KOLEJE WYKŁAD

Tor specjalny

1. Tor bezstykowy
2. Tor bezpodsypkowy
3. Tor na obiektach mostowych
4. Tor na przejazdach kolejowych



dr inż. Jarosław Zwolski

Tor bezstykowy

Tor bezstykowy powstaje po zespawaniu odcinków szyn w ciągły odcinek o długości od 180 m do nawet kilku kilometrów (teoretycznie nieograniczenie długi). W takiej szynie przy zablokowanej swobodzie odkształceń powstają naprężenia spowodowane różnicą temperatury ułożenia szyny oraz temperatury aktualnej.
W torze ułożonym swobodnie występuje zjawisko dylatacji:

$$\Delta l = \alpha\, l\, (T_N - T)$$

gdzie:

- α - współczynnik rozszerzalności termicznej stali szynowej (od 1.12 do $1.15 \cdot 10^{-5}$ [1/°C]),
- l - długość szyny [m],
- T_N - temperatura przytwierdzenia – od +15 do +30 [ºC] ,
- T - temperatura aktualna – od -15 do +60 [ºC].

Siła działająca na szynę:

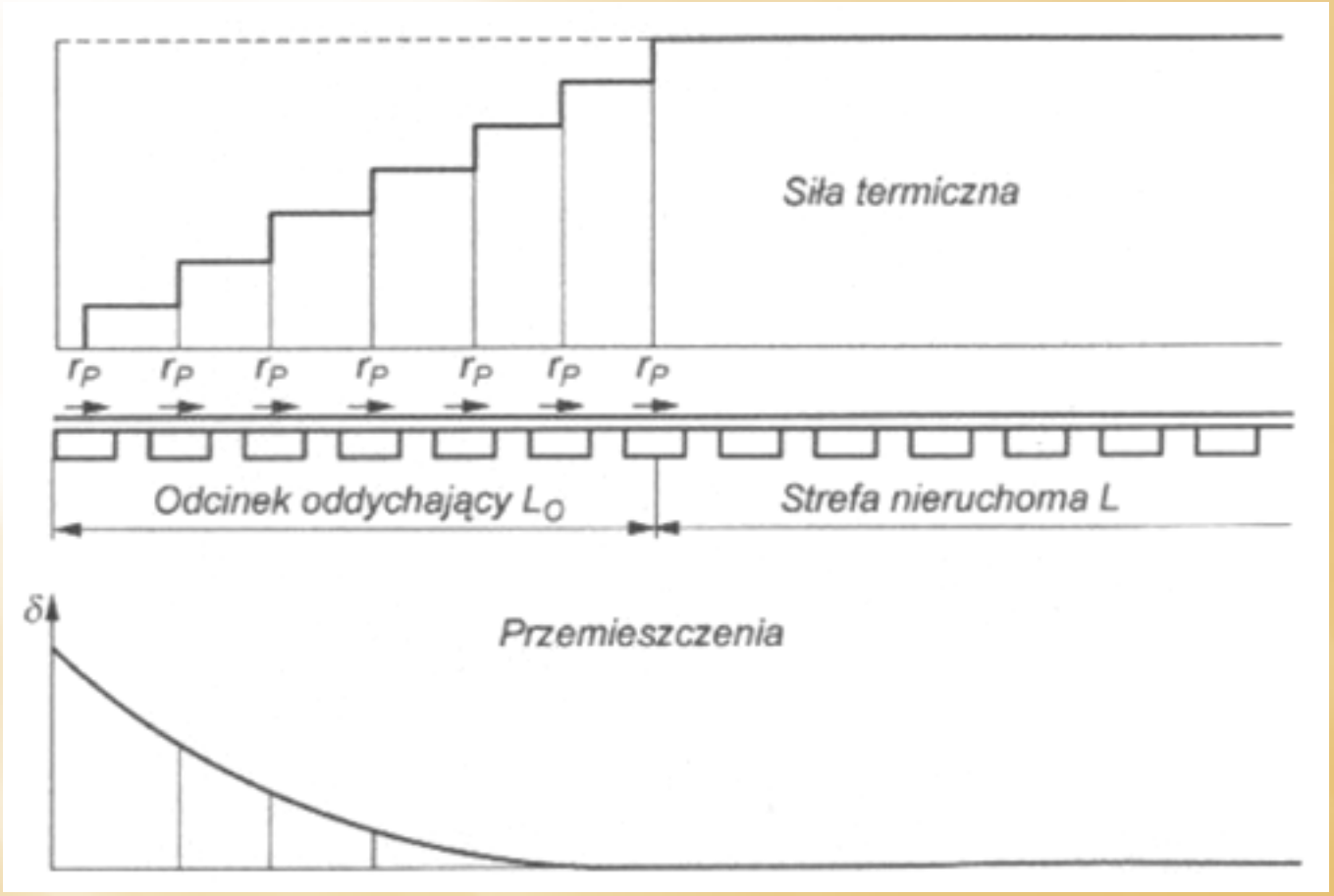
$$F = \alpha\, EA\, (T_N - T)$$

gdzie:

- E – moduł Younga szyny (210 GPa),
- A – pole przekroju szyny [m^2].

Tor bezstykowy

Wykres wartości sił termicznych oraz przemieszczeń



$$L_o = \frac{2\alpha\, EA\,(T_N - T)}{r_p}$$

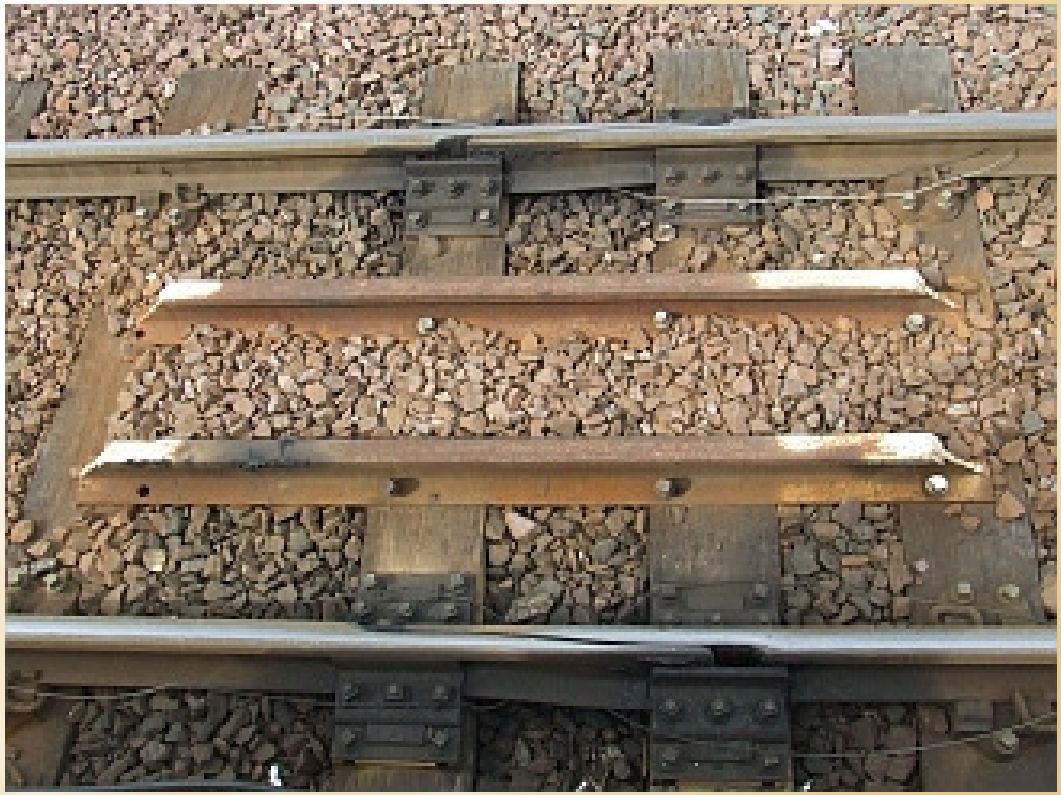
W praktyce
L_o= 30-60 m

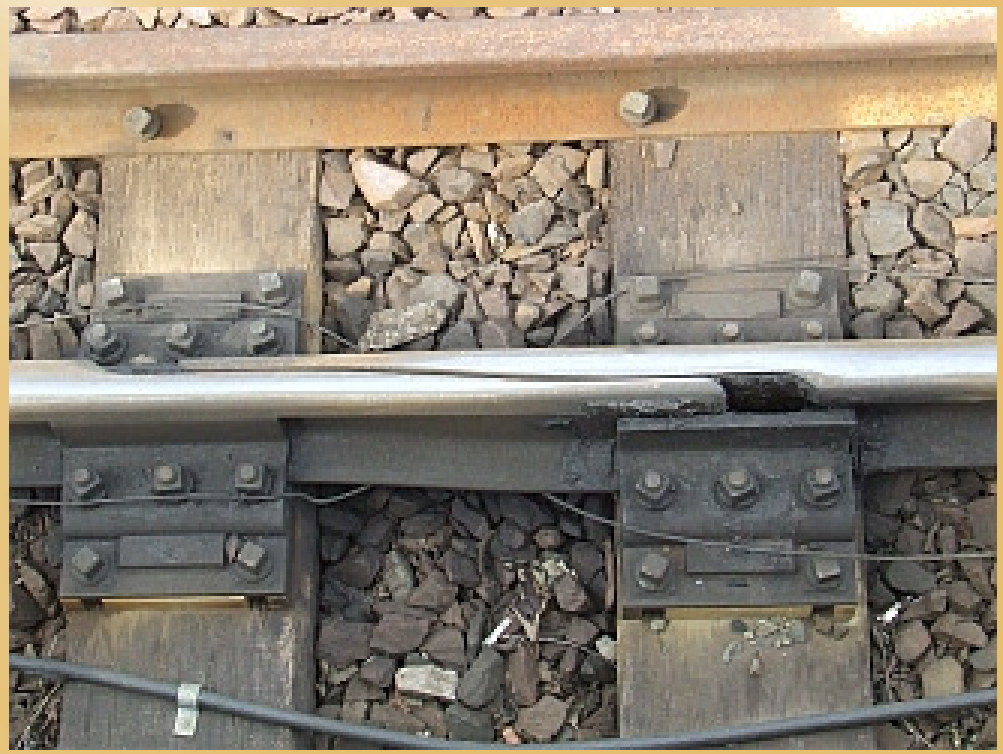
Opór przeciwko przemieszczaniu się toru na długości r_p :

- dla toru z podkładami drewnianymi 10-12 kN/m (w zimie 30 kN/m),
- dla toru z podkładami betonowymi 15 kN/m (w zimie 40 kN/m).

Tor bezstykowy

Urządzenie wyrównawcze na końcu odcinka oddychającego





Tor bezstykowy

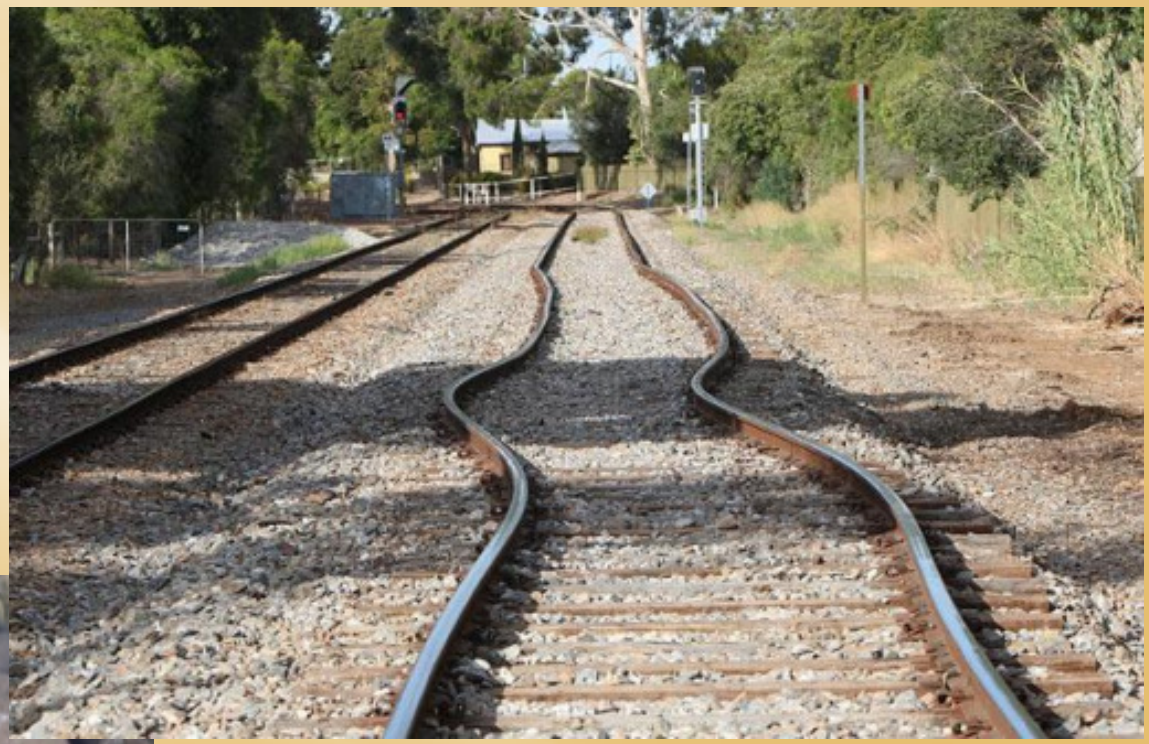
Niebezpieczeństwo wyboczenia

1. Siła termiczna
2. Sztywność ramy torowej
3. Własności mechaniczne podsypki (odpór)
4. Krzywizny toru (projektowe)
5. Imperfekcje toru

Siła krytyczna w Eulerowskim ujęciu stateczności: $P_E = \frac{\Pi^2 EI}{l^2}$
gdzie EI – sztywność pręta, l – długość swobodna pręta.

Dla belki na podłożu sprężystym: $P_c = 2\sqrt{EIC}$
gdzie C – współczynnik sprężystości ośrodka.
Długość fali wyboczeniowej λ można wyliczyć ze wzoru: $\lambda = \Pi \sqrt[4]{\frac{EI}{C}}$

Tor bezstykowy



Pęknięcie szyny na skutek działania niskich temperatur oraz obciążenia taborem.

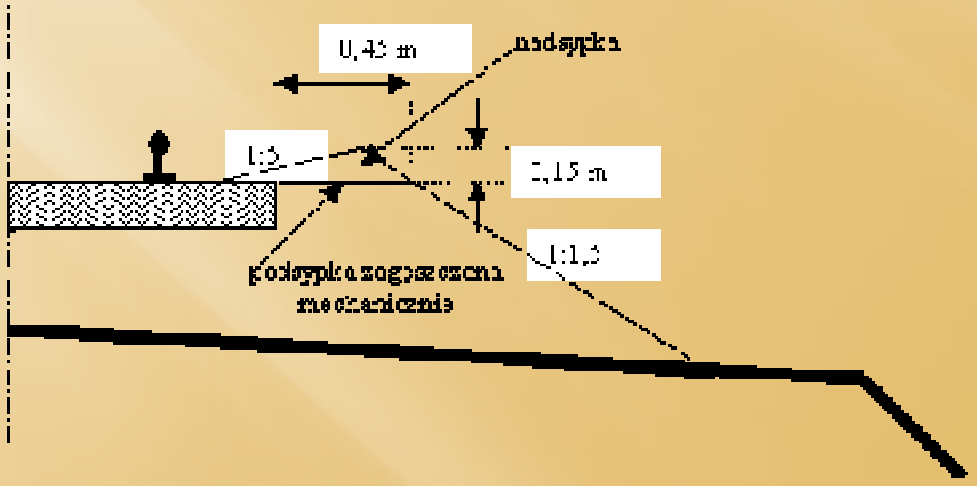


Wyboczenie toru w płaszczyźnie poziomej na skutek działania wysokich temperatur oraz małego odporu bocznego podsypki.

Tor bezstykowy

Wymagania projektowe

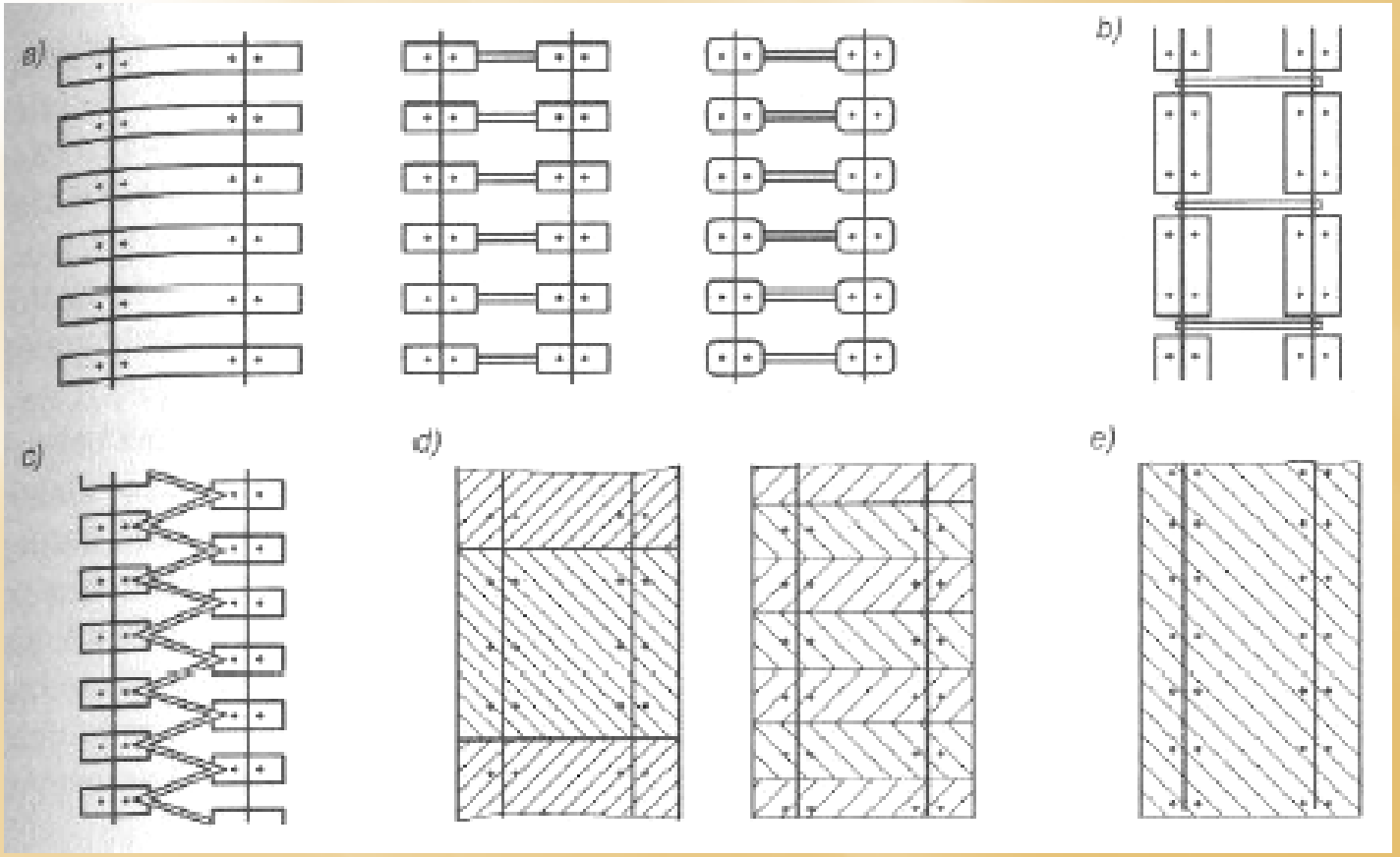
- minimalny promień łuku poziomego: w torze szlakowym 600 m
  na stacjach 300 m,
- tor bezstykowy nie może kończyć się na krzywej przejściowej,
- pochylenie podłużne linii musi być mniejsze od 12‰,
- toru bezstykowego nie należy układać na terenach, gdzie podtorze wykazuje tendencje do trwałych odkształceń: na osuwiskach, zapadnięciach, terenach szkód górniczych itp.,
- szerokość podsypki od czoła podkładu powinna wynosić 45 cm,
- należy stosować przytwierdzenia sprężyste lub typu K zapewniające siłę docisku szyny do podkładu rzędu 8-12 kN.



Tor bezpodsypkowy

Geneza

1. Potrzeba ograniczenia odkształceń plastycznych w torze.
2. Wyeliminowanie podsypki jako najbardziej sprężystego elementu nawierzchni klasycznej (ograniczenie nakładów na utrzymanie).
3. Zwiększenie sztywności bocznej toru.

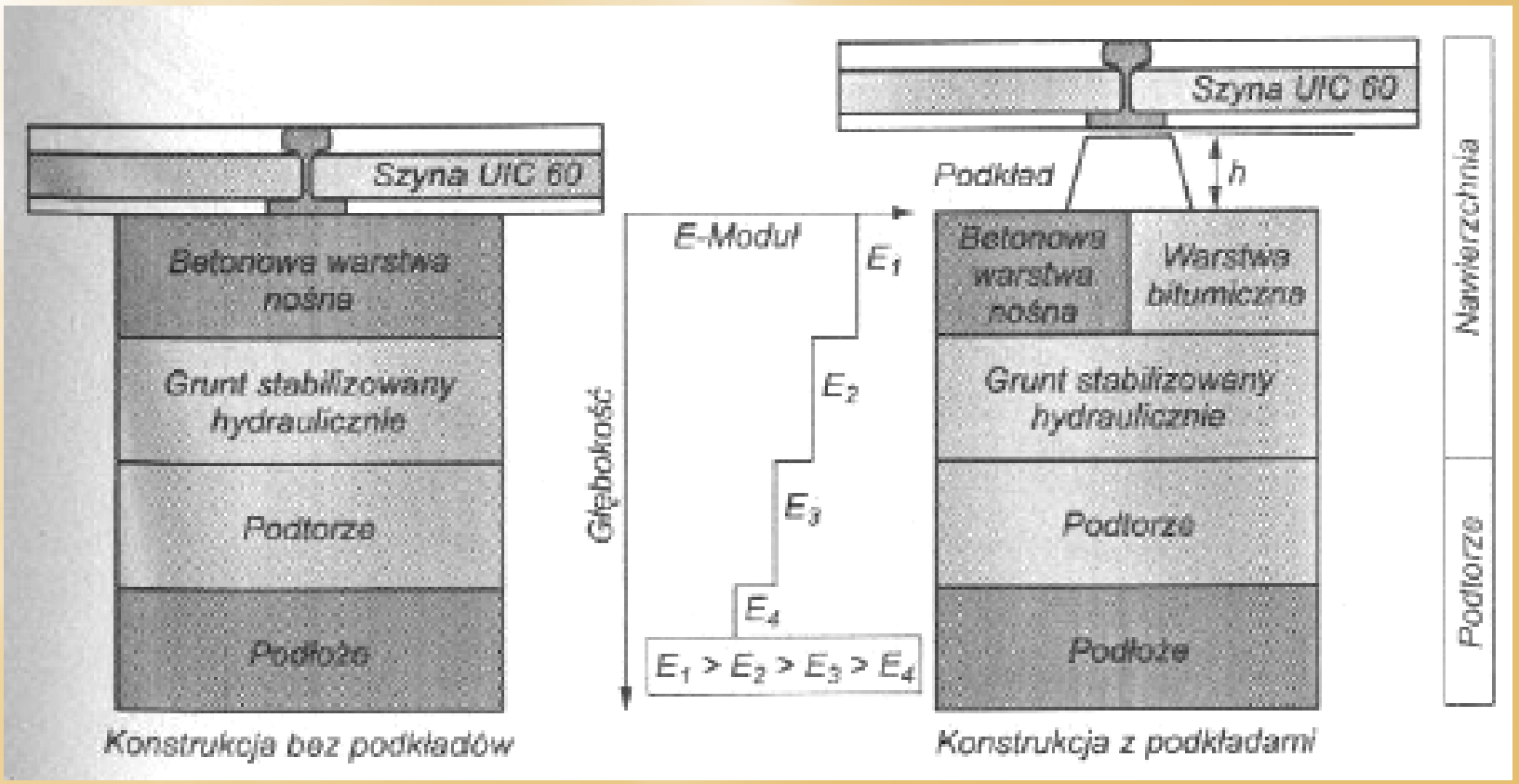


Etapy rozwoju:
a) podkłady poprzeczne,
b) podkłady blokowe podłużne,
c) tor „zygzak”,
d) płyty betonowe (wielkowymiarowe, małowymiarowe),
e) ciągła płyta monolityczna

Tor bezpodsypkowy

Idea

1. Ustrój wielowarstwowy o zróżnicowanych modułach sprężystości.
2. Im niżej tym mniejszy współczynnik sprężystości (rozkład naprężeń).
3. Metody projektowania analogiczne jak w drogownictwie (wskaźnik CBR, moduł sprężystości gruntu podłoża, współczynnik podatności i moduł odkształcenia podłoża).



Tor bezpodsypkowy

Zastosowanie toru bezpodsypkowego

1. Na przejazdach kolejowych
2. Na stacjach (tory przyperonowe)
3. Tor w tunelach, na obiektach mostowych
4. Tory tramwajowe na torowiskach wbudowanych w jezdnię
5. Konstrukcje toru szlakowego (Europa zachodnia, Azja)

UWAGI:

1. Obciążenia z szyn są przenoszone na płyty żelbetowe i dalej na wzmocnione i odwodnione podtorze.
2. Szyny mogą być podparte punktowo (jak w torze klasycznym) lub liniowo – inny sposób mocowania.
3. Często metoda mocowania szyny przewiduje zastosowanie elementów (wkładek) tłumiących drgania i ograniczające hałas.
4. Tor bezpodsypkowy jest wrażliwy na nierówne osiadanie podłoża (trudna diagnostyka oraz naprawa).
5. Nie wymaga utrzymania (podbijania toru).

Tor bezpodsypkowy

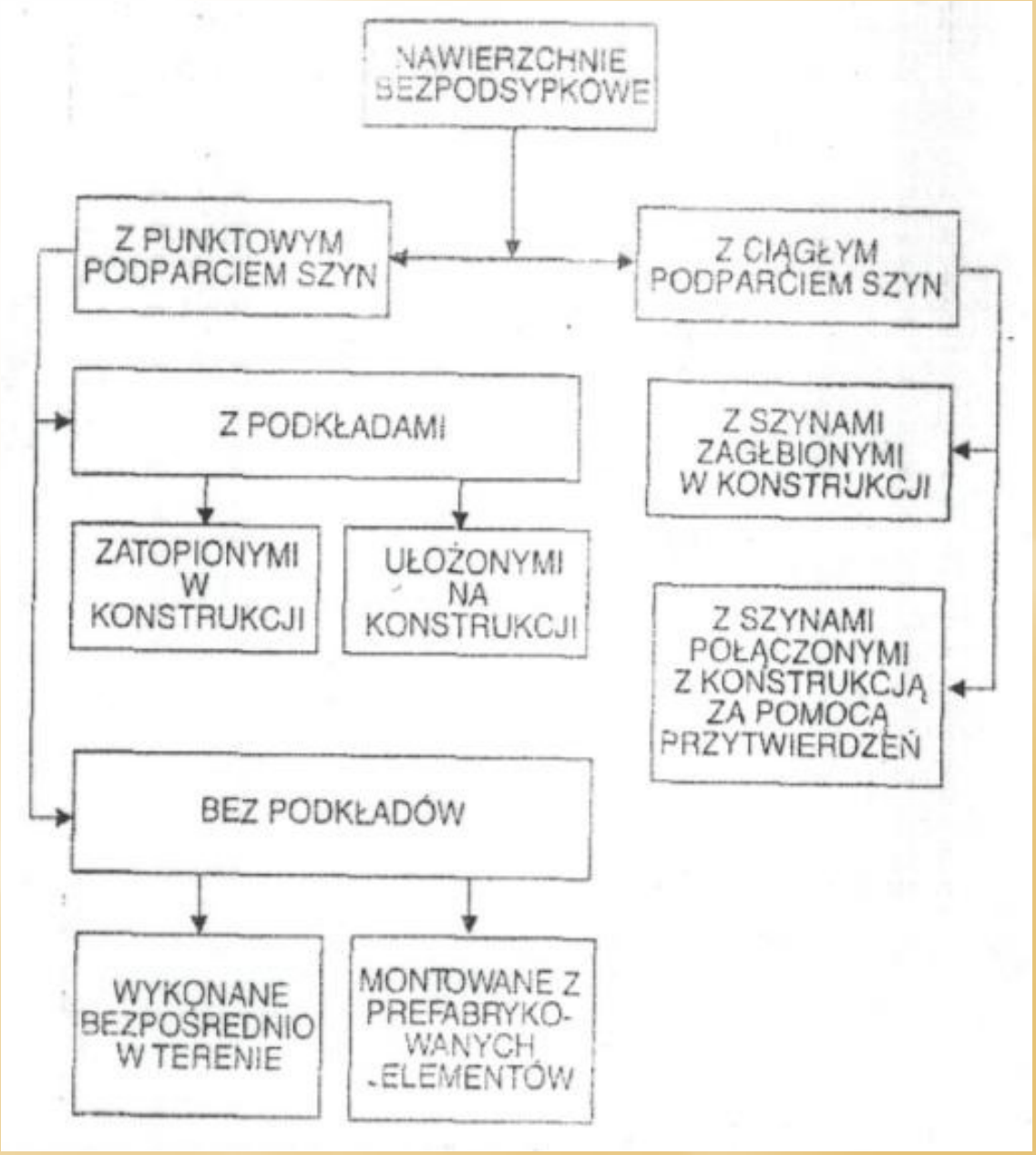
Zalety

- Dobre tłumienie drgań
- Niska emisja hałasu
- Szybkość wykonania
- Łatwość utrzymania (nie wymaga podbijania)
- Proste odwodnienie
- Mała wysokość konstrukcyjna
- Mały ciężar własny
- Duża dokładność położenia szyn

Wady

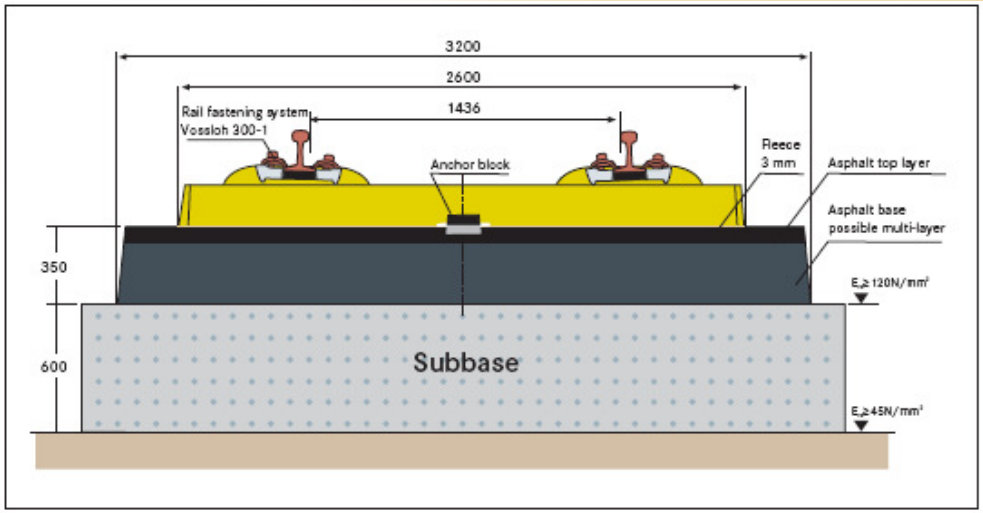
- Wysoka cena projektu, budowy i naprawy (jakby coś …..)
- Wymaga starannej konserwacji
- Skomplikowana konstrukcja
- Niewielkie doświadczenia eksploatacyjne
- Wrażliwość na nierówne osiadanie podłoża

Tor bezpodsypkowy-klasyfikacja

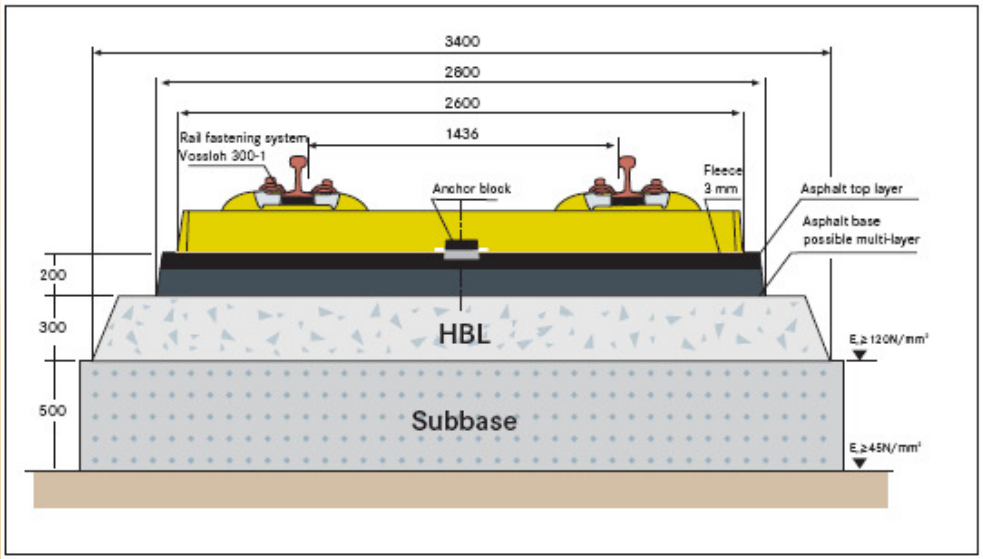


Najważniejsi producenci:
GETRAC
RHEDA 2000
EDILON
ZÜBLIN
SONNEVILLE
MAX BÖGL
HEITCAMP
CDM
Leonhard Weiss

GETRACK



System cross-section without HBL ($E_{V2} \geq 120$ mm²)



System cross-section with HBL ($E_{V2} \geq 120$ mm²)

Schemat warstw

HBL - hydraulically-bonded layer – warstwa gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym

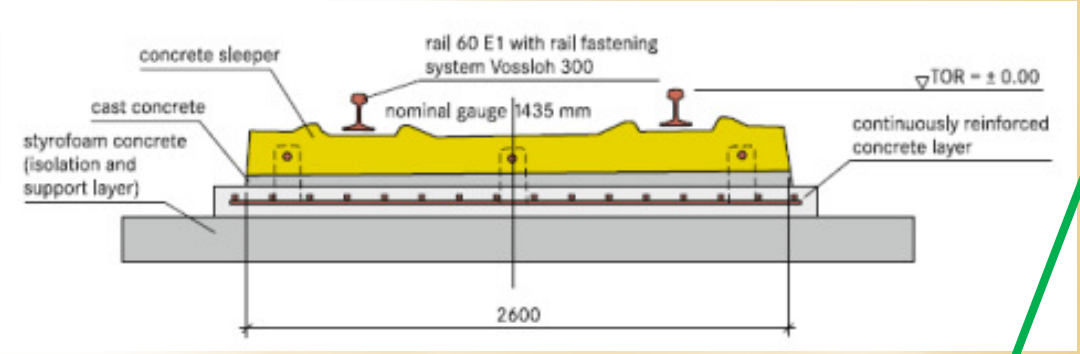


Gotowy tor

http://www.railone.com/

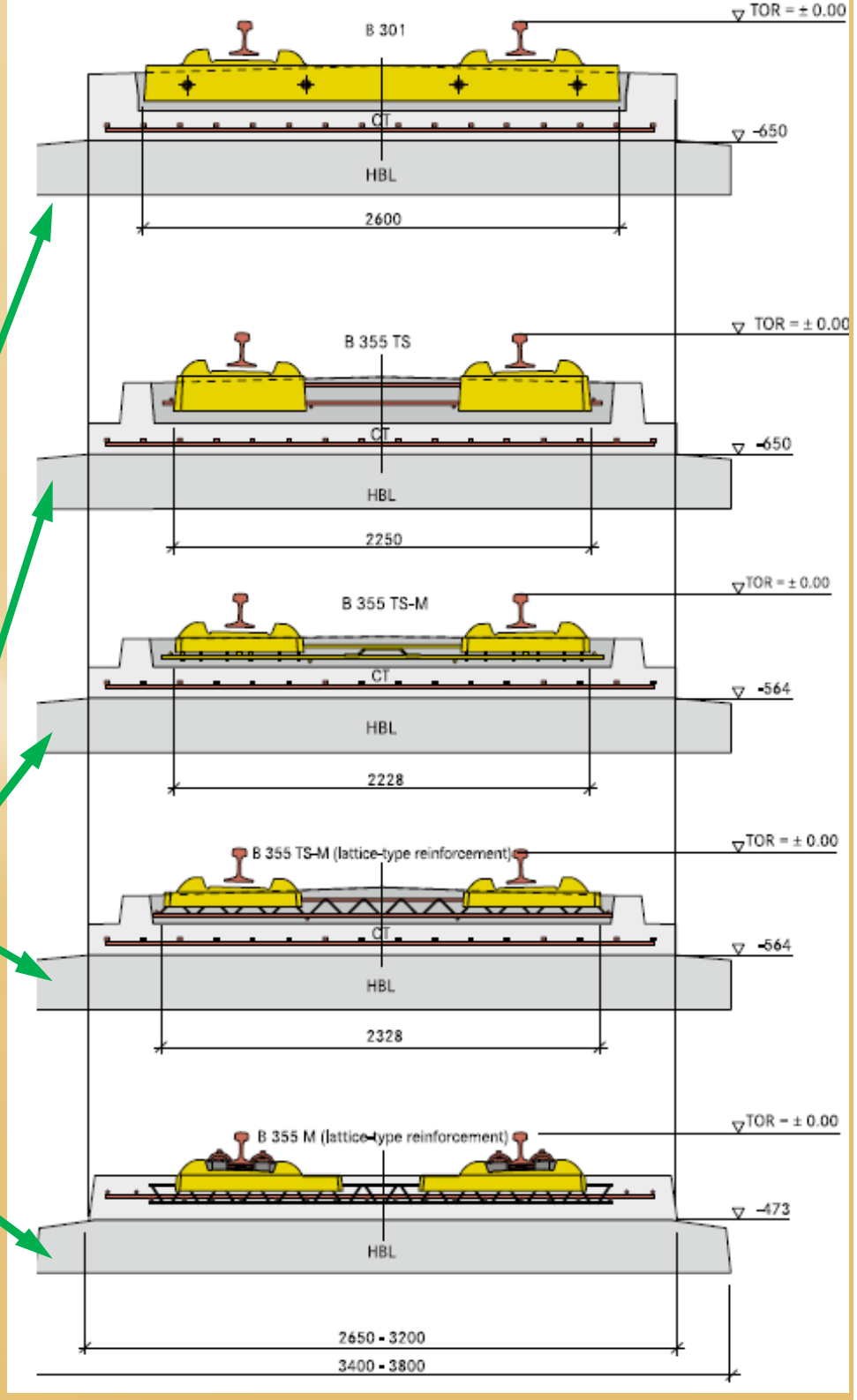
RHEDA

http://www.railone.com/



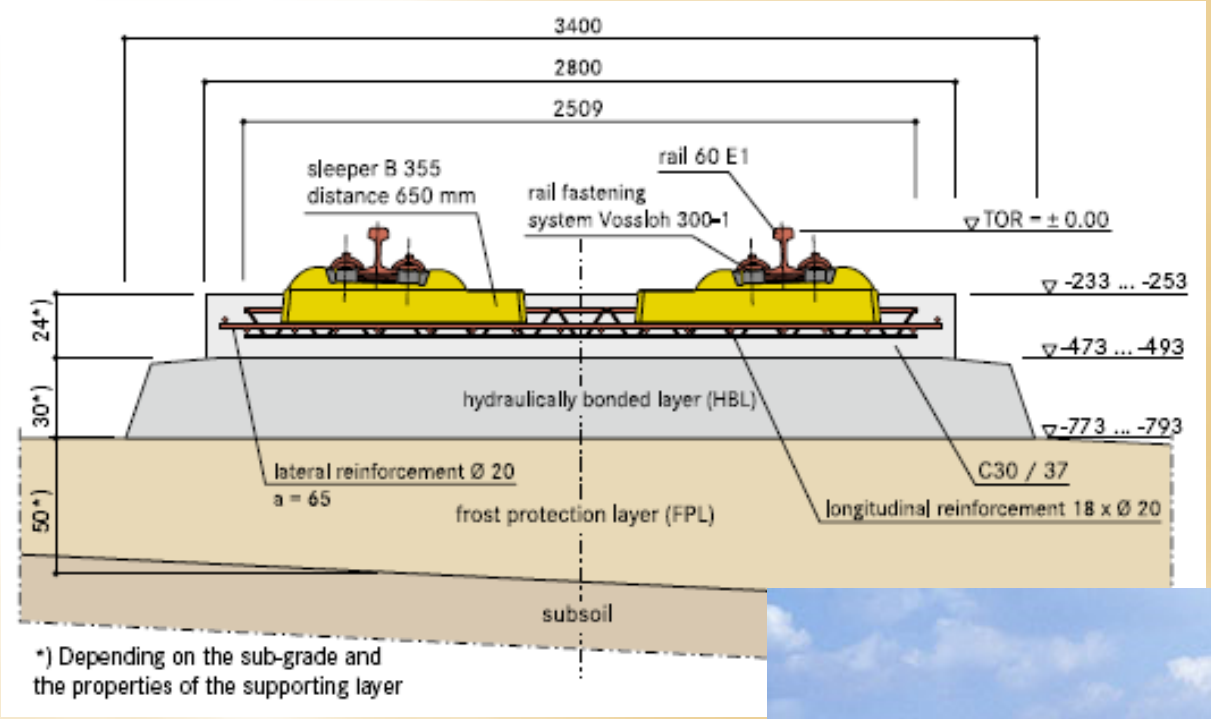
RHEDA (Classic)

RHEDA (Sengeberg)
RHEDA-Berlin HST –V1
RHEDA-Berlin HST –V2
RHEDA-Berlin HST –V3
RHEDA 2000



http://www.railone.com/

RHEDA 2000



Schemat warstw

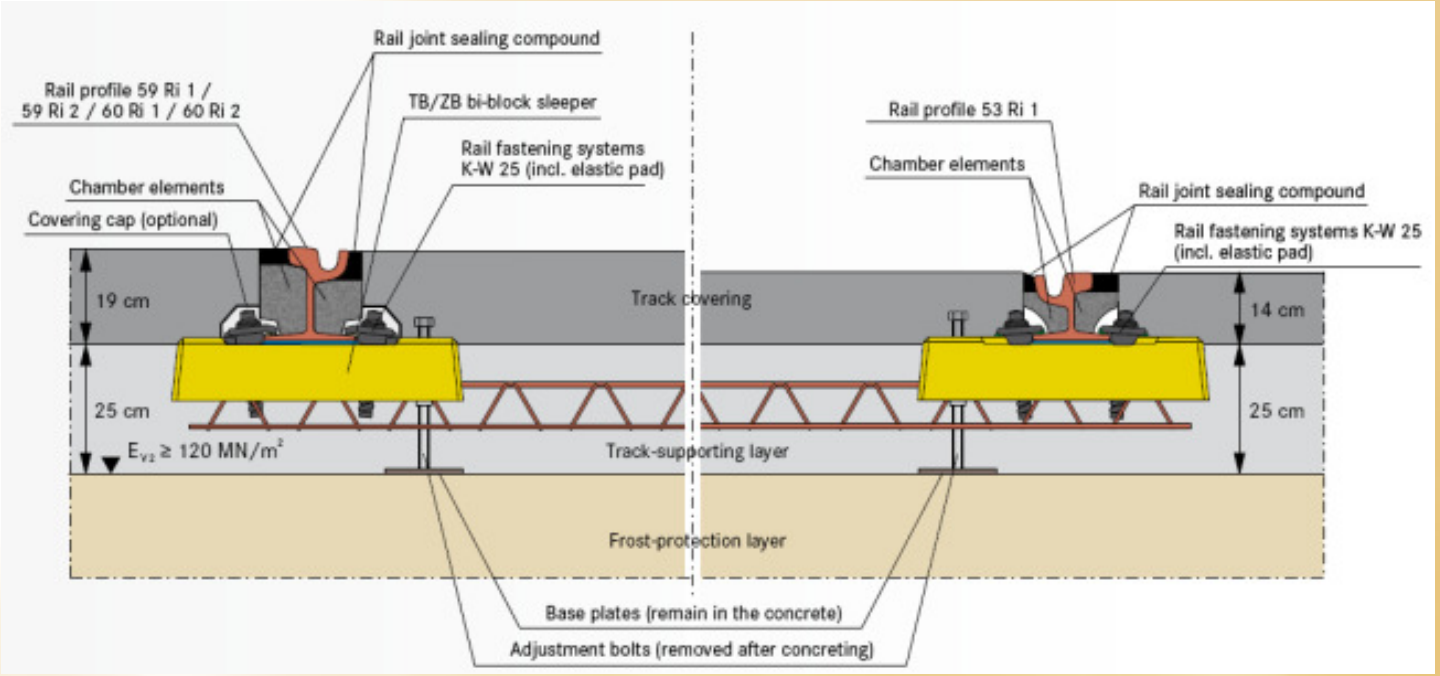
FPL – frost protection layer –
warstwa mrozoochronna

Gotowa linia dwutorowa



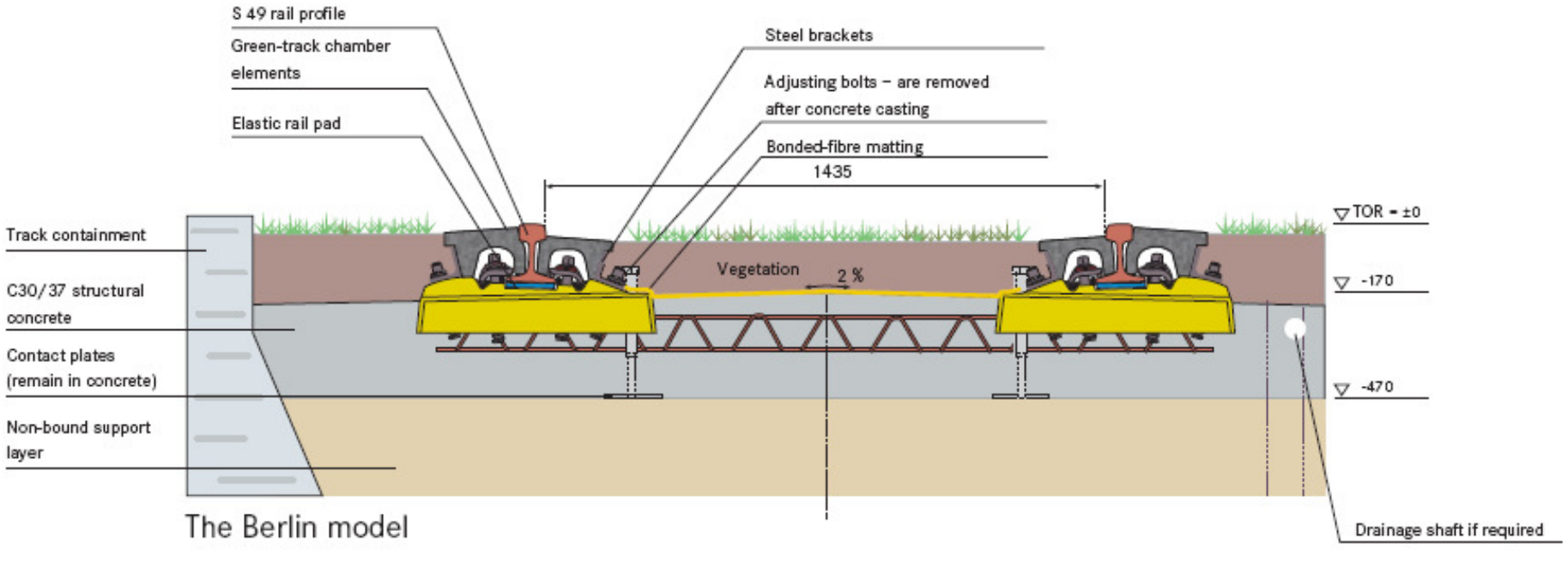
http://www.railone.com/

RHEDA CITY



Rheda City

Rheda City Green



The Berlin model

RHEDA CITY


01


02


03


04

Rozstaw podkładów 75 cm

RHEDA CITY



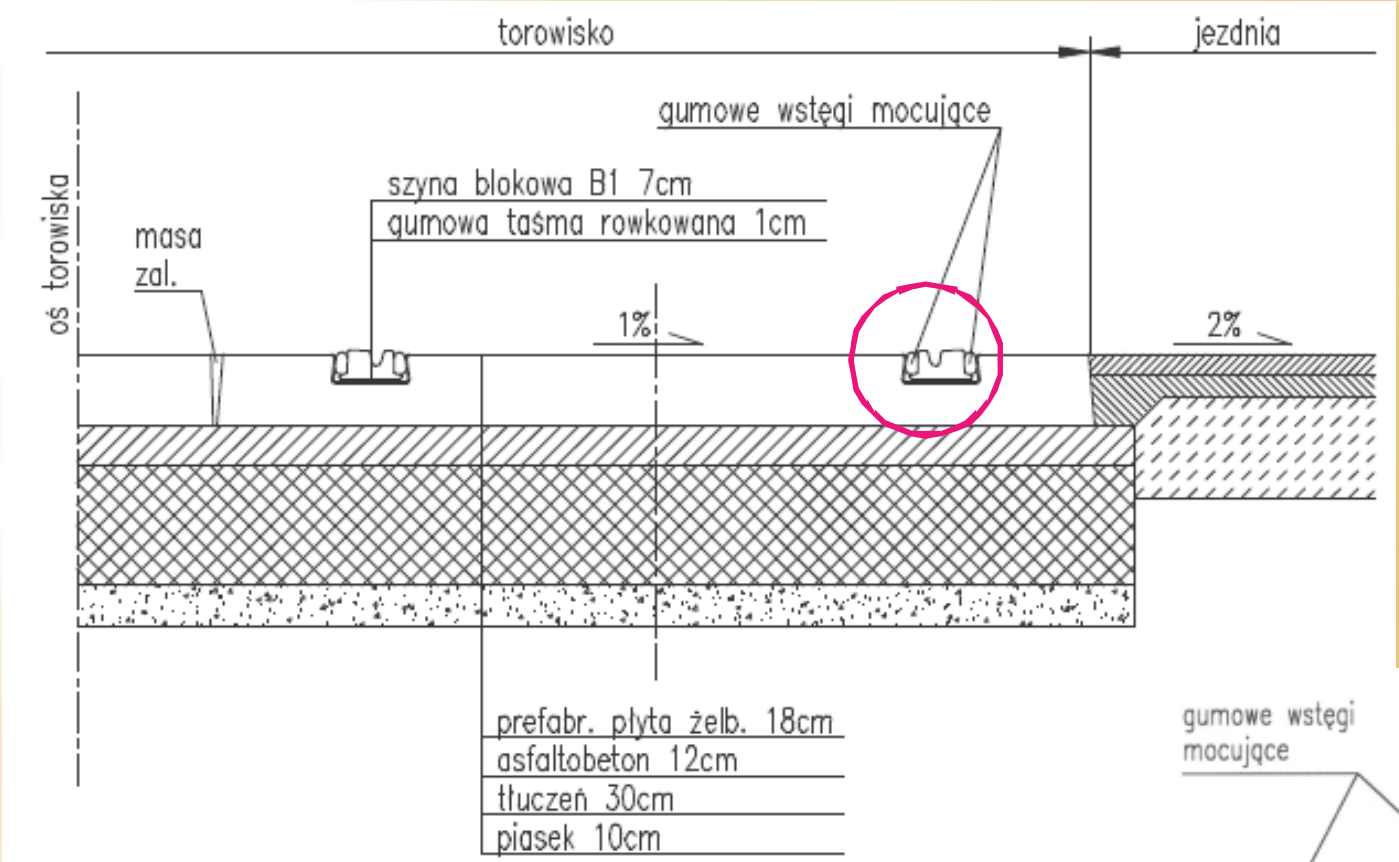


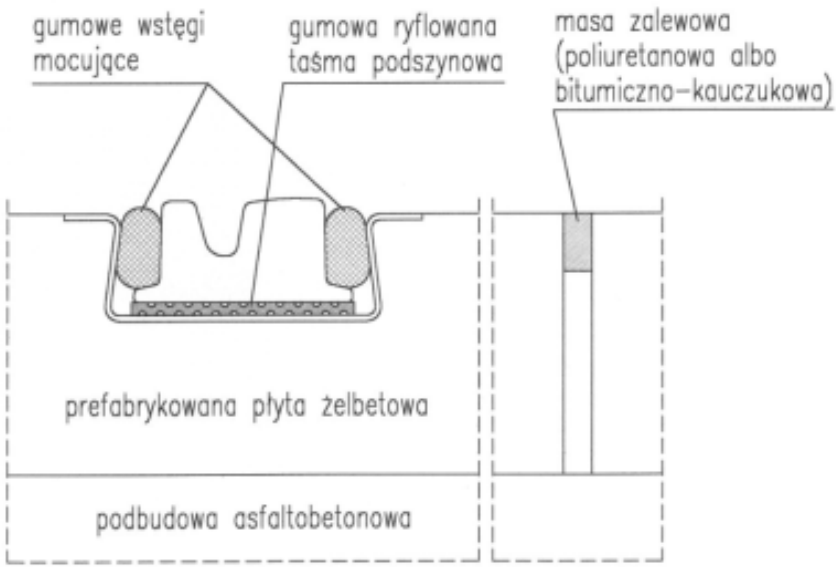




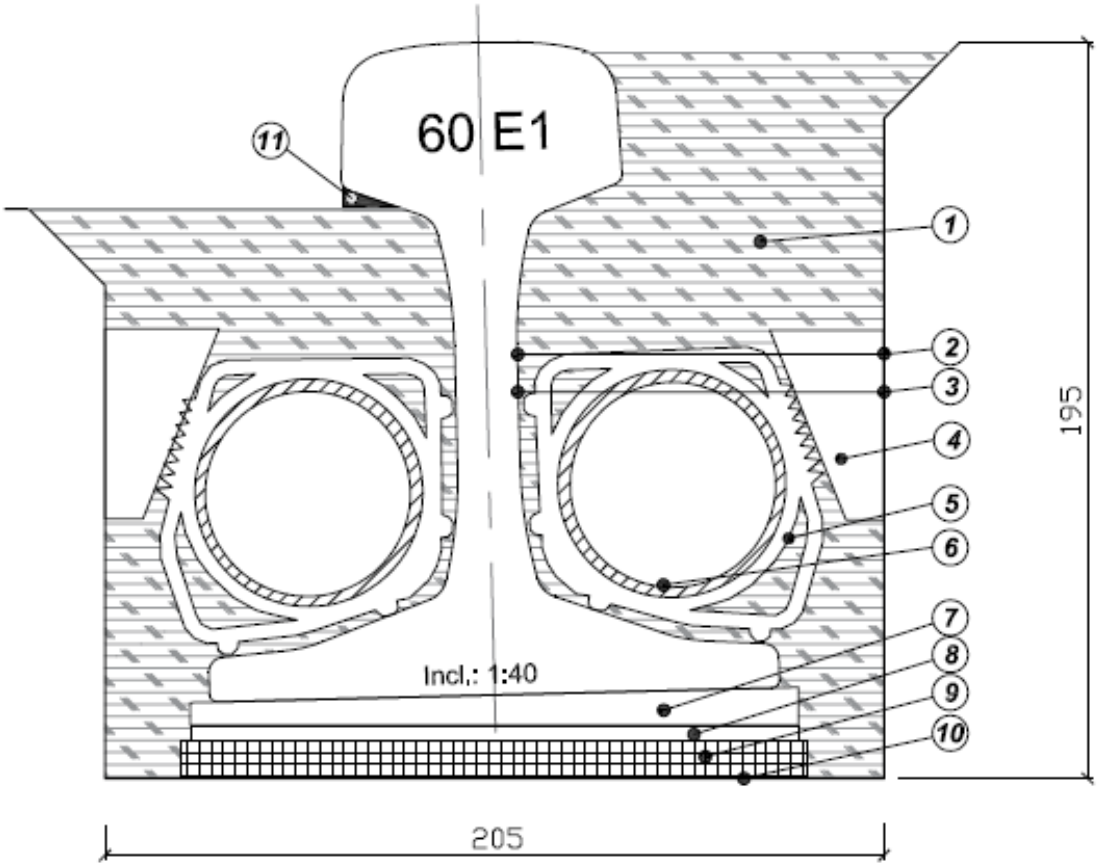
Rozstaw podkładów 75 cm

Tor węgierski





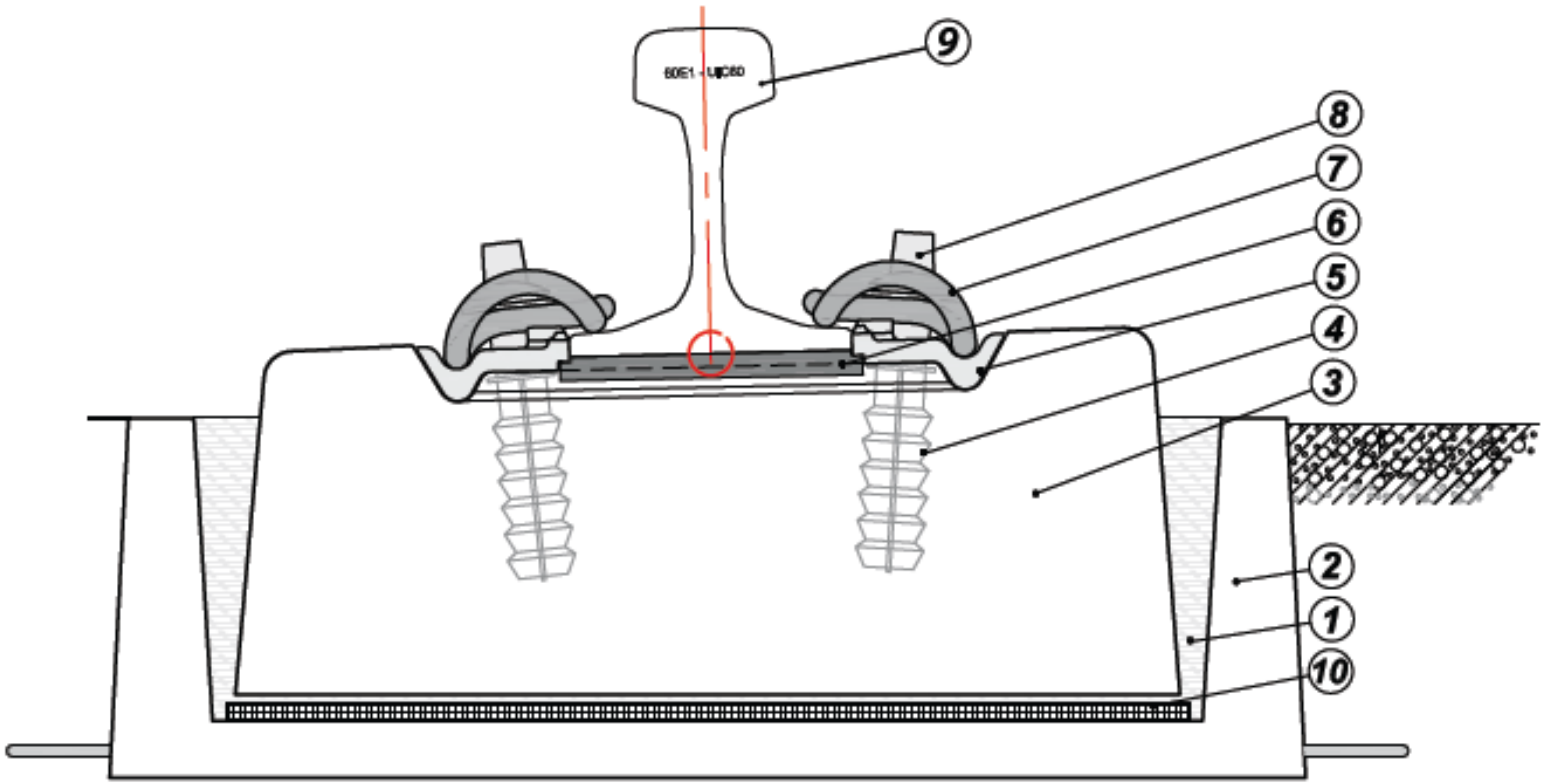
EDILON ERS (Embedded Rail System)



Prefabrykowana bądź wylewana na mokro płyta żelbetowa z ukształtowanymi kanałami szynowymi lub konstrukcja podbudowy z wyodrębnionymi stalowymi kanałami szynowymi. Szyny mocowane są w kanałach szynowych za pomocą masy zalewowej na bazie żywicy poliuretanowej Edilon Corkelast®, a ciągłe podparcie szyny zapewnia przekładka podszynowa Edilon Resilient Strip umieszczona pod jej stopką.

1. sprężysta otulina szyny – masa zalewowa Edilon Corkelast®, 2. powierzchnie zagruntowane materiałem Edilon Primer U90WB, 3. powierzchnie pokryte materiałem Edilon Primer 21 zwiększającym przyczepność masy zalewowej, 4. klin Edilon Wedge do regulacji położenia szyny w płaszczyźnie poziomej, 5. element mocujący rurę PCV – Edilon Spacer, 6. rura PCV - zmniejszająca zużycie masy zalewowej, może służyć również do przeprowadzenia kabli teletechnicznych, 7. podkładka klinowa Edilon Inclination Shim zapewniająca pochylenie szyny (1:20 lub 1:40), 8. podkładki podszynowe Edilon Shim do regulacji położenia szyny w płaszczyźnie pionowej, 9. ciągła, sprężysta przekładka podszynowa Edilon Resilient Strip, 10. klej Edilon Dex®-G do wklejenia przekładki podszynowej, 11. materiał uszczelniający Edilon Ediseal® VA-25

EDILON EBS (Embedded Block System)

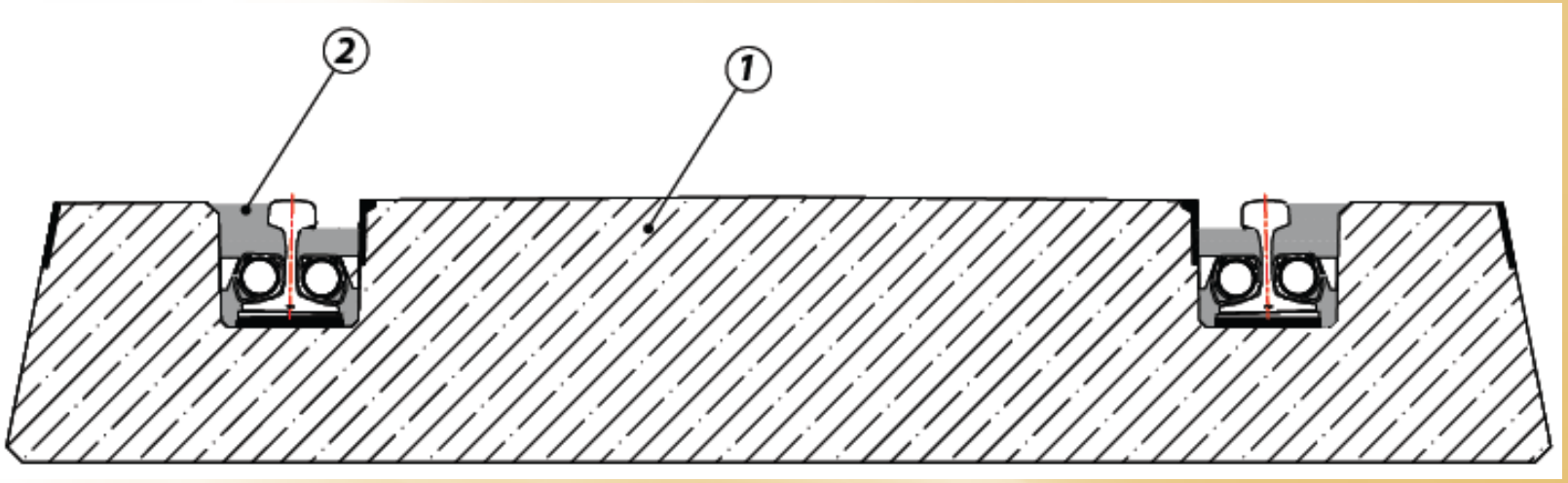


Szynowa podpora blokowa – wariant z prefabrykowanym gniazdem betonowym

1. otulina bloku podporowego – masa zalewowa Edilon Corkelast®, 2. prefabrykowane gniazdo betonowe, 3. betonowy blok podporowy, 4. dybel śrubowy, 5. prowadnica kątowa, 6. przekładka podszynowa, 7. łapka sprężysta, 8. śruba, 9. szyna, 10. sprężysta podkładka wibroizolacyjna Edilon Resilient Strip.

Szyny są przytwierdzone do pojedynczych betonowych bloków podporowych zabudowanych w prefabrykowanych gniazdach betonowych, kompozytowych lub stalowych przy użyciu sprężystej masy zalewowej Edilon Corkelast

EDILON LCL (Level Crossing)

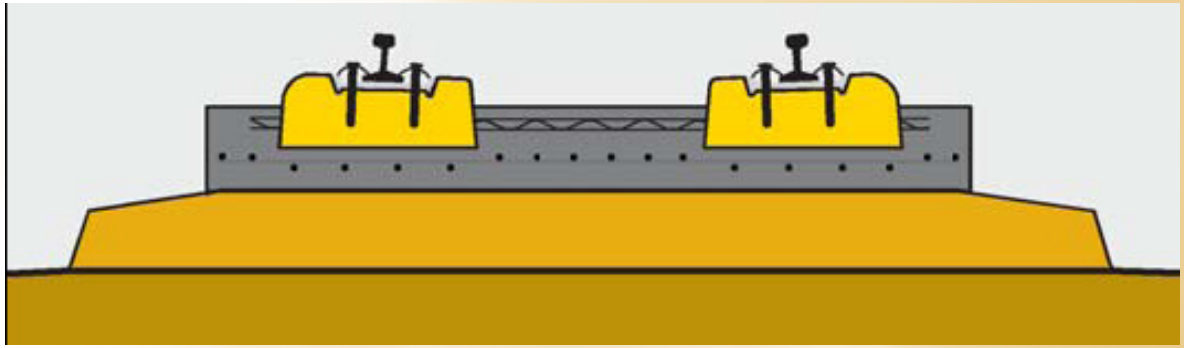


Wykonanie podbudowy:

- podłoże gruntowe o wtórnym module zagęszczenia E2 ≥ 45 MPa
- warstwa nośna z niesortu 0/31,5 o grubości ok. 370 mm i module zagęszczenia E2 ≥ 120 MPa
- warstwa wyrównawcza z drobnego grysu (klińca) lub chudego betonu



ZÜBLIN

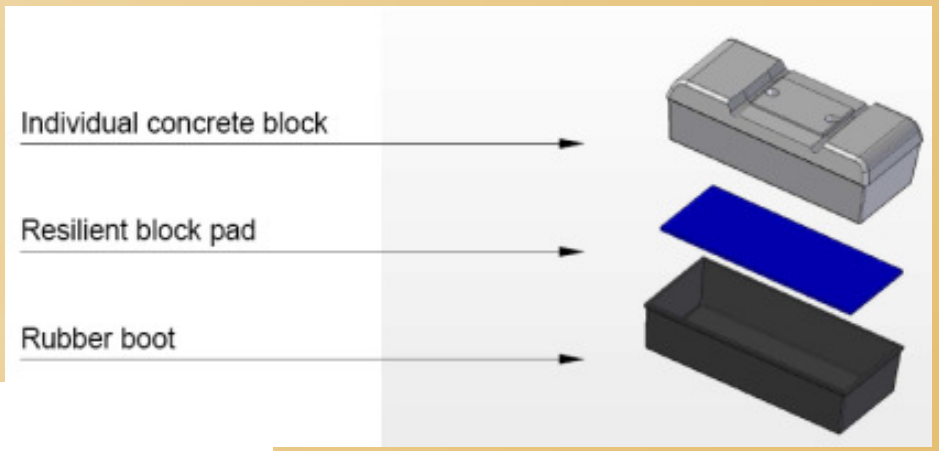


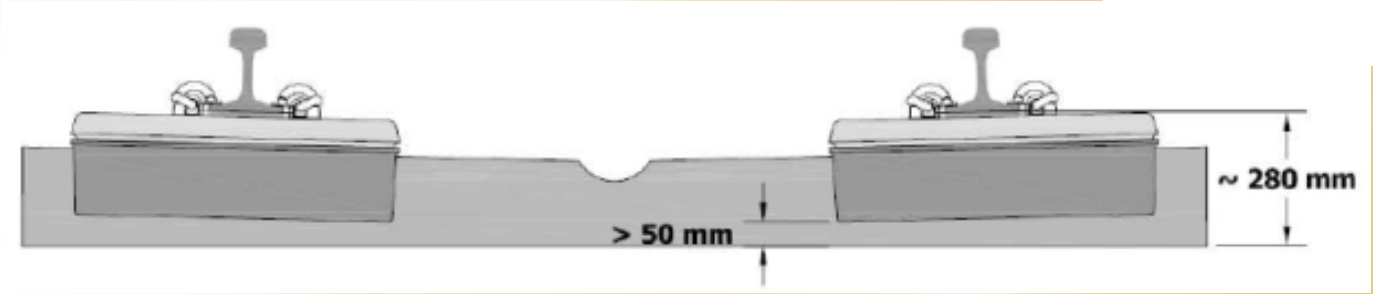






SONNEVILLE







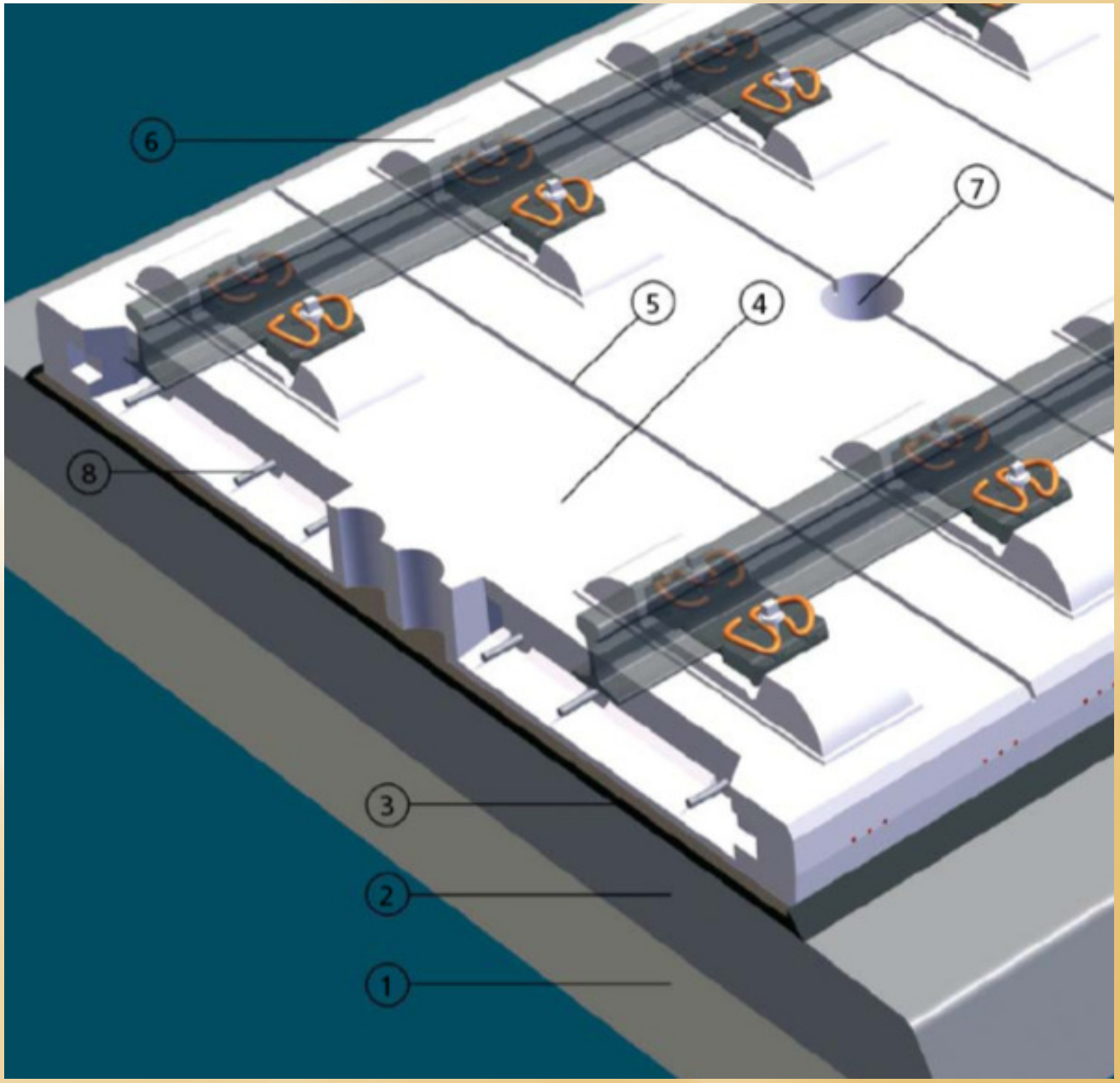
Montaż toru w tunelu



Gotowy tor

http://www.sonneville.com/

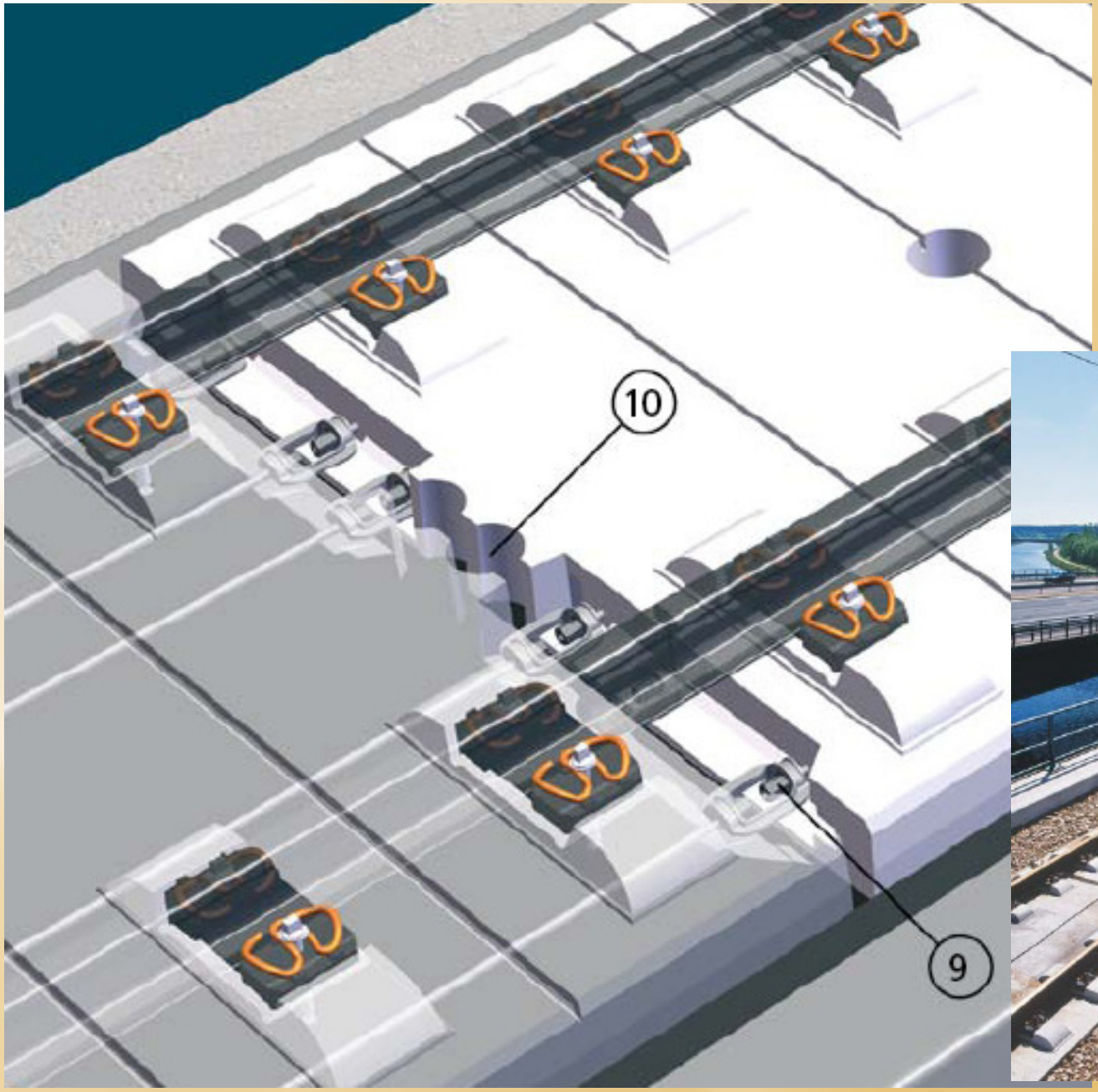
MAX BÖGL



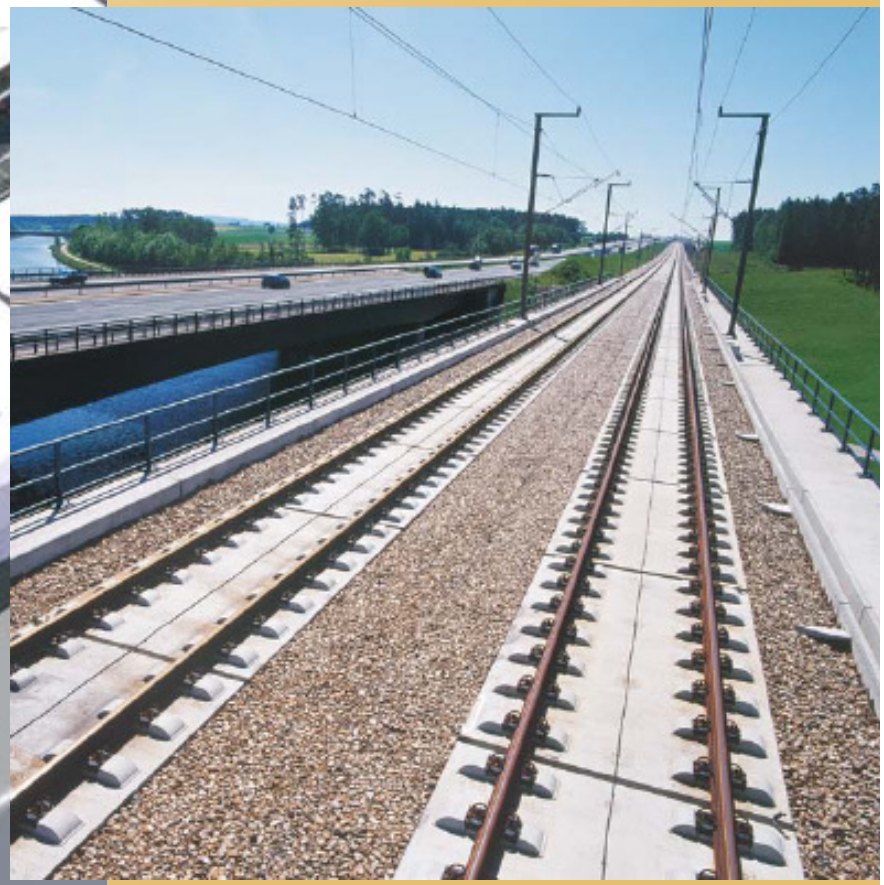
1. warstwa mrozoochronna
2. grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym, d=30 cm
3. podlewka
4. płyta żelbetowa, sprężona lub z zbrojonego włóknem stalowym (6.50 x 2.25 x 0.20 m)
5. bruzda umożliwiająca zarysowanie
6. mocowanie szyny
7. otwór na wypływ podlewki
8. łączniki sąsiednich płyt

http://www.max-boegl.de

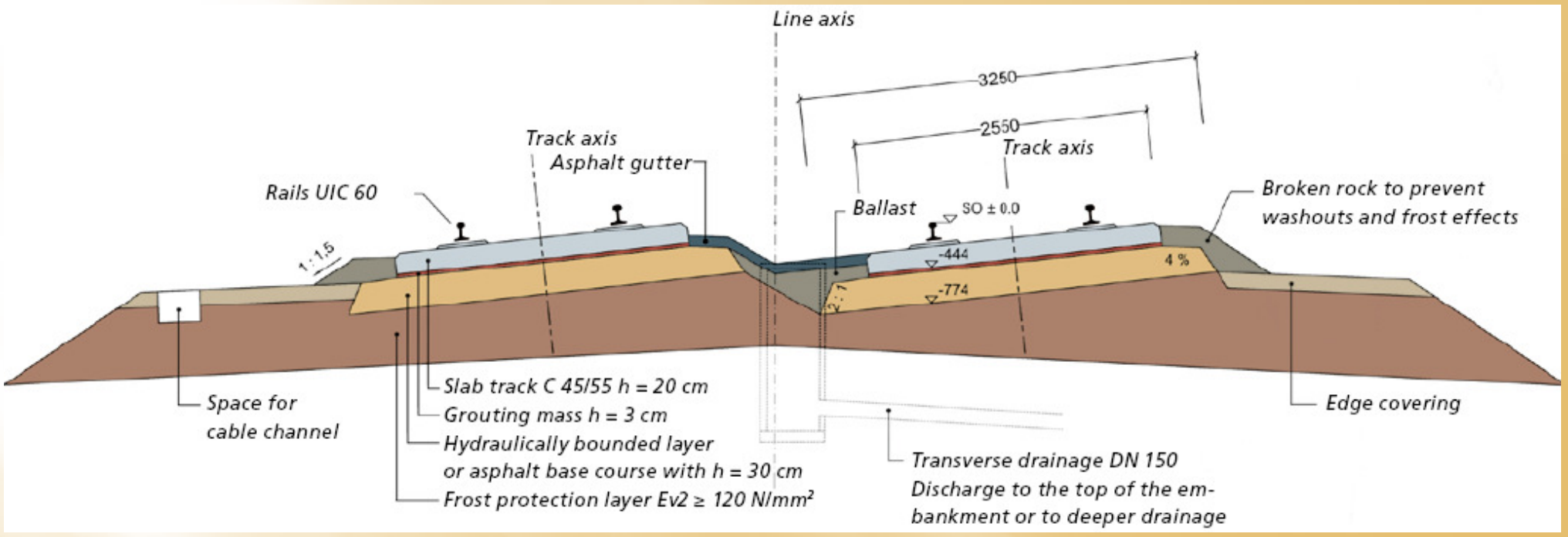
MAX BÖGL

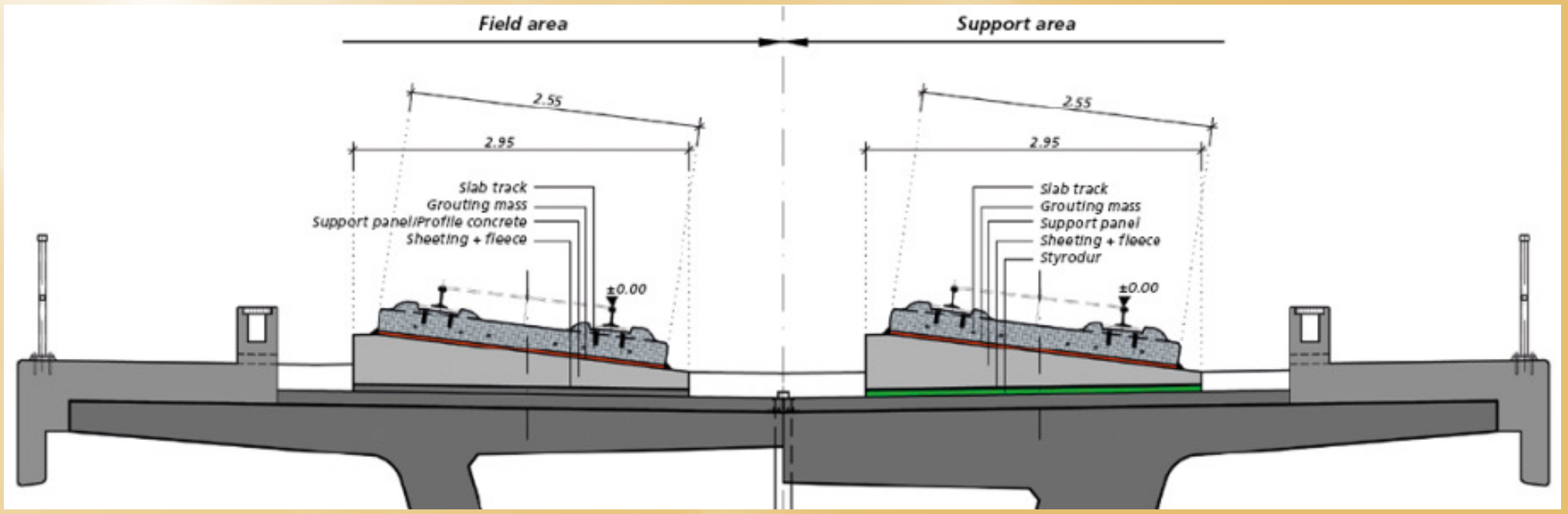


9. Elementy do łączenia sąsiednich płyt oraz nakrętki
10. Szczelina konstrukcyjna

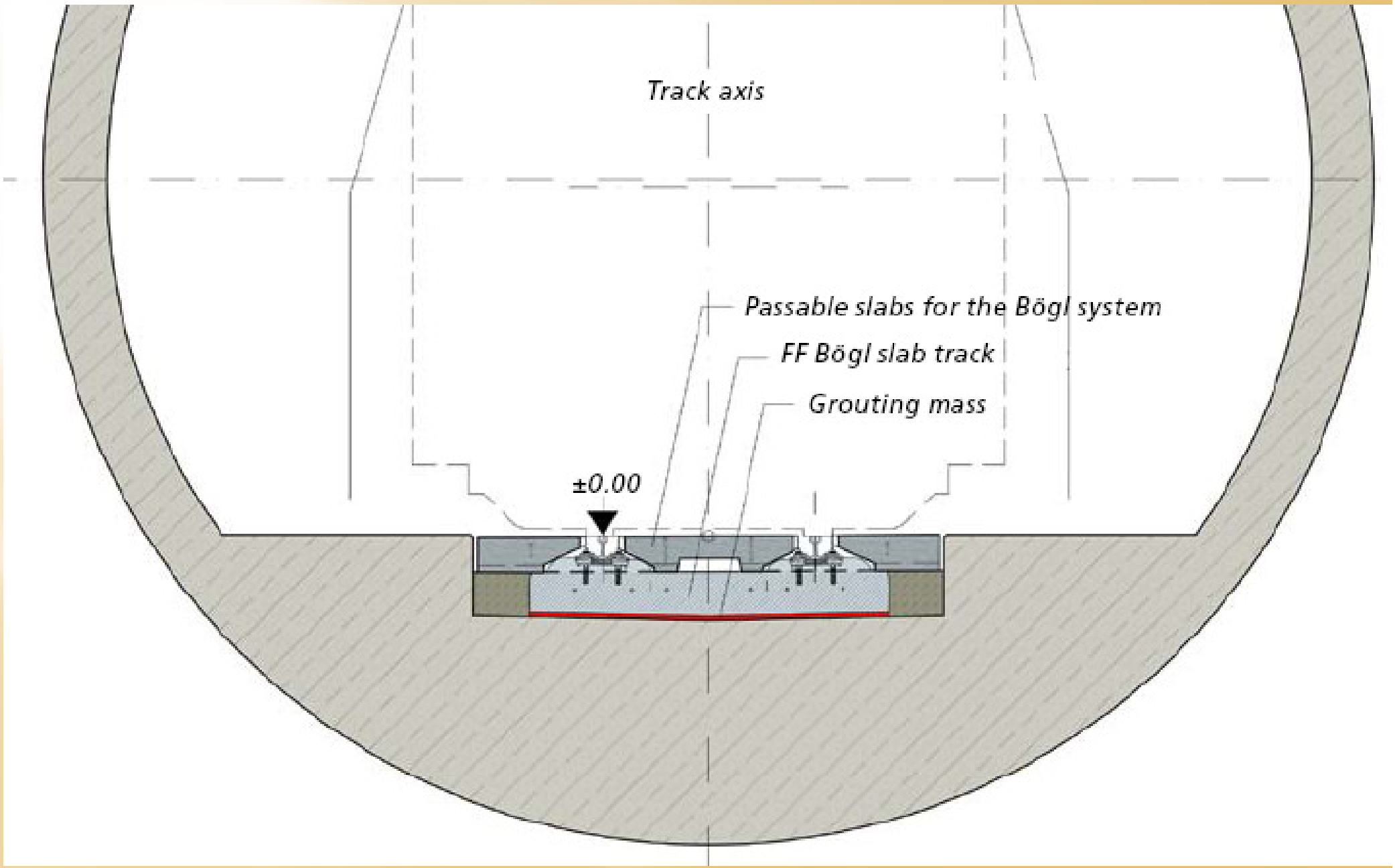


MAX BÖGL


Line axis
3250
2550
Track axis
Track axis
Asphalt gutter
Rails UIC 60
Ballast
SO ± 0.0
Broken rock to prevent
washouts and frost effects
1 : 1.5
-444
4 %
-774
Space for
cable channel
Slab track C 45/55 h = 20 cm
Grouting mass h = 3 cm
Hydraulically bounded layer
or asphalt base course with h = 30 cm
Frost protection layer Ev2 ≥ 120 N/mm²
Edge covering
Transverse drainage DN 150
Discharge to the top of the em-
bankment or to deeper drainage

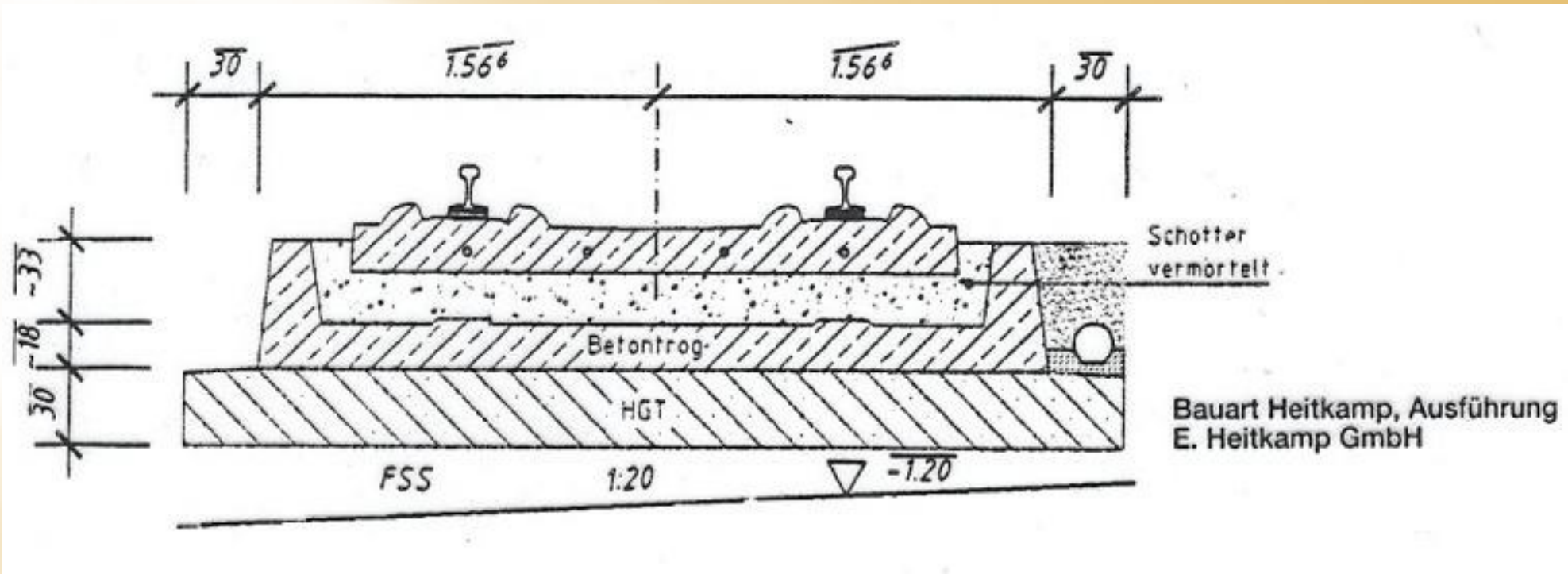

Field area
Support area
2.55
2.95
Slab track
Grouting mass
Support panel/Profile concrete
Sheeting + fleece
±0.00
2.55
2.95
Slab track
Grouting mass
Support panel
Sheeting + fleece
Styrodur
±0.00

MAX BÖGL

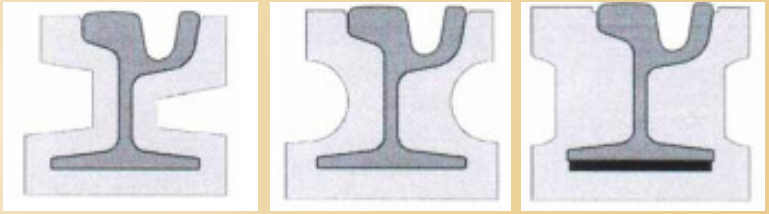

Track axis
Passable slabs for the Bögl system
FF Bögl slab track
Grouting mass
±0.00

http://www.heitkamp-rail.de/

HEITCAMP

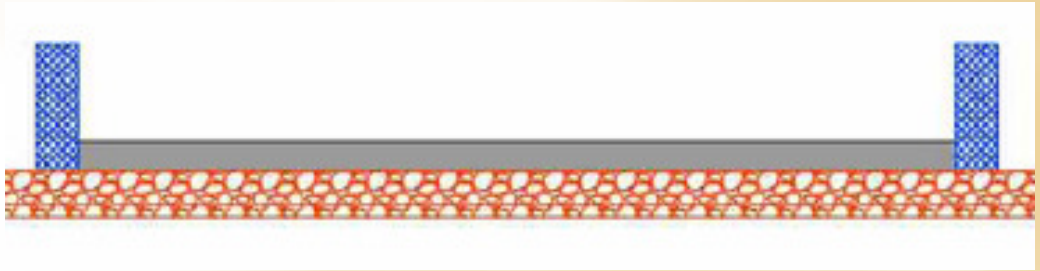


CDM

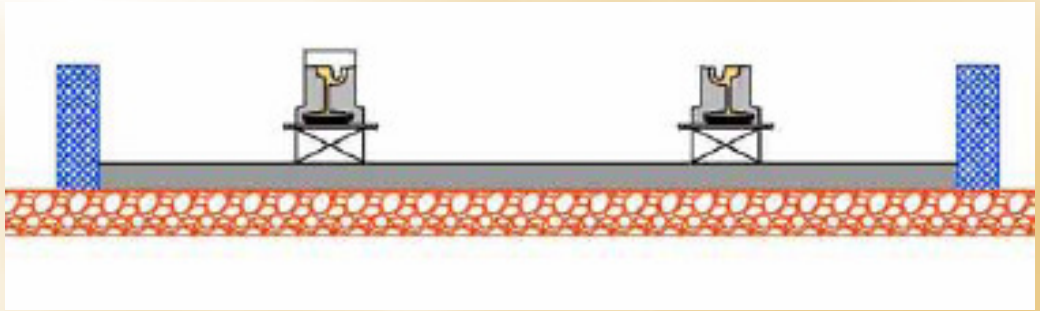


http://www.cdm.eu/

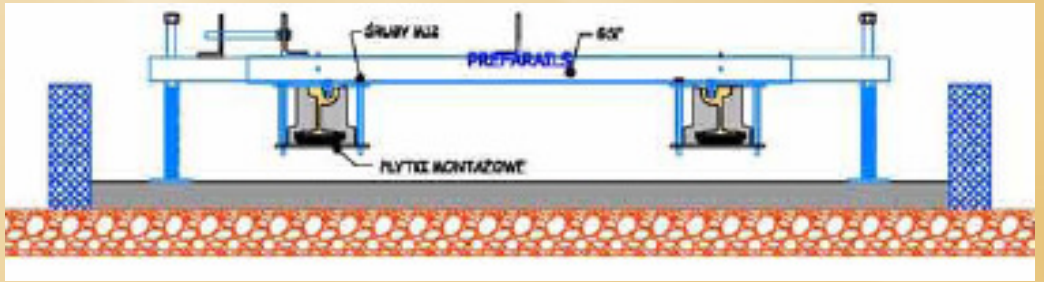
1. Betonowanie warstwy chudego betonu



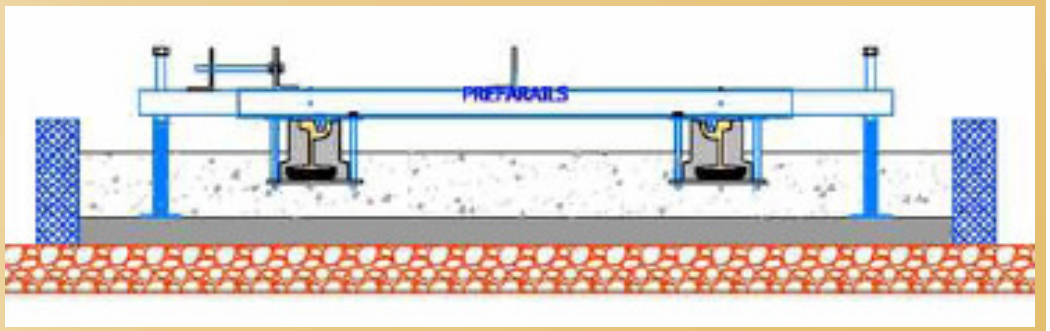
2. Ustawienie szyn z okładzinami na tymczasowych podkładkach w niwelecie przybliżonej do ostatecznej



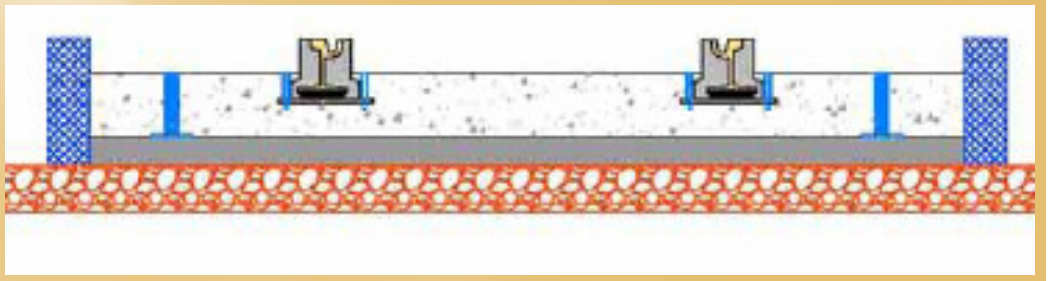
3. Ustawienie koziołków montażowych, podwieszenie szyn i zespawanie w całość, ustawienie w niwelecie docelowej



4. Ułożenie zbrojenia oraz betonowanie płyty



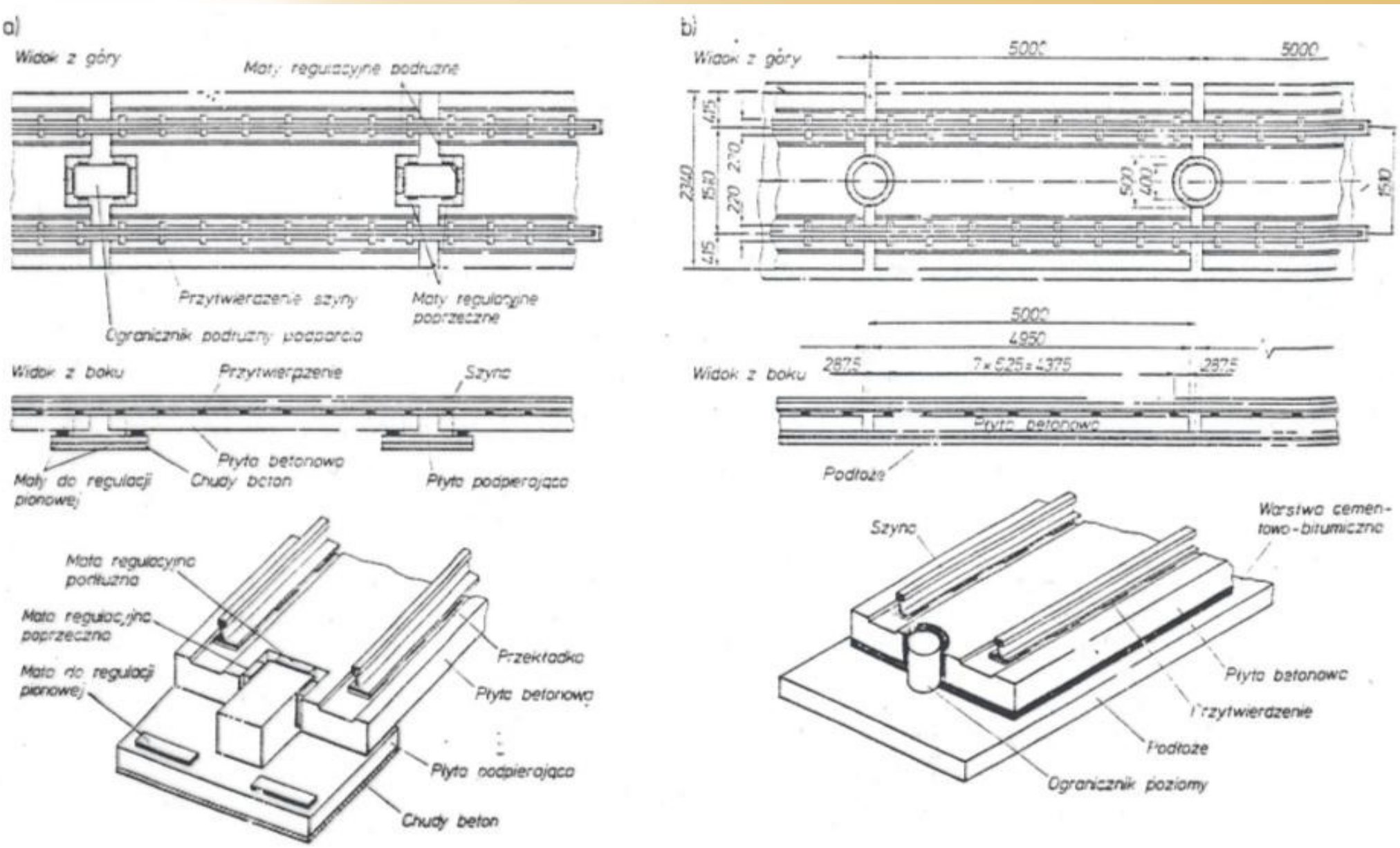
5. Demontaż koziołków



6. Wykonanie nawierzchni drogowej



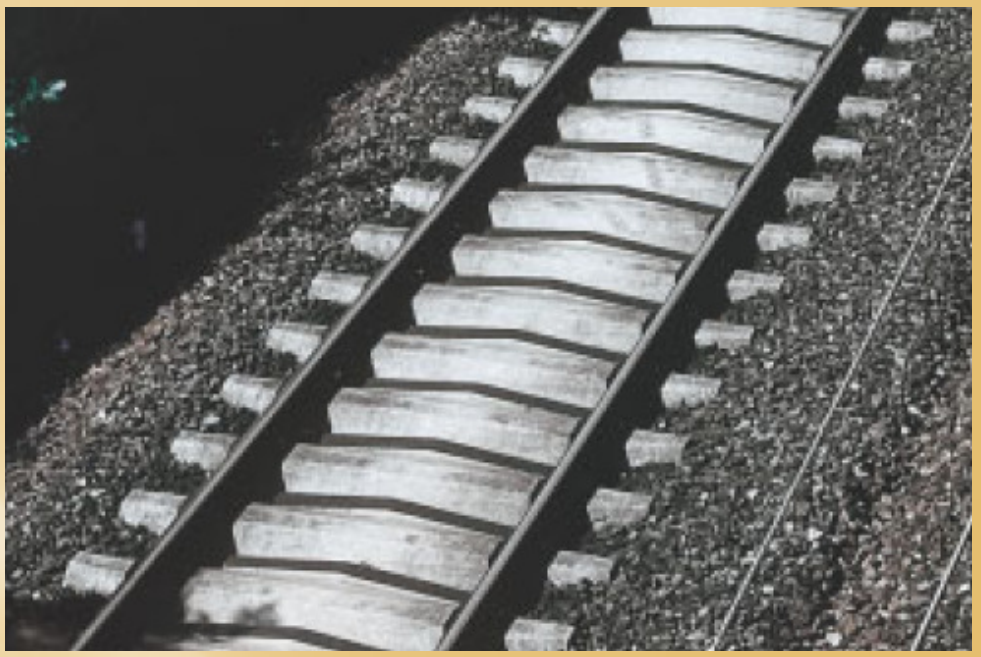
Japan Rail



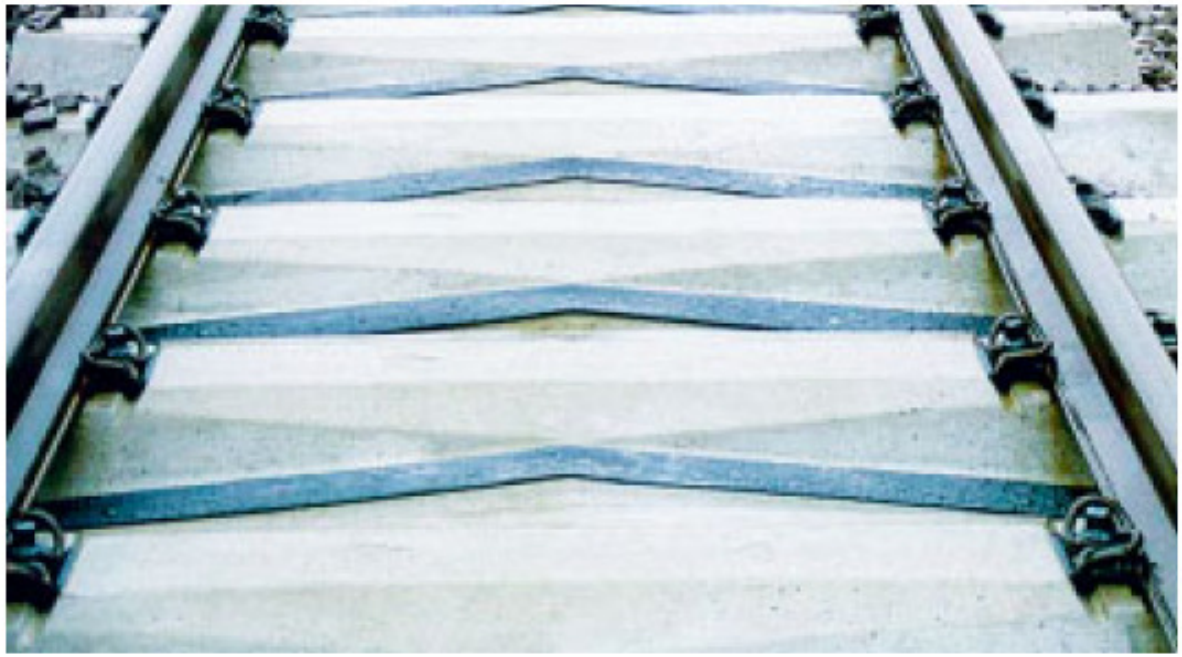
Rys. 8.106. Niekonwencjonalna nawierzchnia kolejowa na linii Tokaido w Japonii (a , b)

Breiteschwelle



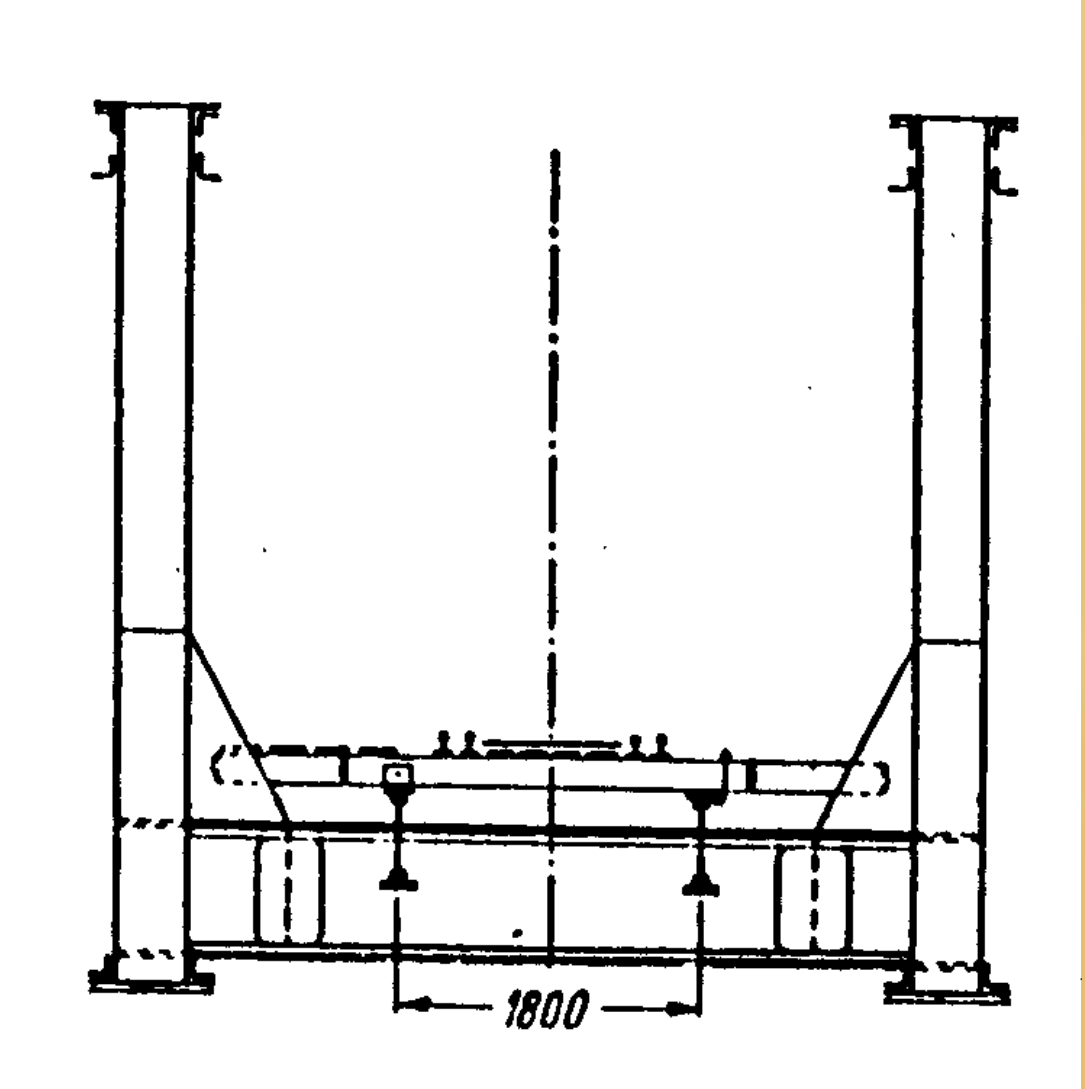






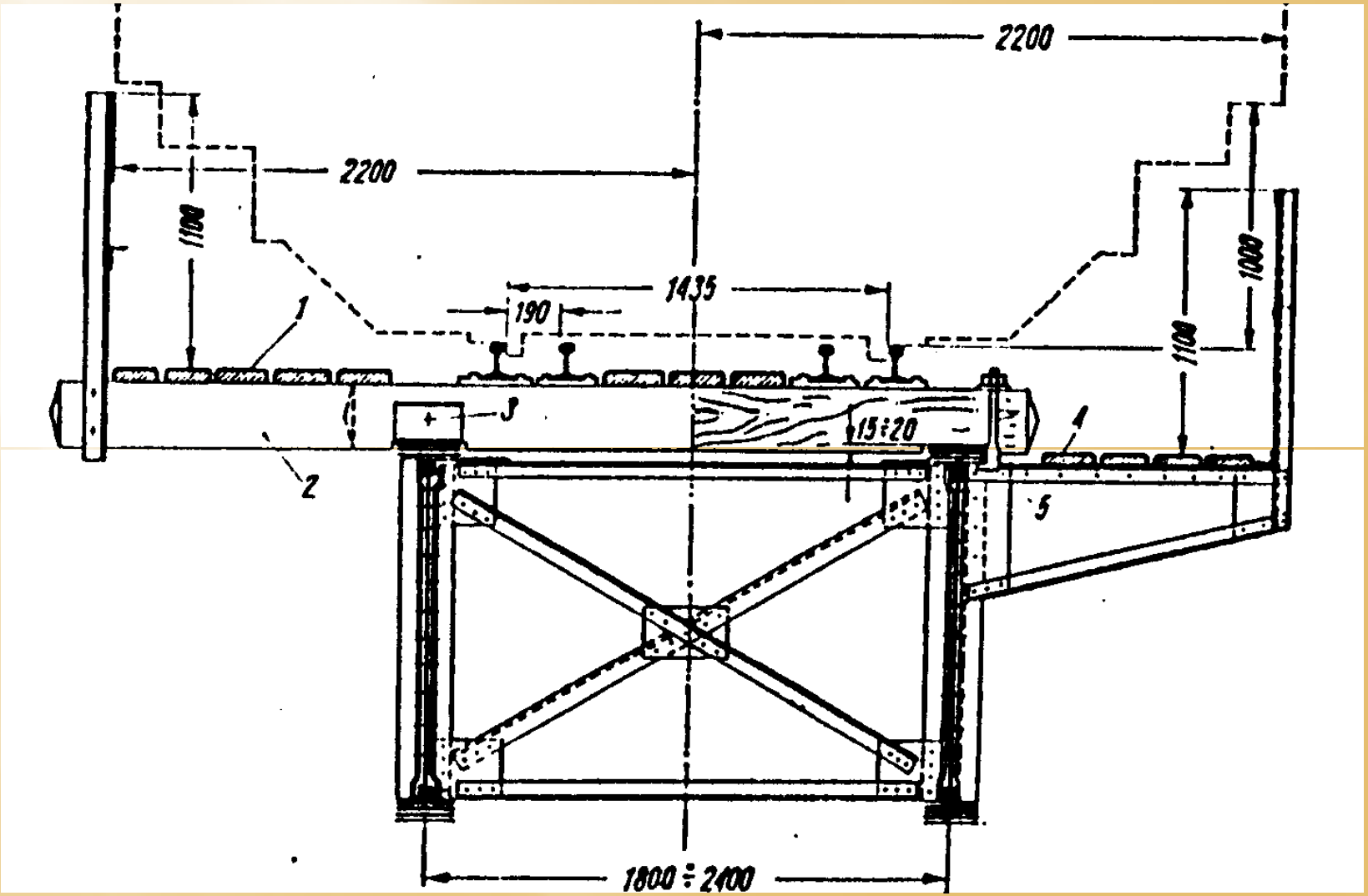
Tor na obiekcie mostowym

1. Sposoby mocowania nawierzchni kolejowej na obiekcie
   a) Szyny na mostownicach opartych na podłużnicach



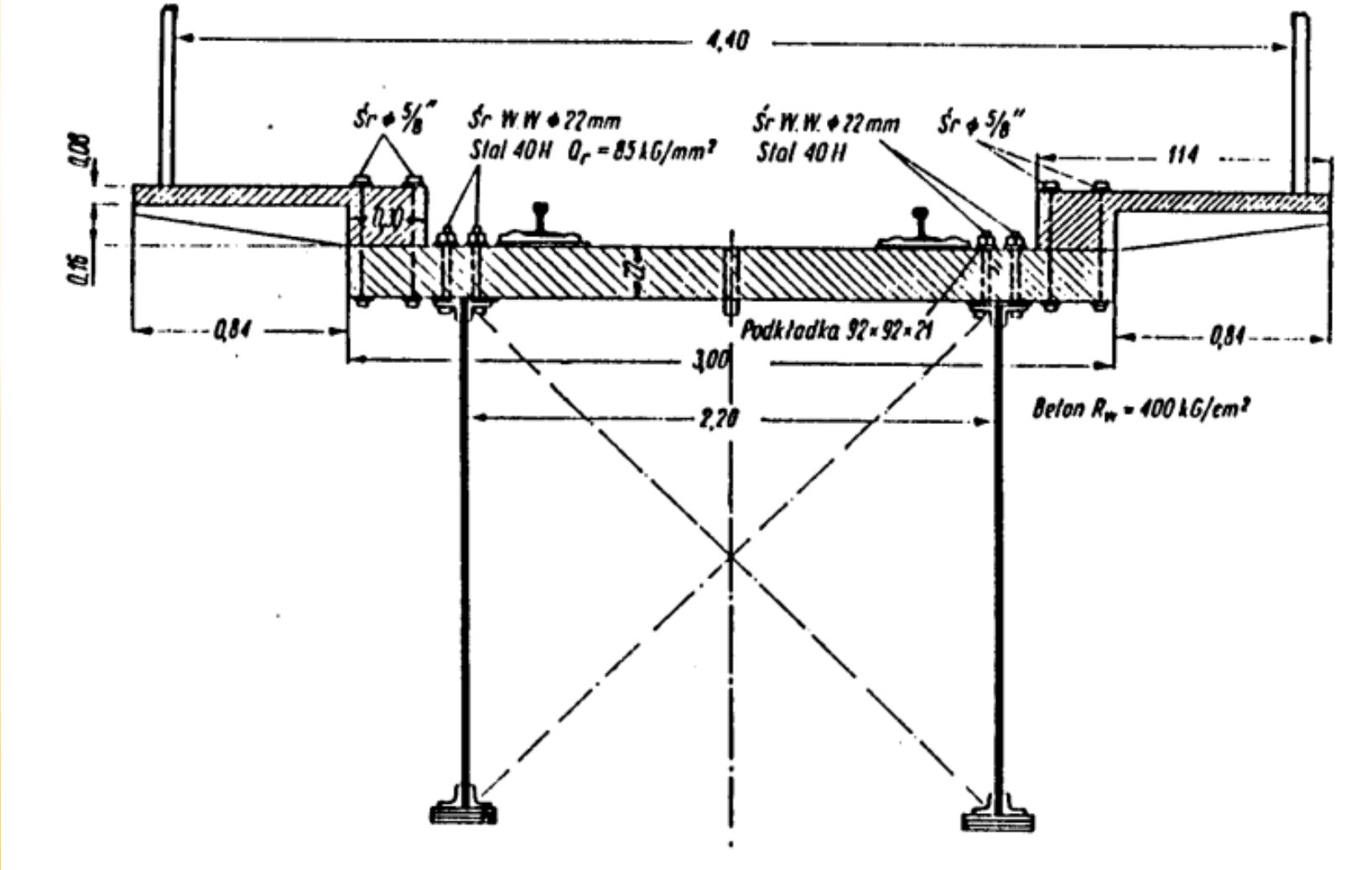
Tor na obiekcie mostowym

1. Sposoby mocowania nawierzchni kolejowej na obiekcie
   b) Szyny na mostownicach opartych na dźwigarach głównych



Tor na obiekcie mostowym

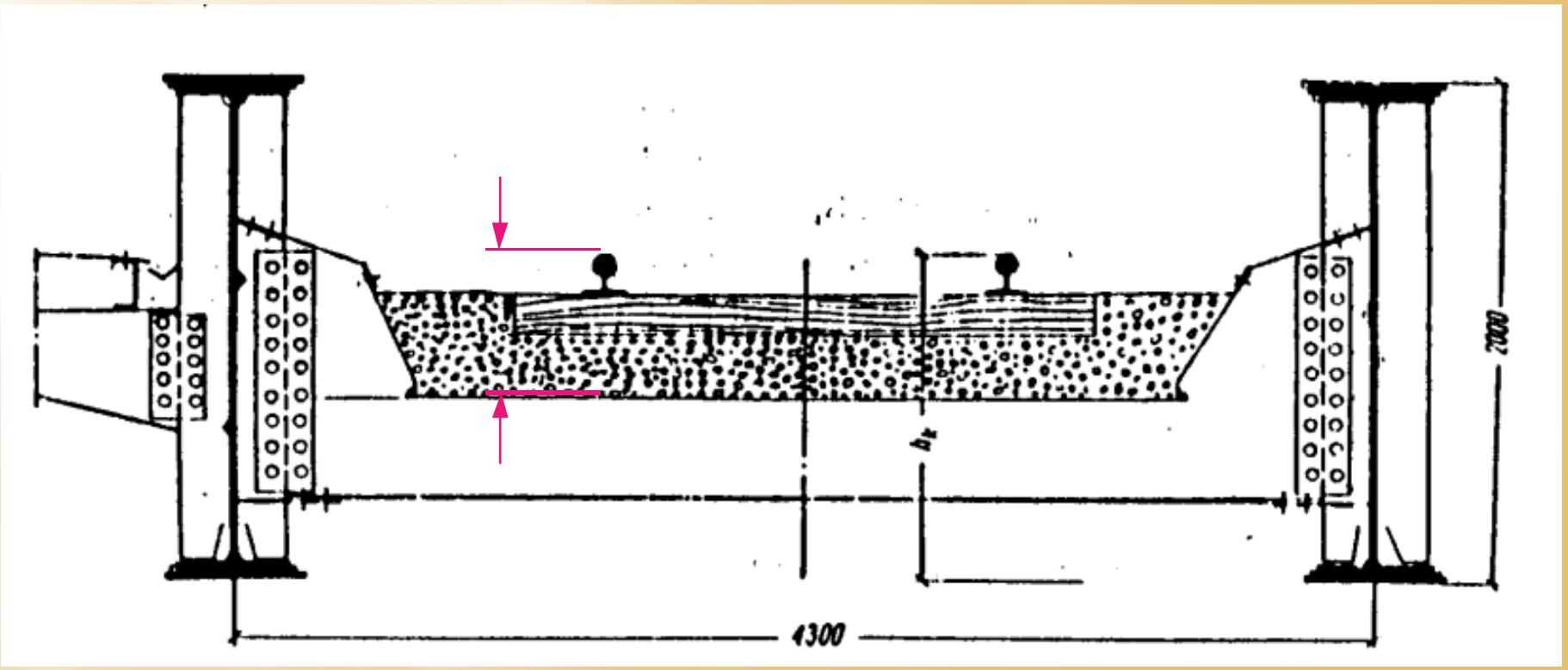
1. Sposoby mocowania nawierzchni kolejowej na obiekcie
   c) Bezpośrednie przytwierdzenie szyn do konstrukcji obiektu



Tor na obiekcie mostowym

1. Sposoby mocowania nawierzchni kolejowej na obiekcie

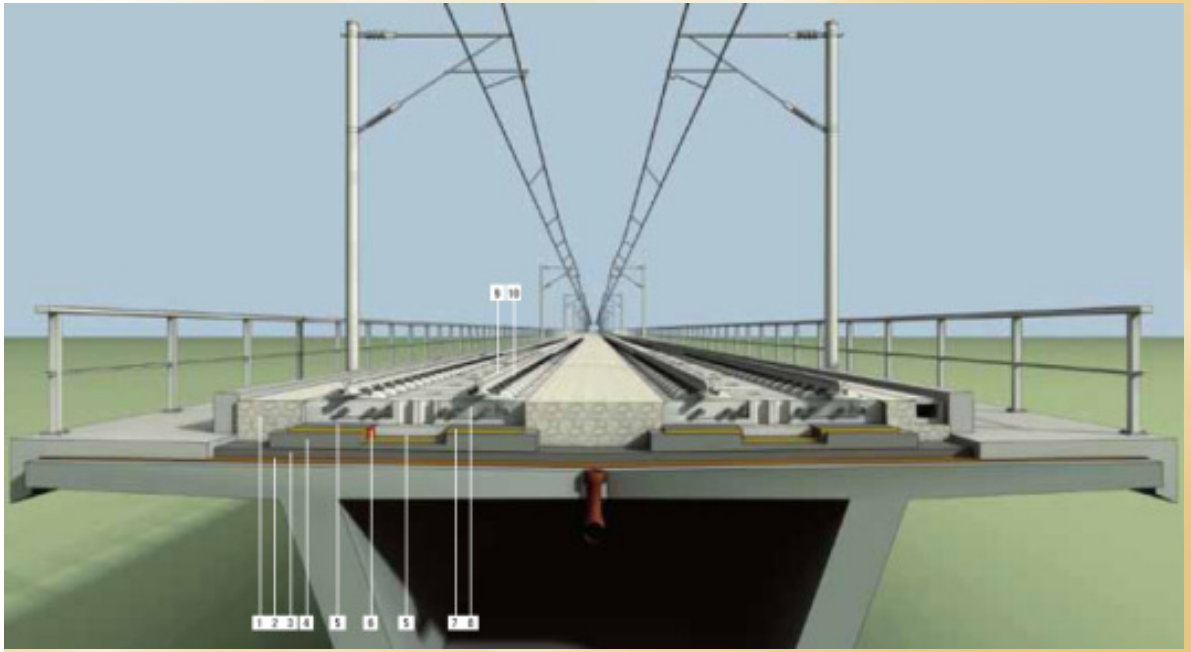
   d) Szyny na podkładach i podsypce

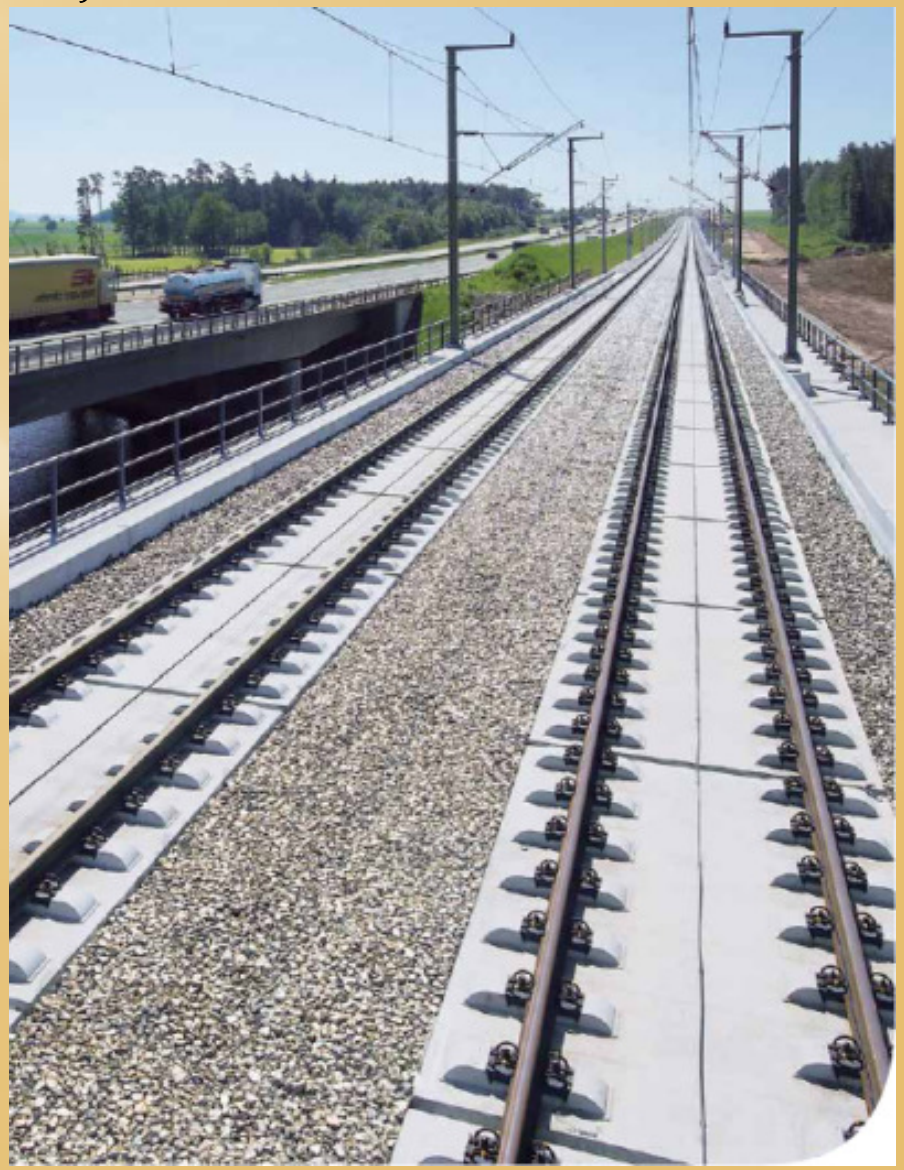


Minimalna grubość podsypki wraz z konstrukcja toru mierzona do główki szyny powinna mieć min. 70 cm ze względu na oddziaływania dynamiczne i pracę oczyszczarki tłucznia.

Tor na obiekcie mostowym

1. Sposoby mocowania nawierzchni kolejowej na obiekcie
   e) Tor bezpodsypkowy





Na zdjęciach pokazano system Max Bögl, ale stosowane są również inne systemy.

Tor na obiekcie mostowym

2. Nawierzchnia w profilu - wymagania

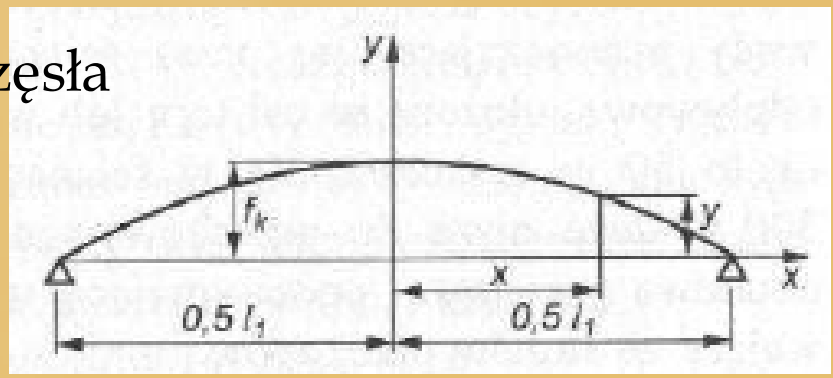
Tor kolejowy na moście o rozpiętości przęsła powyżej 30 m powinien być ułożony w każdym przęśle mostowym z obustronnym wzniesieniem ku środkowi przęsła odpowiadającym wzniesieniu konstrukcyjnemu przęsła mostowego, (strzałce montażowej równej ugięciu od obciążenia stałego i połowy strzałki ugięcia od obciążenia ruchomego).

$$z = f_k \cdot \left[1 - 4 \left(\frac{x}{l_l} \right)^2 \right]$$

z- rzędna wysokościowa w odległości „x" od środka przęsła względem poziomu toru nad podporą

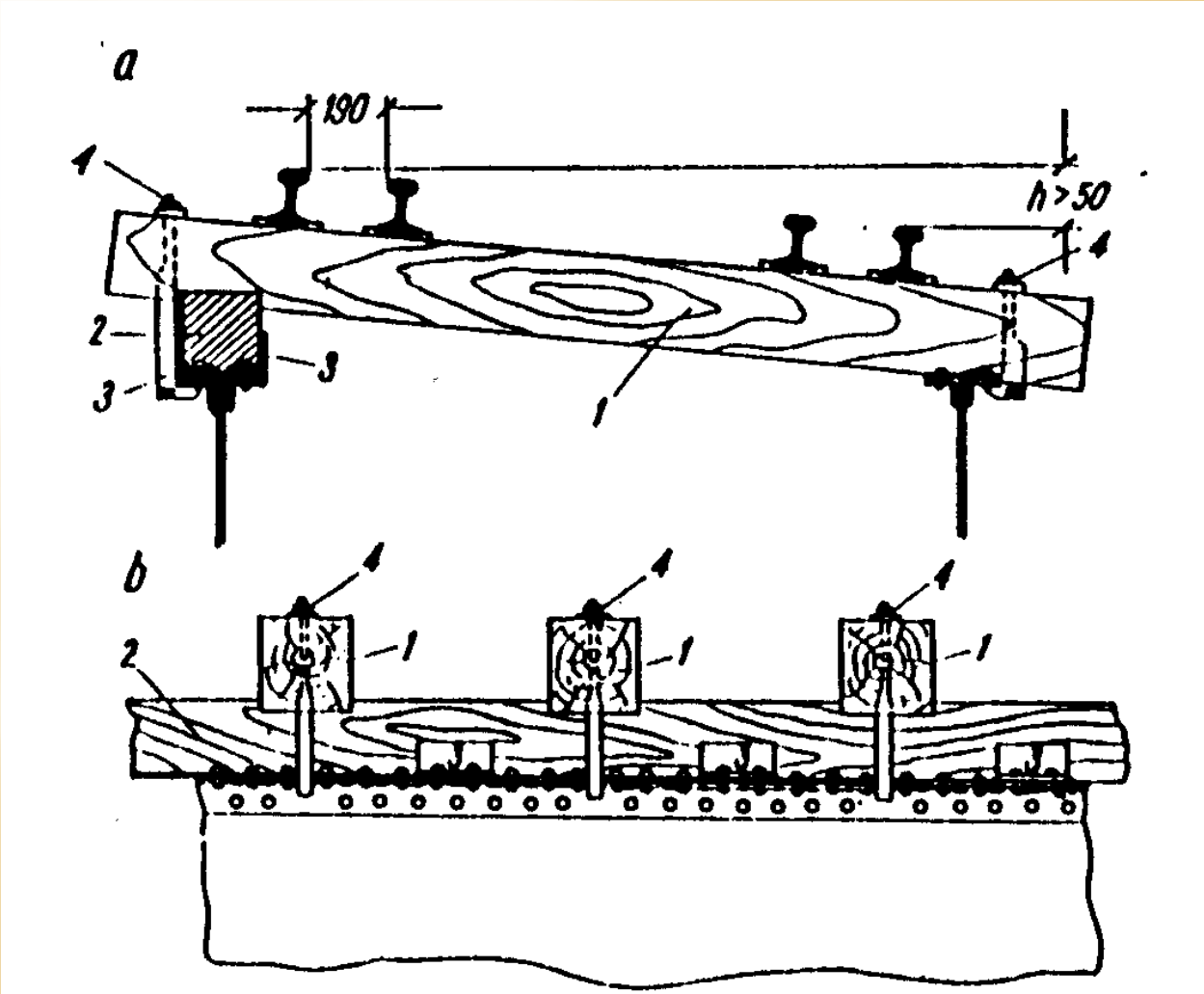
f_k- wzniesienie toru w środku rozpiętości przęsła

l_l- rozpiętość przęsła



Tor na obiekcie mostowym

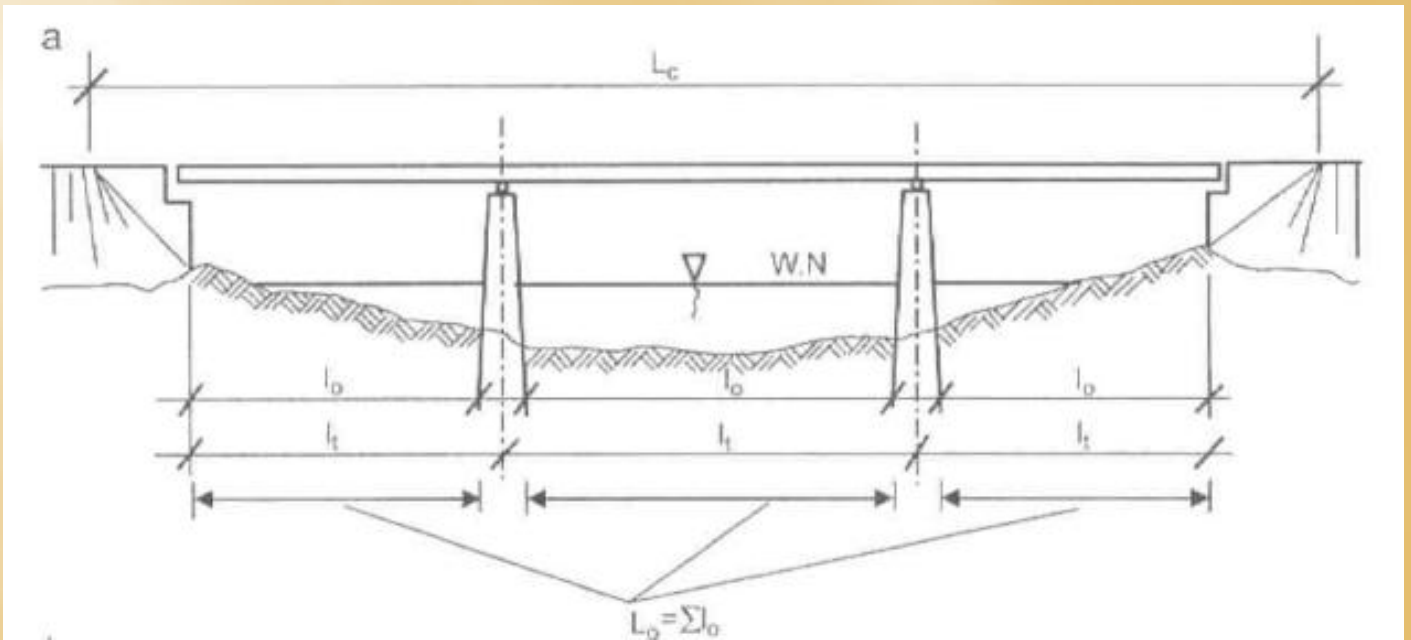
3. Nawierzchnia w przekroju poprzecznym - wymagania



W przypadku toru na łuku przechyłka jest nadawana przez obrót mostownic (przez podcięcia i podkładki).

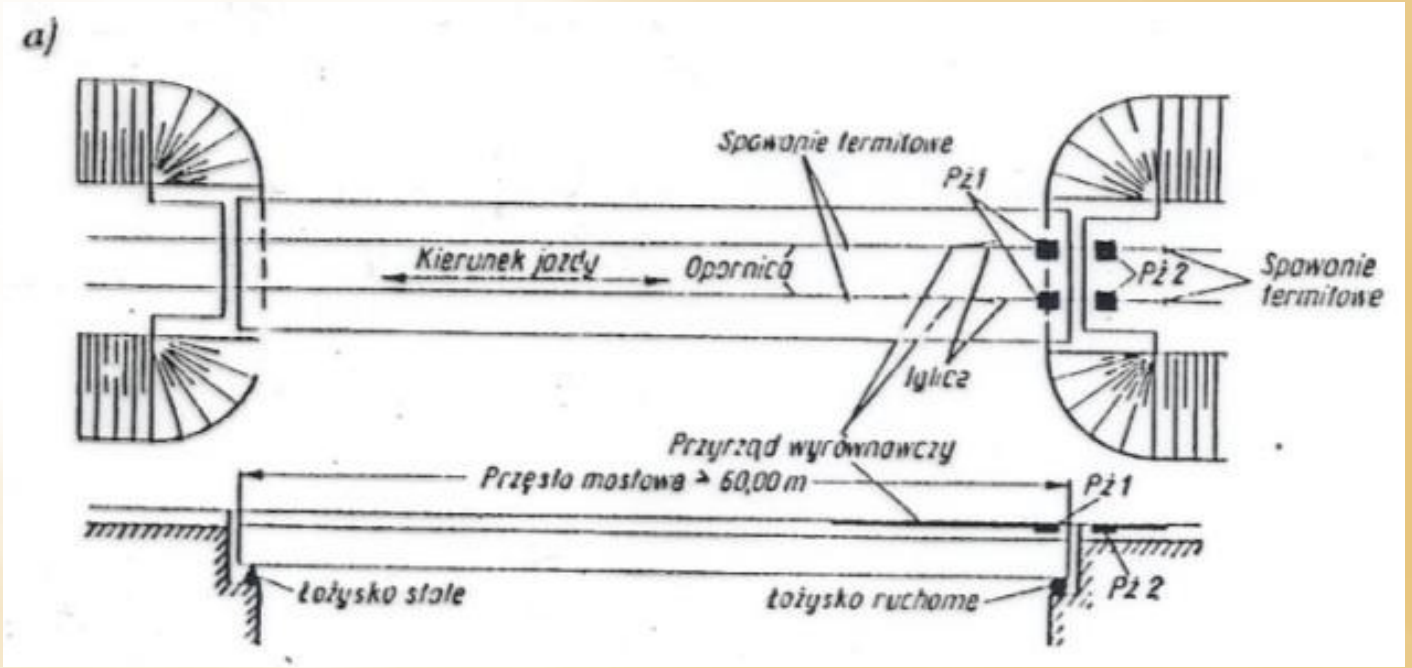
Tor na obiekcie mostowym

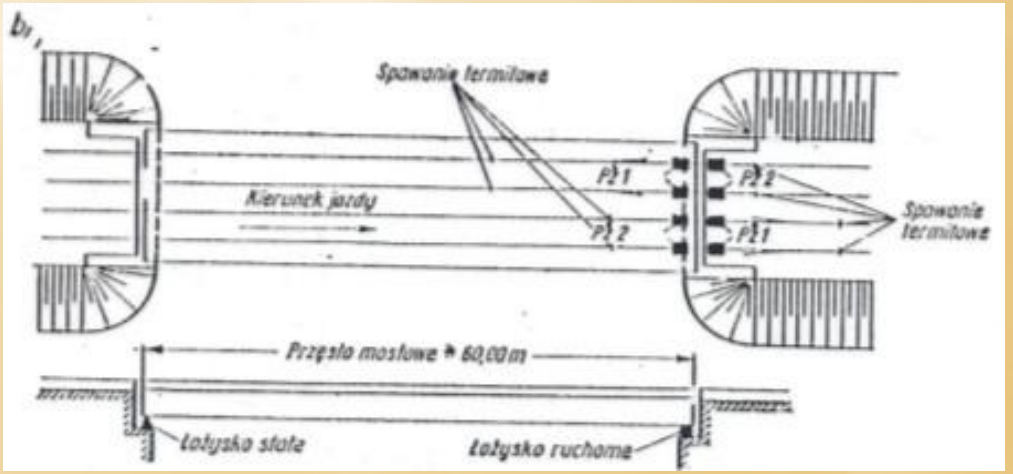
4. Wymagania związane z rozszerzalnością cieplną
   a) Stosowanie szyn długich – unikanie złącz szynowych na obiekcie i 6 m od krawędzi.
   b) Przy rozpiętości obiektu w granicy 20-60 m i konstrukcji toru na mostownicach należy zapewnić możliwość podłużnego przesuwania konstrukcji stalowej obiektu względem toru.
   c) Na obiektach stalowych o długości dylatacyjnej przęseł powyżej 60 m w celu umożliwienia swobody ruchów łożyska ruchomego należy stosować przyrządy wyrównawcze.

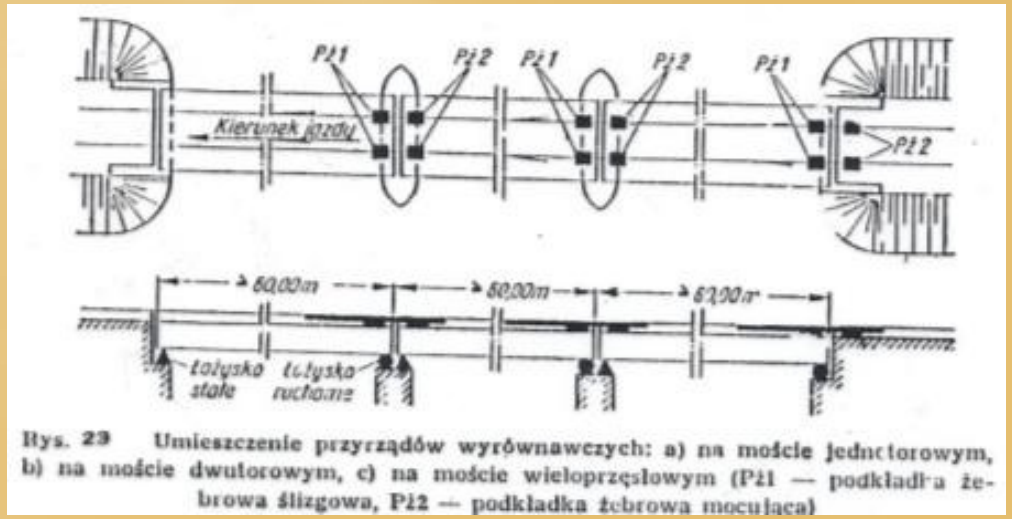


Tor na obiekcie mostowym

4. Wymagania związane z rozszerzalnością cieplną



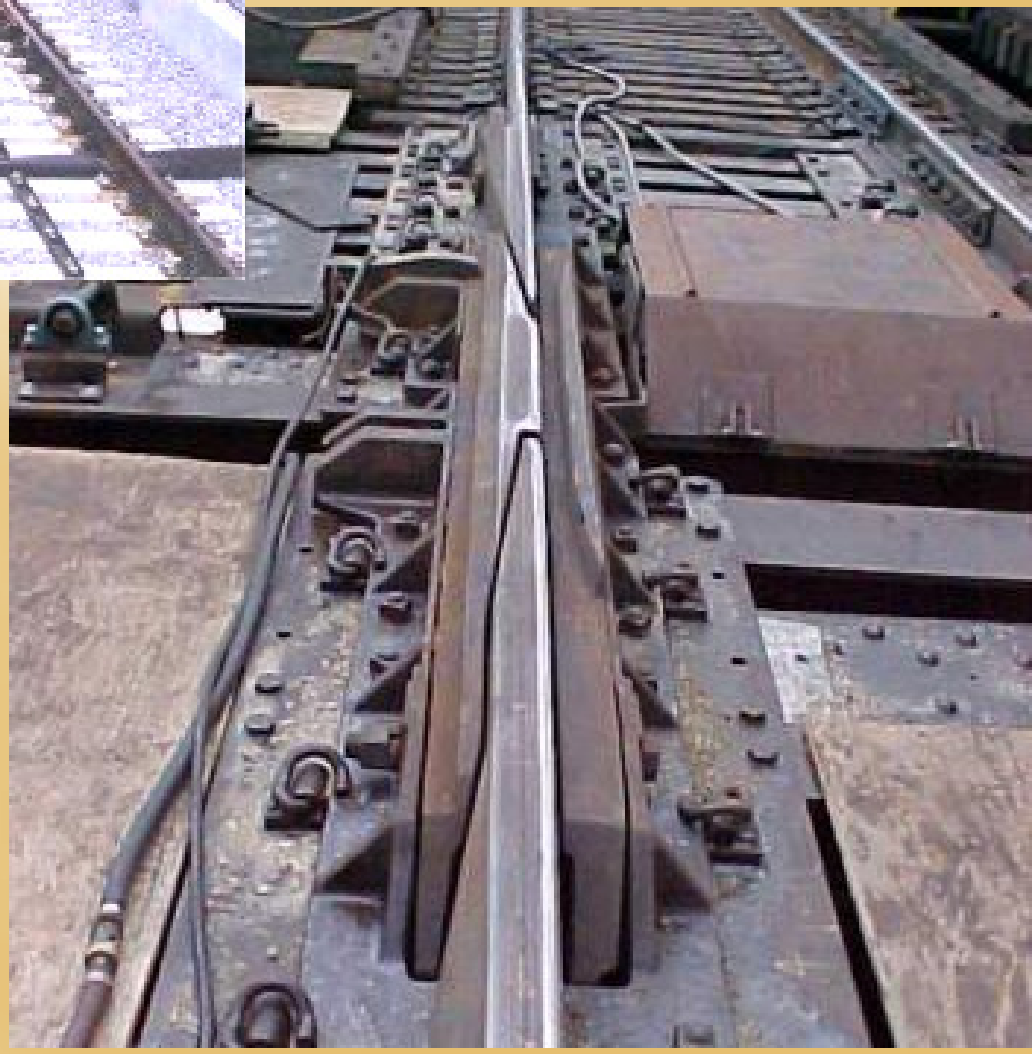




Rys. 23 Umieszczenie przyrządów wyrównawczych: a) na moście jednotorowym, b) na moście dwutorowym, c) na moście wielo przęsłowym (Pż1 — podkładka żebrowa ślizgowa, Pż2 — podkładka żebrowa mocująca)

Tor na obiekcie mostowym





Urządzenia wyrównawcze na obiekcie.

UWAGA:
Na liniach wielotorowych przyrządy wyrównawcze należy układać tak, aby normalny ruch pociągów odbywał się z ostrza przyrządu.

Tor na obiekcie mostowym

5. Wymagania związane bezpieczeństwem

W celu przeciwdziałania ujemnym skutkom w przypadku wykolejenia się taboru na moście na całej długości mostu wewnątrz toru należy układać odbojnice ze starych szyn, kątowników itp. z zachowaniem szerokości żłobka między główkami szyn a odbojnicami - w granicach 190 - 210 mm. Dotyczy to toru:

a) na wszystkich mostach i wiaduktach kolejowych, których rozpiętość przekracza 20 m,

b) na mostach i wiaduktach o rozpiętości w granicach 6-20 m znajdujących się:

- na łukach o promieniach mniejszych niż 350 m oraz na krzywych przejściowych i prostych przylegających bezpośrednio do tych łuków,
- tam, gdzie wykolejenie taboru mogłoby spowodować groźne następstwa: na stacjach, na nasypach wysokości ponad 4 m, pod wiaduktami, których niemasywne podpory znajdują się w odległości mniejszej niż 2,5 m od osi toru oraz przy nastawniach.

Tor na obiekcie mostowym

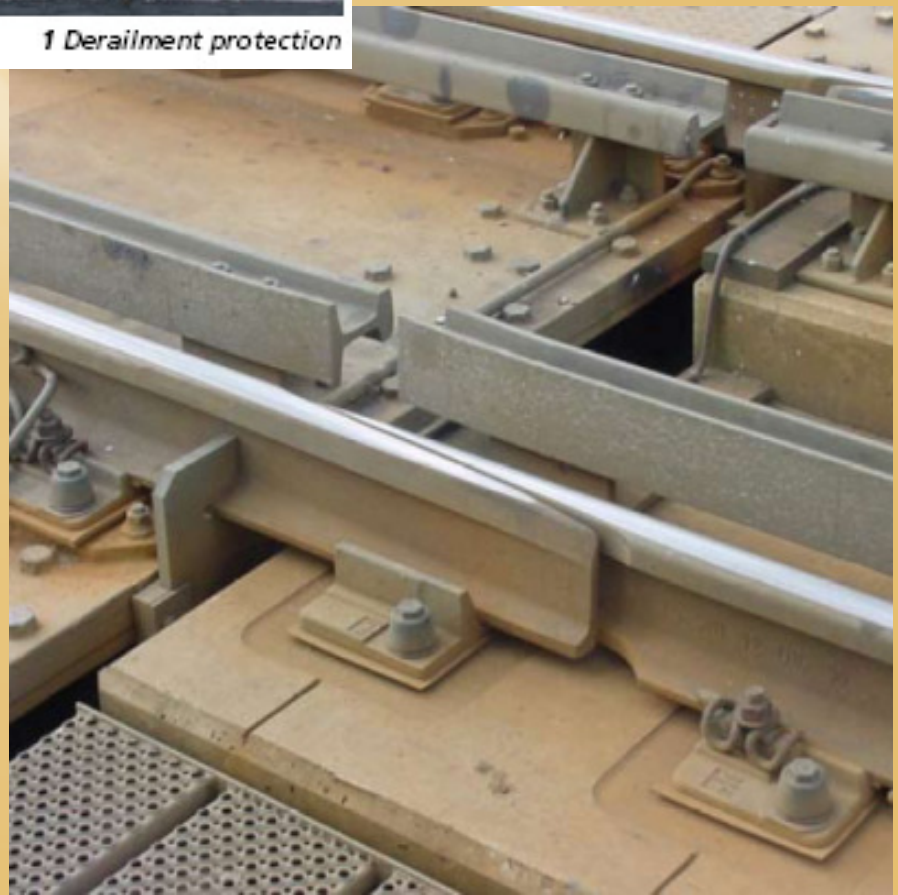




1 Derailment protection

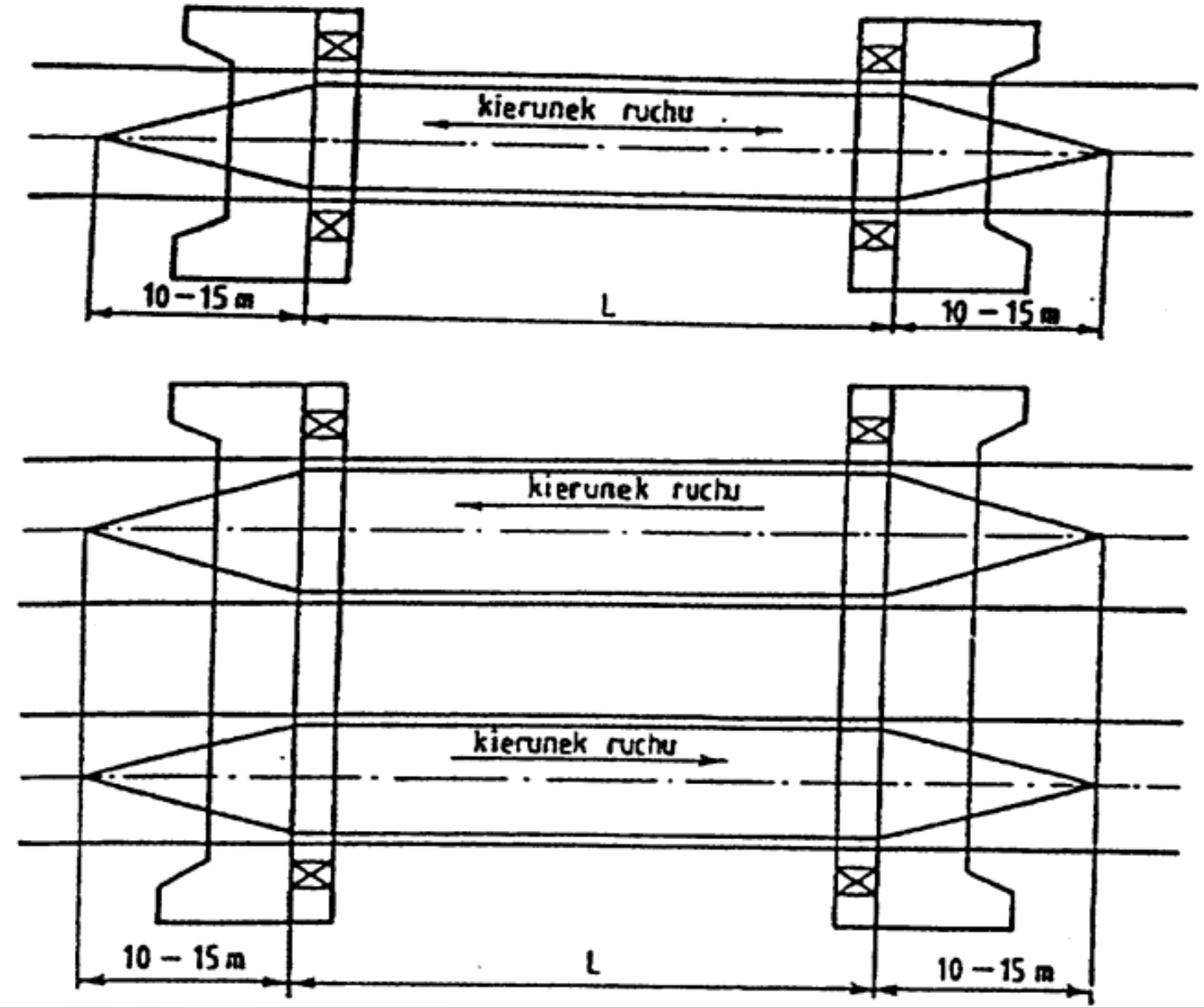
Odbojnica w torze systemu Max Bögl



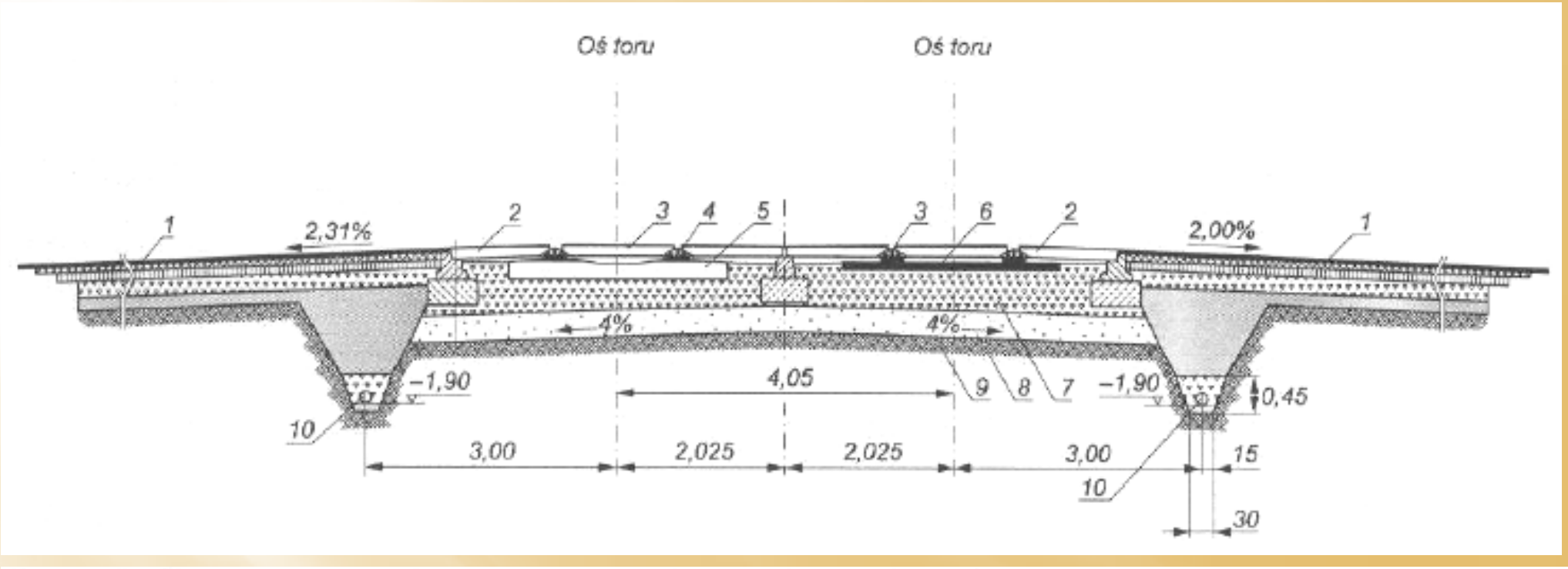


Tor na obiekcie mostowym

Końce odbojnic nie mogą leżeć na rozjazdach przylegających do mostu.
Początek rozjazdu powinien być oddalony od mostu co najmniej 6 m.



Tor na przejeździe kolejowym



Rys. 5.12. Przekrój poprzeczny konstrukcji przejazdu na linii dwutorowej: 1 – nawierzchnia drogi samochodowej, 2 – płyta betonowa zewnętrzna, 3 – płyty betonowe wewnętrzne, 4 – szyna, 5 – podkład betonowy, 6 – podkład drewniany, 7 – podsypka tłuczniowa, 8 – warstwa ochronna z piasku, 9 – podłoże gruntowe, 10 – drenaż odwadniający

Tor na przejeździe kolejowym

Nawierzchnie drogowo-kolejowe na przejeździe:

1. Nawierzchnie gumowe:
   - → system KOLDROG
   - → system Iwiny
   - → system STRAIL

2. Nawierzchnie betonowe:
   a) małogabarytowe:
      - → WPS Mirosław Ujski
      - → system BODAN,

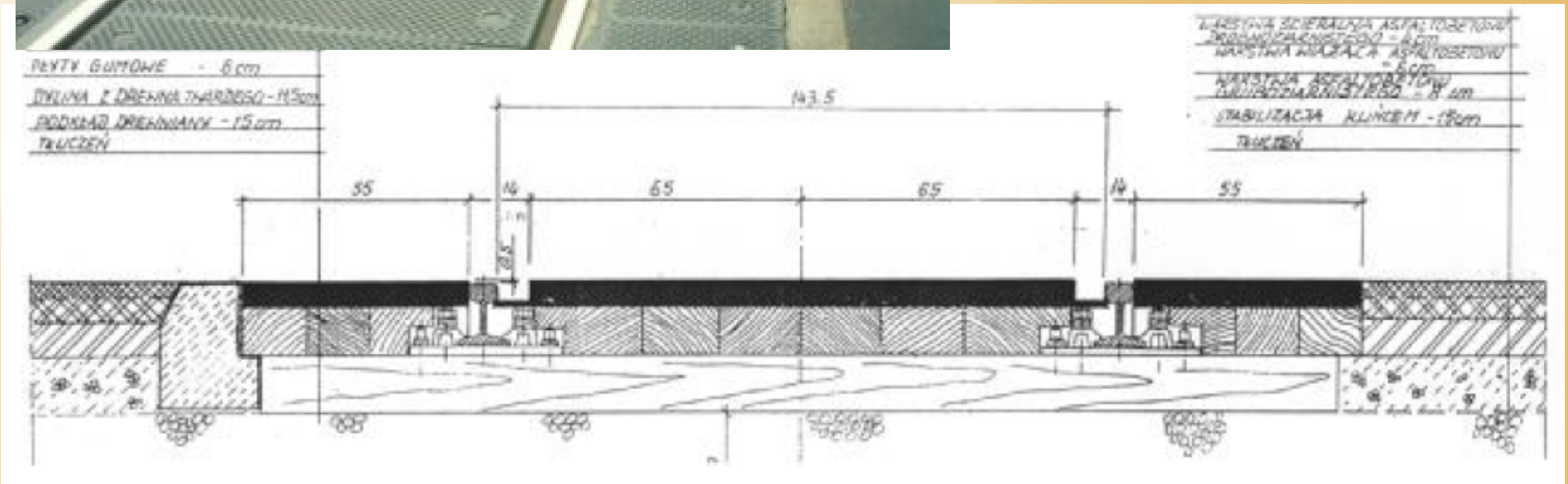
   b) Wielkogabarytowe:
      - → CBP (Wytwórnia Podkładów Strunobetonowych w Bogucicach i w Suwałkach)
      - → Edilon LC-L

3. Nawierzchnie drewniane

KOLDROG

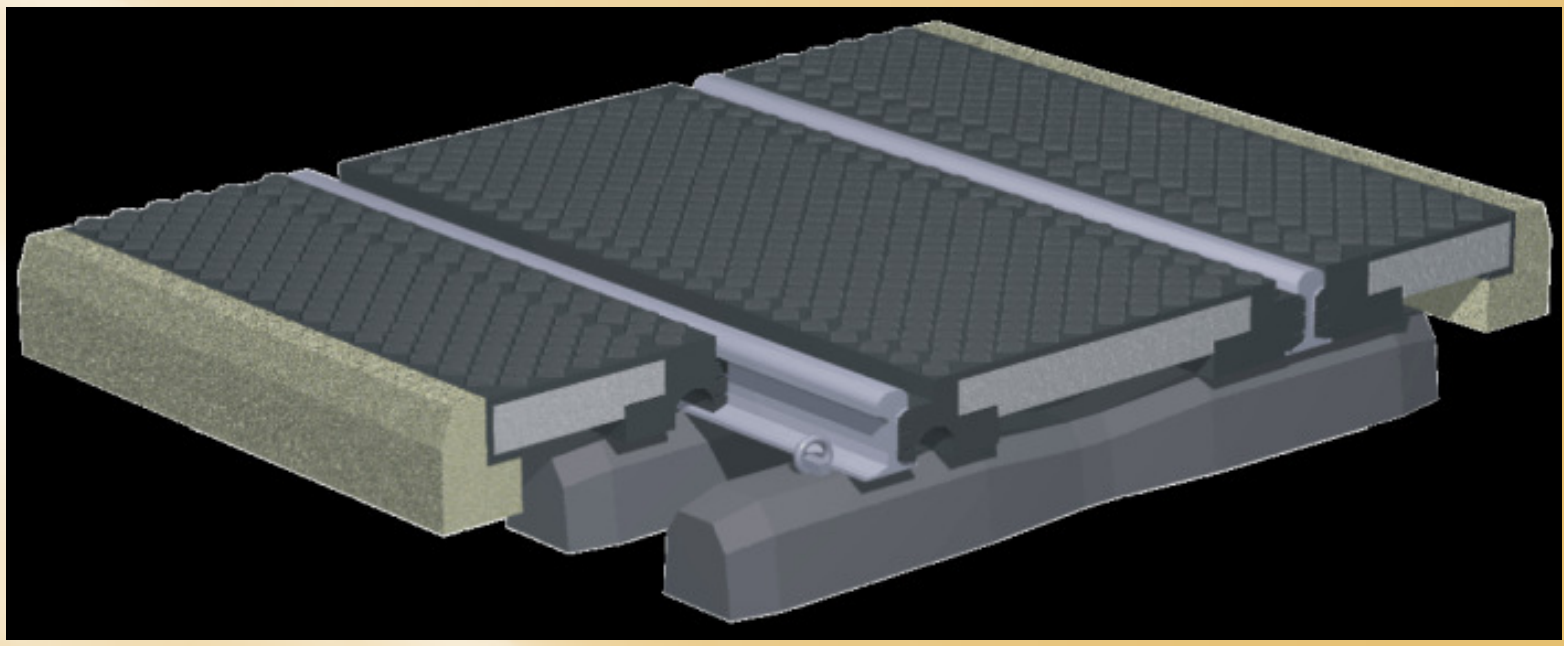


Płyty gumowe na dylinie drewnianej



http://www.koldrog.waw.pl

Iwiny



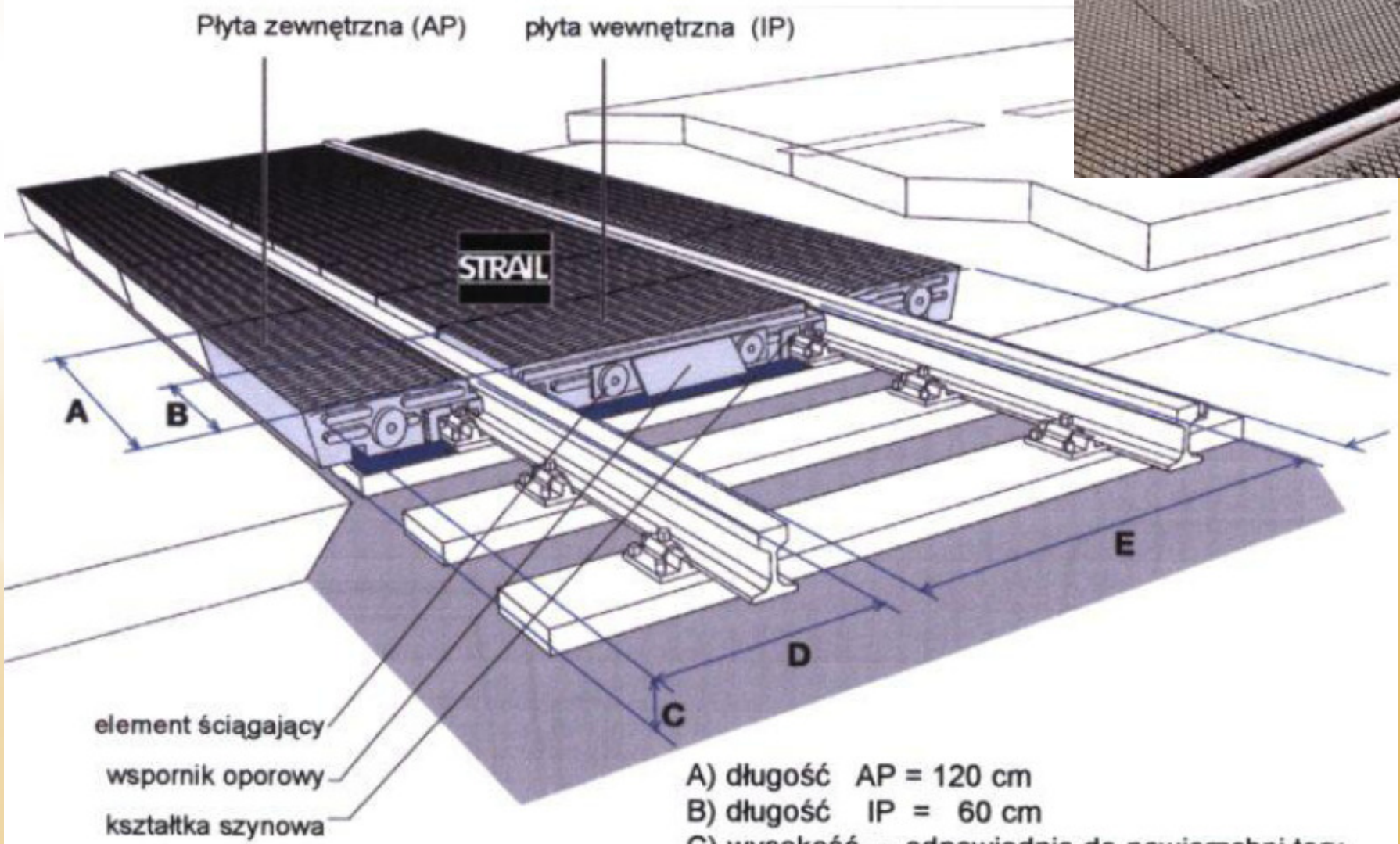
Płyty betonowe pokryte warstwą gumy mogą być stosowane w miejscach gdzie wymagane jest pochłanianie energii dynamicznej, hałasu lub w miejscach występowania napięć elektrycznych.
Szczególnie ważną cechą płyt pokrytych gumą jest ich duży współczynnik tarcia, dlatego zaleca się ich stosowanie w miejscach gdzie istnieje możliwość zanieczyszczenia nawierzchni olejem , a po zastosowaniu odpowiedniego bieżnika, także tam gdzie istnieje niebezpieczeństwo powstawania lodu.
Płyty o wymiarach 90x90x10 cm mogą być produkowane jako pojedynczo zbrojone lub podwójnie zbrojone stalowymi siatkami (górna z prętów o 8 mm, dolna z prętów o 10 mm), o oczkach 140 mm.

http://zwg.com.pl/portal2/

http://www.strail.de/

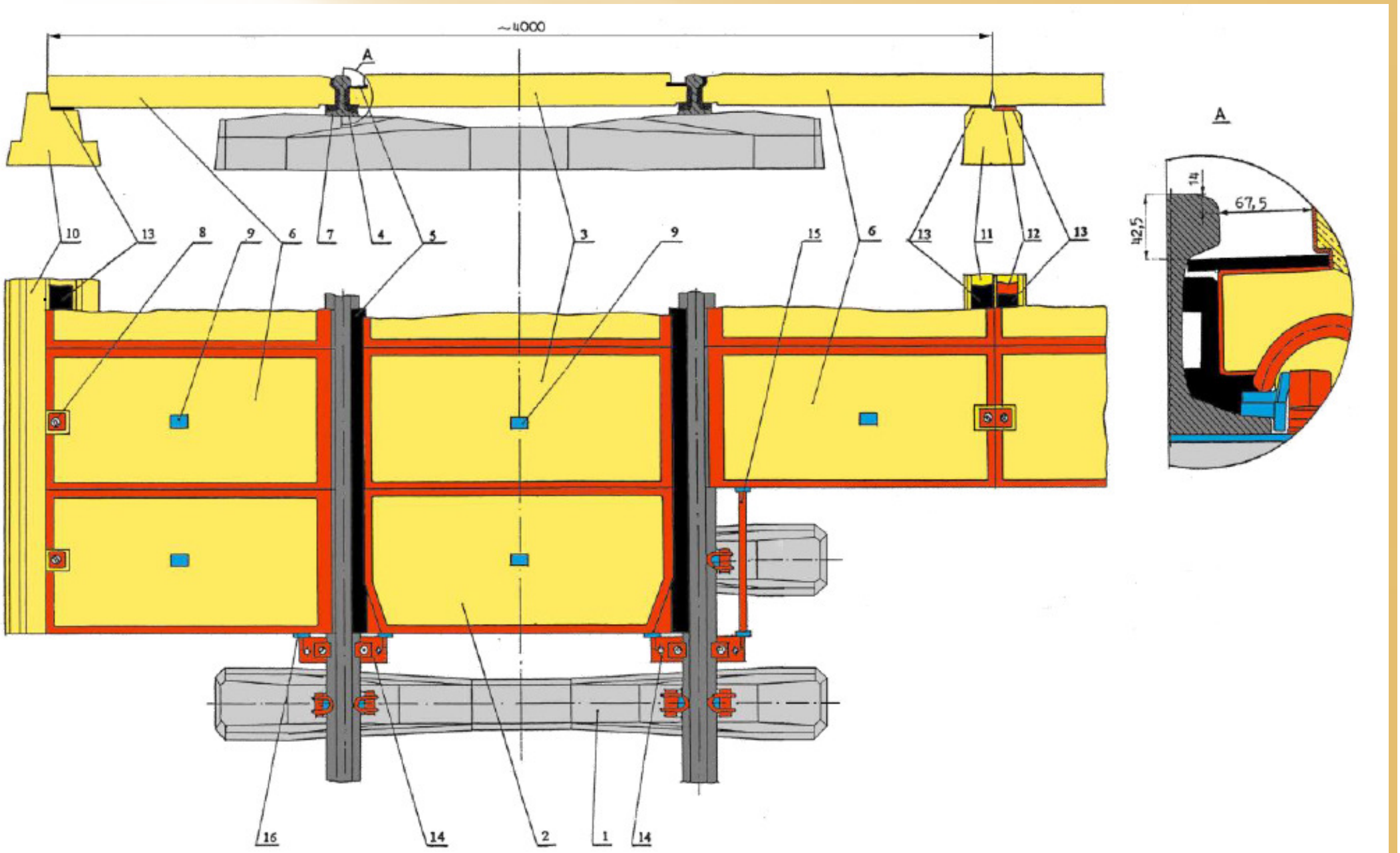
STRAIL





A) długość AP = 120 cm
B) długość IP = 60 cm
C) wysokość - odpowiednio do nawierzchni toru
D) szerokość AP / standard / = 59,1 cm
E) szerokość IP – odpowiednio do rozstawu szyn

Mirosław Ujski



http://www.wps-sa.com.pl

Mirosław Ujski



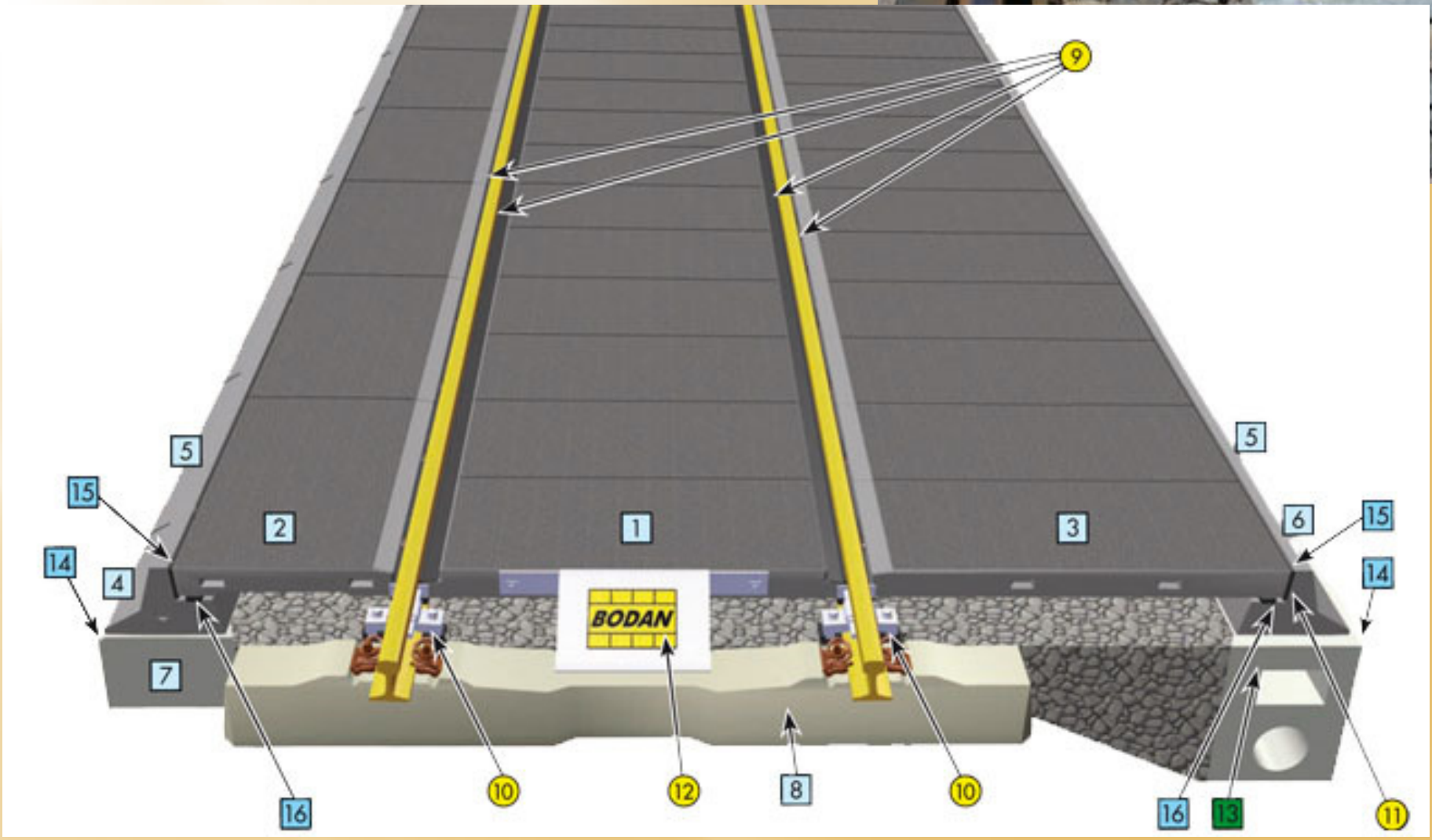
Oznaczenia :

1. Podkład kolejowy
2. Płyta przejazdowa wewnętrzna skrajna
3. Płyta przejazdowa wewnętrzna
4. Amortyzator wewnętrzny
5. Pas gumowy uszczelniający
6. Płyta przejazdowa zewnętrzna
7. Amortyzator zewnętrzny
8. Wkręt mocujący
9. Korek poliuretanowy
10. Belka podporowa zewnętrzna
11. Belka podporowa wew. z uskokiem
12. Listwa mocująca
13. Pas gumowy amortyzujący
14. Uchwyt oporowy
15. Łącznik oporowy
16. Nasadka polietylenowa

BODAN

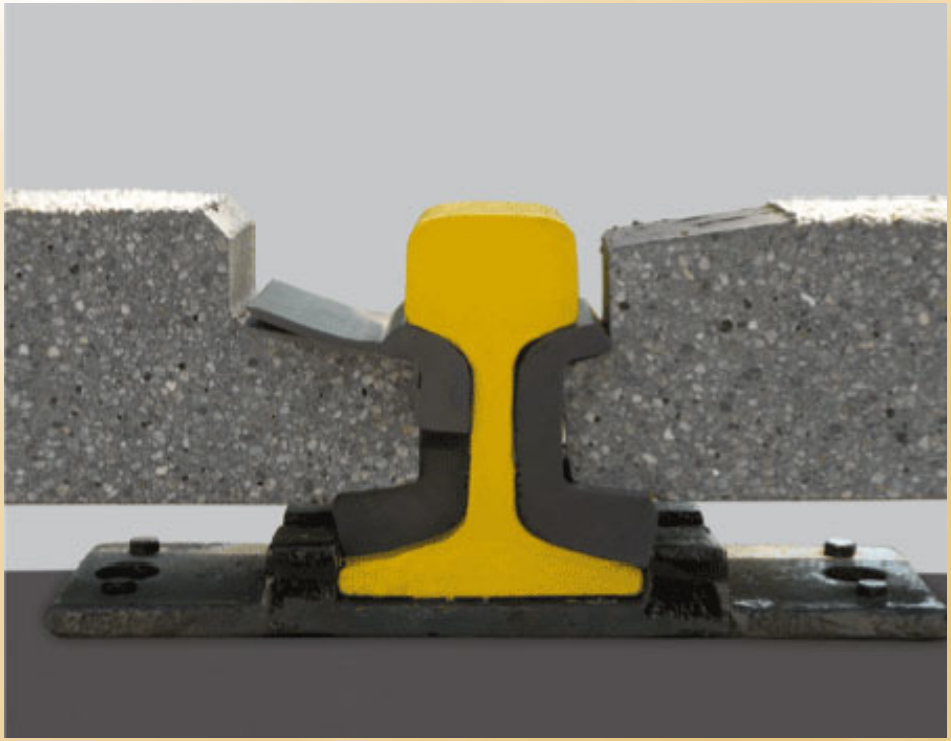


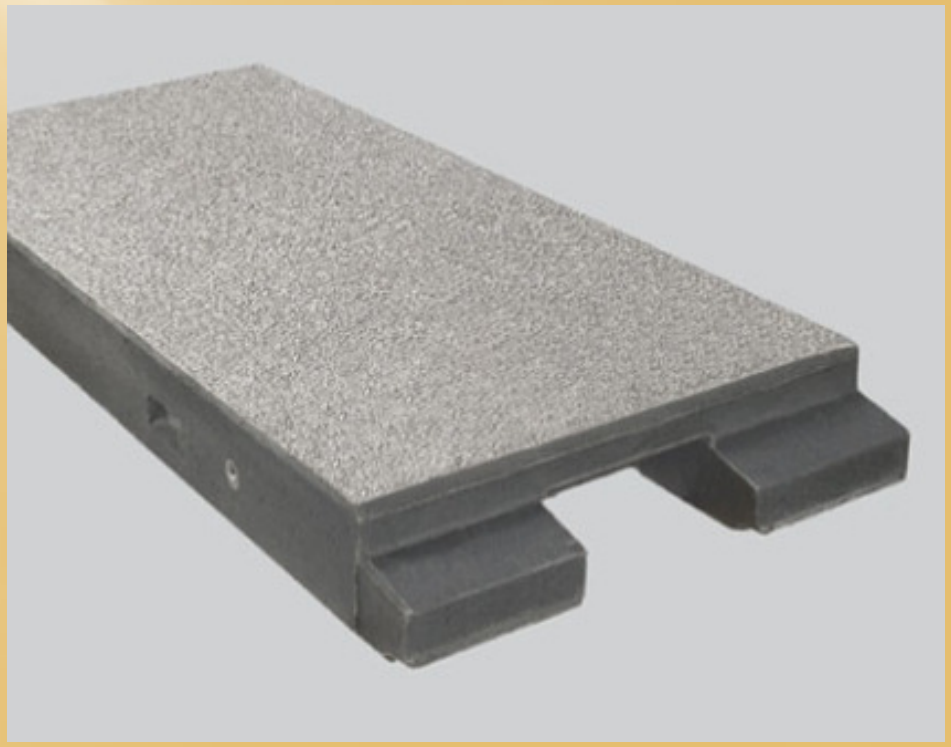
http://www.gmundner-ft.at/



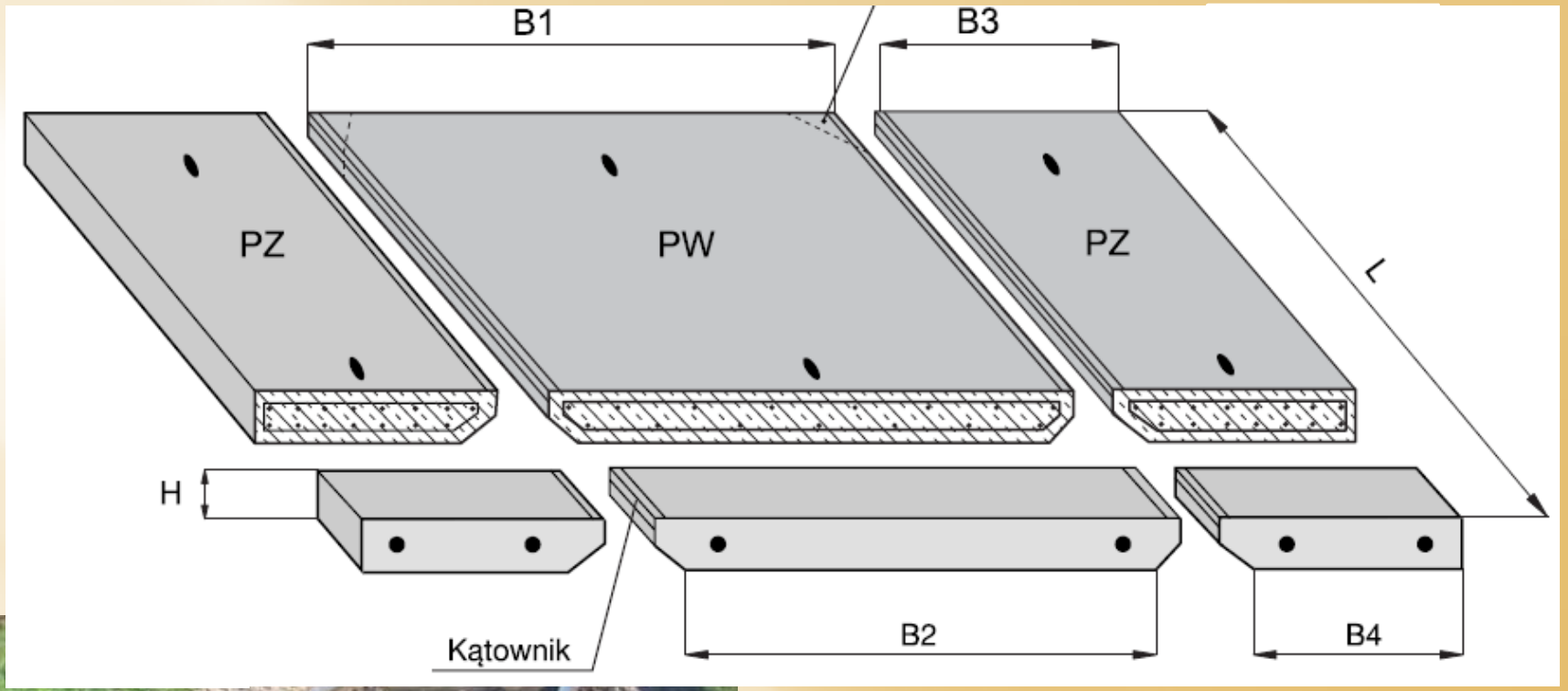
BODAN







CBP





WPS Bogucice/Suwałki

http://www.strunbet.pl/

Nawierzchnia drewniana

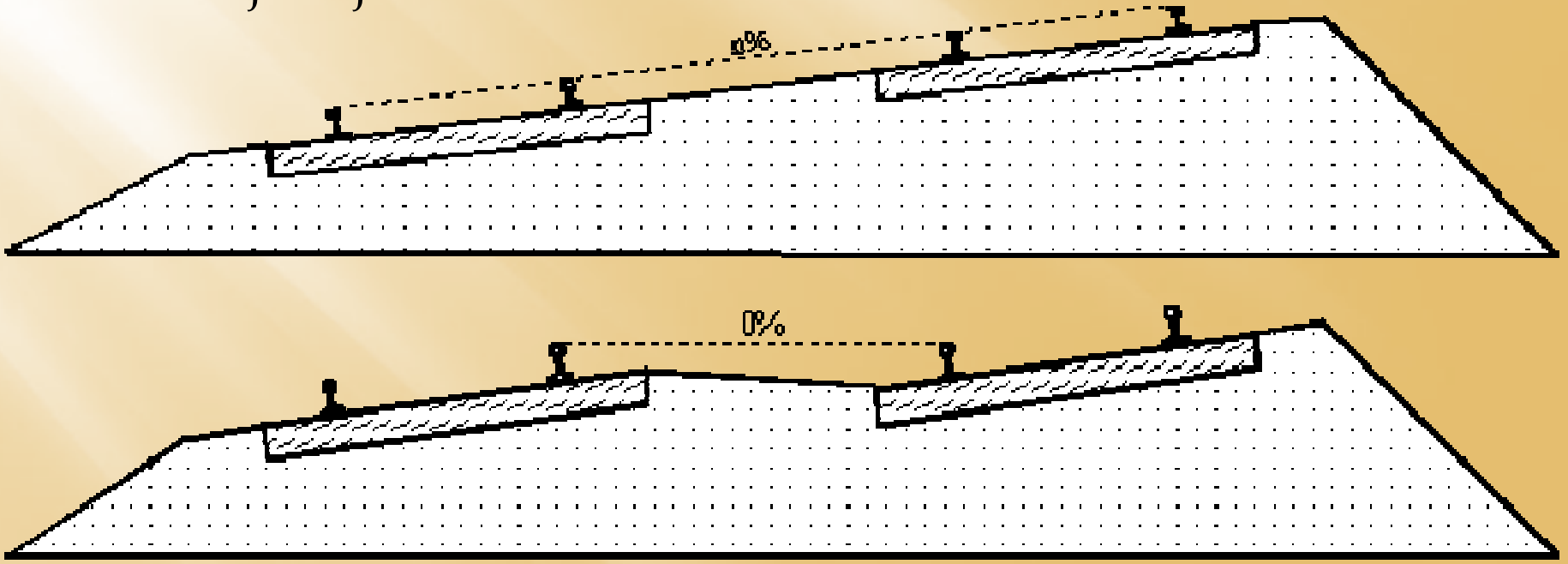


Elementy drewniane: deski, dylina lub podkłady kolejowe

Tor na przejeździe kolejowym

Geometria toru w łuku na przejeździe

1. Łuk poziomy toru kolejowego w obrębie przejazdu powinien posiadać promień umożliwiający ułożenie w przekroju poprzecznym toru obu toków szyn w poziomie lub pochyleniu poprzecznym, zgodnie z pochyleniem podłużnym drogi w obrębie przejazdu, nie przekraczającym 2,5%,
2. Przejazdu nie należy projektować na odcinku krzywej przejściowej linii kolejowej.



Odstępstwo dla dróg wojewódzkich, gminnych oraz lokalnych miejskich i zakładowych

Stabilizacja nawierzchni



Specjalne maty stabilizujące położenie ziaren podsypki
na linii dużych prędkości w Japonii.

Stabilizacja nawierzchni



Stabilizacja podsypki tłuczniowej za pomocą piany poliuretanowej wstrzykniętej w okienka międzypodkładowe

Stabilizacja nawierzchni



Stabilizacja podsypki tłuczniowej za pomocą żywicy natryskiwanej powierzchniowo