Nosive mosne konstrukcije mogu podnožju tunela služiti kao direktna podkonstrukcija za kolosijek na betonskoj podlozi (Slika 19). Horizontalne sile se na primjer preko potisnih čvorova odvođe u mosnu konstrukciju. Međutim, izvedba potisnih čvorova je skupa. U odnosu na tunnelske objekte znatno su veće deformacije zbog temperaturnih razlika, slijeganja, prometnih opterećenja, puzanja i stezanja. Deformacije mogu dovesti do nedopušteno visokih napetosti tračnica i većih sila na potpornim točkama tračnica. U takvim slučajevima potrebne su specijalne prijelazne konstrukcije na kolosijeku, koje smanjuju deformacije na dopuštenu mjeru.

Primjerice na 25 mosnih nosivih konstrukcija na trasi istok-zapad, izrađeno je ukupno 50 specijalnih prijelaznih konstrukcija na kolosijecima, odnosno dvanaest područja fuga direktno je prekriveno kolosijecima na betonskoj podlozi (na kliznim ležajevima velike površine).



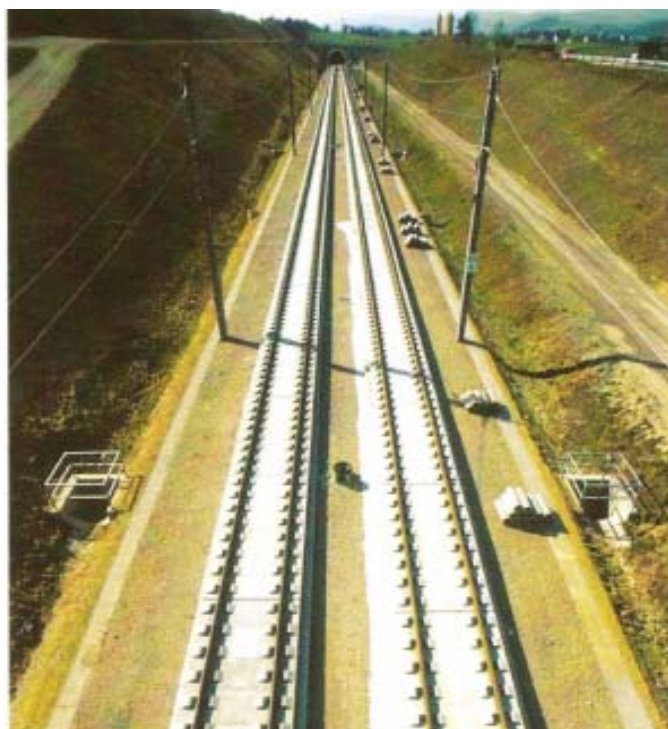
Slika 19. Podnožje na mostu



Slika 20. Presjek na mostu

## ZEMLJANA KONSTRUKCIJA

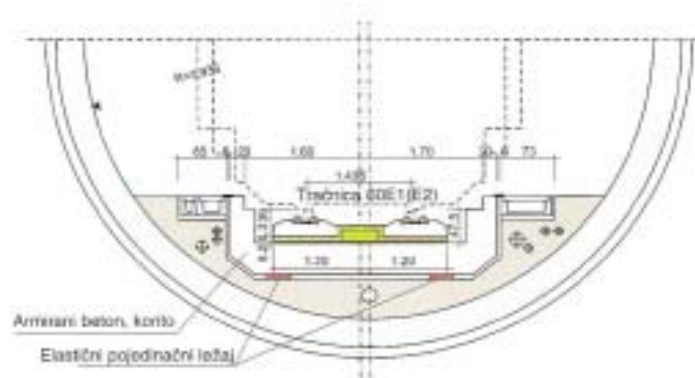
Polaganje na zemljanoj konstrukciji izvodi se na ploči za raspodjelu opterećenja ili hidraulički vezan nosivi sloj (Slika 21). Zbog visokog stupnja prethodne izrade podložne ploče za tračnice i samo relativno malih otvora za zalijevanje betonom, pogoršanje kvalitete uslijed vremenskih utjecaja je veoma malo. To vrijedi i za polaganje na mosne konstrukcije.



Slika 21. Otvorena pruga

## DODATNA OPREMA

Za zaštitu od vibracijske buke sustav se može položiti u masa-opruga-korito (primjer presjek sustava masa-opruga u tunelu, slika 22) ili kod niskih konstrukcijskih visina direktno na punoplošne elastomerne prostirke (primjer presjek sustava masa-opruga na mostu).



Slika 22. Sustav masa-opruga



Slika 23. Polaganje elastomera



Osiguravanje milimetarske točnosti površine nalijeganja, za npr. povozne upojnike buke i pružne prijelaze, mogu se na elastično uležistenoj podložnoj ploči za tračnice predvidjeti tipli za učvršćivanje npr. tračnica, opreme za zaustavljanje vlakova, pružnih magneta i strujnih tračnica.

## LITERATURA

1. C. Esveld, Modern railway track, Delft University of Technology, MRT\_Productions 2001.
2. Dr. Bernhard Lichtberger, Track Compendium, Eurailpress, 2005
3. Doc.dr.sc. Stjepan Lakušić, Marko Vajdić, Kolosijeci na čvrstoj podlozi, Dani prometnica 2008 Tehnički, ekonomski i ekološki aspekti, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu Zagreb, 2008.
4. OBB POOR bilten.