

# Vasúti pályaszerkezetek

## Railroad Track Systems

### Structuri de căi ferate

KÖLLŐ Szabolcs Attila, Dr. Köllő Gábor

Kolozsvári Műszaki Egyetem

#### ABSTRACT

*In the process of designing railway structures, an important role is played by the selection of railway superstructures` type, since it directly influences the load bearing layers. In making this decision, the most important aspect is the technical condition of the railway system, which must be improved due to the increased speed and axle load of railway traffic. Mainly the increased traffic loads have forced the railway construction engineers to seek for alternative solutions in this issue, replacing the classical ballasted railway superstructures with a system which meets the needs of a high speed railway structure. This led to the development of ballasted railway systems, of which several types will be discussed below.*

#### ÖSSZEFOGLALÓ

*A vasúti pályaszerkezet kialakításánál nagyon fontos kérdés, a felépítmény szerkezetének meghatározása, amely közvetlen hatással van az alépítmény (a teherviselő rétegrendszer) megtervezésére.*

*Természetesen ennek a kérdésnek a megválaszolásában a legfontosabb szempont a vasút üzemvitele, amely a vasút fejlődésével, a közlekedő vonatok sebességének és terhelésének növelését igényli.*

*A forgalmi igénybevételek növekedése volt az a pont, amely arra ösztönözte a vasútépítő mérnököket, hogy egy alternatív módszert dolgozzanak ki, annak érdekében, hogy a hagyományos keresztaljas felépítményeket helyettesíthessék a nagysebességű vasutak igényeit kielégítő pályaszerkezetekkel. Így jelentek meg az ágyazatonkívüli felépítményrendszerek, amelyeknek egyes típusaival az alábbiakban ismerkedhetünk meg.*

**Kulcsszavak:** zúzottkő ágyazat, ágyazatonkívüli felépítményrendszer, pontszerű alátámasztás, folytonos alátámasztás.

#### 1. BEVEZETÉS

A vasúti felépítményeket az ágyazat típusa szerint két kategóriába sorolhatjuk:

A). Zúzottkő ágyazatos felépítmény

B). Merevlemezes (zúzottkő ágyazat nélküli) felépítmény

Aa zúzottkő ágyazatú, keresztaljas vágány az idők folyamán jól teljesített, és a korszerűsítéseknek köszönhetően ma is széles körben használják világszinten. Az utóbbi évtizedek megnövekedett igénybevételeinek köszönhetően, több alkalommal is felmerült e pályaszerkezet megváltoztatásának az igénye. Főleg a sebesség növekedése kényszerítette gyors lépésre a vasútépítő mérnököket.

Így alakult ki az ágyazat nélküli, merevlemezes pályaszerkezet fogalma, amelynek lényege, hogy a pályalemez biztosítja a vágányok vízszintes és függőleges megtámasztását, illetve biztosítja a sínek szilárd rögzítését megakadályozva, hogy a pályaszerkezet elmozduljon a közlekedő járművek hatására. És ezzel sikerült kiküszöbölni a zúzottkő ágyazatos felépítmény rendszerek legkedvezőtlenebb tulajdonságát, a térben és időben egyaránt jelentkező, terhelések hatására bekövetkező egyenlőtlen mértékű és maradandó alakváltozásokat, amely a pályageometria fokozatos romlásához vezet [1,3,4,8].

## 2. A VASÚTI PÁLYASZERKEZETEK OSZTÁLYOZÁSA A FELÉPÍTMÉNY FÜGGVÉNYÉBEN

A vasúti pályák felépítményszerkezetéhez tartozó aljak szerepe a nyomtávolság biztosításában, a sínek alátámasztásában, azok eldőlésének biztosításában illetve a vágányt érő hossz- és keresztirányú erők egyenletes elosztásában nyilvánul meg.

A felépítmény függvényében a pályaszerkezeteket a következőképpen csoportosíthatjuk [1,2,7]:

- A) Zúzottkő ágyazatos felépítmény:
- Keresztaljas pályaszerkezet;
  - Magánaljas pályaszerkezet;
  - Hosszaljas pályaszerkezet;
  - Rácsos (vegyesaljas) szerkezet;
- B) Merevlemezes (zúzottkő ágyazat nélküli) felépítmény:
- Pontszerű (diszkrét) alátámasztás
    - Keresztaljas pályaszerkezet;
    - Keresztalj nélküli pályaszerkezet.
  - Folyamatos sínalátámasztás
    - Kiöntött síncsatornásrendszer;
    - Megtámasztott sínszál.

## 3. ÁGYAZATOS ÉS ÁGYAZAT NÉLKÜLI, MEREVLEMEZES FELÉPÍTMÉNY-SZERKEZETEK ÁLTALÁNOS JELLEMZŐI

### 3.1. Ágyazatos felépítményszerkezetek

Napjainkban is, a felépítményszerkezetek alaptípusa a zúzottkő ágyazaton fekvő keresztalj maradt, amely a járműteher áthaladásakor keltett dinamikus terheléseket az ágyazatra vezeti. Az ágyazat legfontosabb szerepe abban nyilvánul meg, hogy a vasúti pályán, a járműteher hatására megjelenő terheléseket az aljakról az alépítményekre továbbítsa, és elnyelje a dinamikus terhelésekből adódó energiát.

Ugyanakkor fontos szerepe van a pályageometria, a vágányok függőleges és vízszintes geometriájának megfelelő biztosításában, illetve, abban, hogy a forgalomsűrűség és egyéb külső hatások következtében megjelenő hibákat, stabil, állandó vágányszabályozási munkákkal könnyen, pontosan lehessen kijavítani [2,5,6].

### 3.2. A zúzottkő ágyazat jellemző tulajdonságai

Az ágyazat anyagát tekintve többféle anyagot használtak a különböző vasúttársaságok az idők folyamán, az éppen rendelkezésre álló közettípusok függvényében: homokos kavics, salak anyag, zúzottkő.

Azonban a korszerű vasúti közlekedésnél egyre jobban növekednek az ágyazattal szembeni követelmények, amelyeknek szinte kizárólagos jelleggel csak a zúzottkő ágyazatok feleltek meg és itt is döntően a vulkanikus eredetű kőzeteket lehet kiemelni (bazalt, gránit, andezit, gabbrót, porfirt).

A legelterjedtebben használt zúzottkő ágyazatos, keresztaljas vágány előnyei között említhetjük a következőket:

- kedvező teherelosztás;
- jó nyomtávartás, síndőlés biztosítás;
- kedvező keretmerevség;
- a vágány teherbírása az aljak sűrítésével nő;
- a vágányfektetési és a szabályozási munkák könnyen elvégezhetők és gépesíthetők;
- a vízelvezetés jól megoldható.

Azonban az éles törésű, poliéderes alakú zúzottkőből álló ágyazatoknak nagy hátrányt jelent az elaprózódás és elszennyeződés folyamata. Az elaprózódás folyamata az üzemi terhelés közben megjelenő ütőerők hatására, vagy az aláverési munkák során a kalapácsok lesüllyesztésekor a szemcsék roncsolódásával kezdődik el, míg a hézagterefogatok feltöltődését ágyazatidegen anyagokkal, azaz az elszennyeződést, a szél hordta anyagok, növényi maradványok, esetleg a szállítójárművekből a pályatestre lehulló anyagok ágyazatba jutása, illetve az alépítményből, az ágyazatba felnyomódó finomszemcsék (nem megfelelő alépítményi védőréteg esetén) indíthatják el.

Ha a fent említett két negatív jellegű folyamat során megjelenő töltőanyag olyan mennyiségben van jelen, hogy nem csupán „úszik” az anyagszemcsék között, hanem részt vesz a teherviselésben, a zúzottkő ágyazat tulajdonságai megváltoznak, szimulációs kísérletek szerint az ágyazat tulajdonságai akár 50–70%-al romlanak, amelyek közvetlen kihatással vannak a pályageometriára és a közlekedési feltételekre [2,3,6].

### 3.2. Az ágyazat nélküli (mrevlemezes) felépítményszerkezet jellemzői

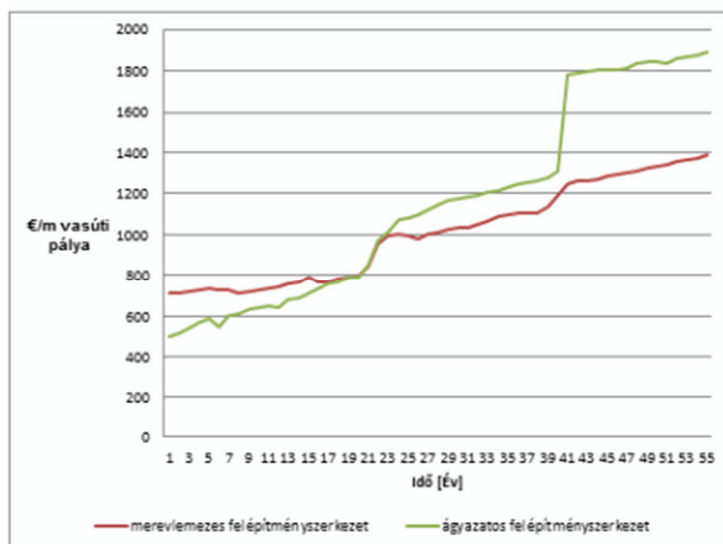
A vasúti közlekedés fejlődésével az ágyazattal kapcsolatban egyre gyakrabban merültek fel az ágyazatellenállás, az anyagminőség, az alakváltozások, a pálya – jármű dinamikus kölcsönhatása, a szennyeződés kérdései, és amint az előző részben is látható, mai napig fejtörést okoznak a vasútépítő mérnököknek ezek a kérdések, így egy alternatív megoldást az ágyazat nélküli (mrevlemezes) felépítményszerkezetek bevezetése jelentett, amelyek számos előnyös tulajdonsággal bírnak a hagyományos, ágyazatos pályaszerkezetekkel szemben [1,3,4]:

- A hagyományos kialakítású vágányokhoz képest kedvezőbb vonalvezetés alakítható ki, ugyanazon tervezési sebesség esetén, és a síneket alacsonyabb hőmérsékleten is le lehet fektetni;
- A fekszint, irány és tülemelés jellemzők változásmentesen megvalósíthatóak, ez a vágányszabályozási munkák elmaradását illetve a pálya és a járművek kopásaiánk csökkenését eredményezi;
- Kisebb a szerkezeti önsúly és magasság;
- Nagyobb oldallellenállást biztosít a vágánynak, így magasabb az üzembiztonság, mivel a dinamikus igénybevételekből, illetve a hőmérsékleti hatásokból származó oldalirányú erők felvétele íves szakaszokon is megfelelő mértékű;
- Kedvezőbb feszültségviszonyokat teremt az alépítményben, a feszültségeloszlás egyenletesebb, a feszültségcsúcsok is elmaradnak;
- A növényzet nem képes átnőni, nem kell tartani a szennyeződés folyamatától így az ezekre fordított pályafenntartási költségek elmaradnak;
- A szerkezet üzemi élettartama 50–60 év körül van, ami jóval meghaladja a zúzott kőágyazatok 30–40 éves élettartamát;
- A kedvező állékonyságnak köszönhetően nagyobb az utazási komfort az egyenletes járműfutások miatt;
- Lehetővé teszi az örvényáramú fékek használatát, a rövidebb fékezési távolság biztosítása érdekében, a vágány stabilitásának veszélyeztetése nélkül;
- Lehetséges a zúzottkőes felépítményre meghatározott 150 mm-es értéknél jóval nagyobb (180-200 mm) tülemelés kialakítása is, ami kisebb sugarú körívek építését eredményezi.

Viszont szerkezetükből adódóan, ezeknek a pályaszerkezeteknek is vannak hátrányaik a hagyományos zúzottkő ágyazatú pályaszerkezetekhez képest:

- Kivitelezés szempontjából nagyobb az időigénye és költségesebb, illetve nagyon pontos kivitelezési munkát igényel, ugyanis az esetleges hibák kijavítása utólag hatalmas költségekkel járhatnak, esetenként a szerkezeti elemek teljes cseréjét teszi szükségessé;
- Bár a várható üzemi élettartamát 50–60 évre becsülik, ez a kivitelezési előírások pontos betartását igényli, illetve, hogy ne ériék a szerkezetet olyan váratlan hatások, amelyek nehezen kijavítható károkat okozhatnak (pl.: kisiklás), ugyanis ezek ugyancsak a szerkezeti elemek teljes cseréjét, és hosszabb idejű pályalezárásokat igényelnek;
- A pályageometria jellemzőinek (fekszint, irány, felfekvés, stb.) szabályozási lehetőségei vízszintes és függőleges irányban sokkal korlátozottabbak, mint a hagyományos felépítményszerkezetek esetén, ezért nagyon kell figyelni az alépítményeknél jelentkező talajsüllyedésekre;
- Földrengéses vagy gyenge talajjal rendelkező övezetekben nem javasolt ezeknek a szerkezeteknek a használata;
- Rezgés- és zajcsillapítás megoldása (5dB);
- Átmeneti szakaszokat kell kialakítani a mrevlemezes és hagyományos pálya találkozásánál.

Amikor a két pályaszerkezet közötti különbséget vizsgáljuk, a legfontosabb kérdés, amire választ kell keresni: melyik rendszer hol és mikor teljesít jobban? (1. ábra)



1. ábra

*A fenntartási költségek változása az idő függvényében [3]*

#### 4. AZ ÁGYAZAT NÉLKÜLI FELÉPÍTMÉNYSZERKEZETEK

Először a földalatti vasutaknál vált szükségsszerűvé egy alternatív módszer megalkotása a zúzottkő ágyazat helyettesítésére. Ennek oka, hogy az alagutakban, a zúzottkő ágyazat kedvezőtlen tulajdonságai fokozottabban jelentkeztek.

A városi vasutaknál szerzett tapasztalatokat felhasználva, több vasúttársaság is felismerte a merevlemez pályaszerkezetek lehetőségének alkalmazását a nagyvasutak esetén is, elsősorban a nagysebességű vasutak körében bizonyultak előnyösnek.

Jelenleg is tart világszerte a merevlemez pályaszerkezetek a korszerűsítése, egyre több és speciálisabb igényt kielégítve. Amint a fentiekben is látható volt, két fő típusuk van: a pontszerű (diszkrét) sínalátámasztást biztosító-, és a folyamatos sínalátámasztást biztosító rendszerek [1,3].

##### 4.1. A legnépszerűbb ágyazat nélküli rendszerek napjainkban

###### 4.1.1. A Rheda-rendszerű ágyazat nélküli felépítmény

A Német Szövetségi Vasutak (DB) szakemberei az 1970-es években kezdték el az ágyazat nélküli felépítményszerkezetek intenzív fejlesztéssorozatát, amelynek egyik, világszinten is legelterjedtebb típusa a Rheda – rendszer.

Ennek a típusnak egyik kedvező tulajdonsága, hogy hosszú ideje használatban vannak, így rengeteg kísérlet és tapasztalat áll a szakemberek rendelkezésére, hogy a legszigorúbb elvárásoknak is megfeleljenek. Így az idők folyamán több típusa is megjelent, különféle elvárásoknak megfelelően.

Ennek is köszönhető, hogy jelenleg, világviszonylatban a legelterjedtebb rendszernek számít, 400 km-en építették be Németországban, 150 km-en Hollandiában, 52 km-en Tajvanon, 56 km-en Spanyolországban, 40 km-en kísérleti szakasz formájában Kínában, 22 km-en Görögországban.

Az első Rheda-rendszert (Rheda Classic) 1972-ben fektették le Németországban, a Bielefeld–Hamm vasútvonalon, és napjainkban is használatban van.

A síneket B 70 jelű, 60 cm-es kiosztással fektetett, feszített betonlajokra kötötték le. A pályaszerkezet teherhordó lemeze egy 14 cm vastag, legalább C30/35-ös minőségű betonlemez, hossz- és keresztirányú lágyvasalással, amely az ívben az emelést is megadó helyszíni betonra került. Az építés során a teherhordó pályalemezre helyezett betonlajkat a kiszabályozás után kiékelik, ezután történik a keresztaljak alatti hézag és a keresztalj közötti tér kibetonozása.

A betonlajak, a közöttük levő kitöltőbeton, és a vasbeton alaplemez együttdolgozását, az alaplemezről kinyúló acélfülek, valamint a betonlajakon átfűzött 3db huzal biztosítja. (2. ábra)

Az alaplemez alatt 20 cm vastag Styrofoam hőszigetelő könnyűbeton réteget és 15cm vastag cementes stabilizációt építettek be. Rugalmas leerősítést a sínaljak alatt elhelyezett közbetétek biztosították. A pályaszerkezet hosszanti mozgását a két végén, az altalajba alapozott ellenfalak akadályozták meg [2,3].

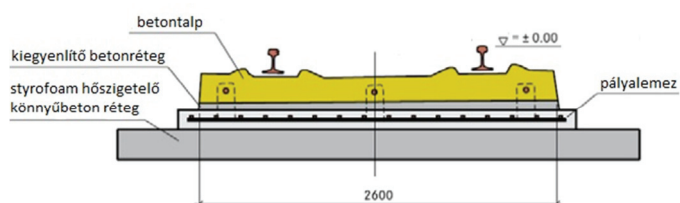


2. ábra

*Az első, 1972-ben lefektetett Rheda-rendszer [6]*

A rendszer megalkotói a következő alapelveket követték:

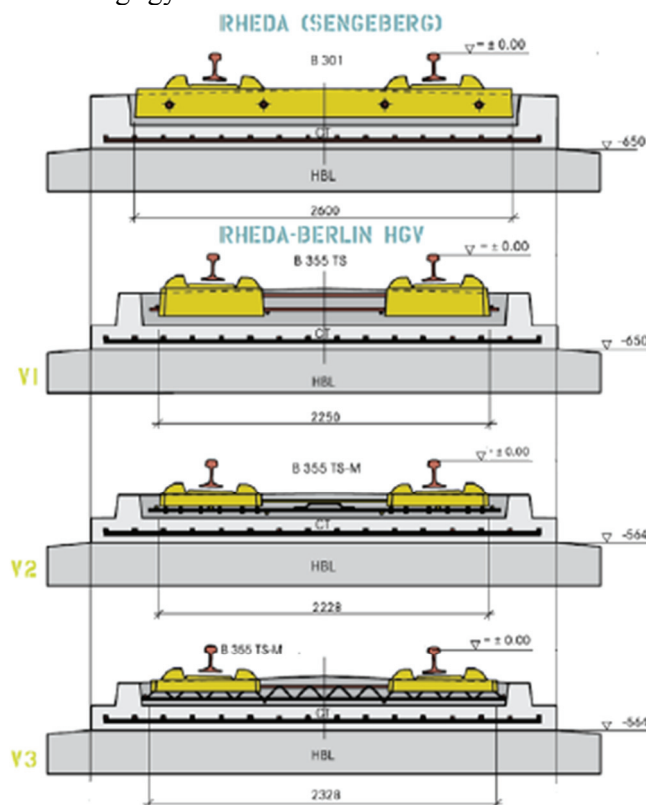
- A hajlításra igénybe vett pályalemezek a terhelést egyenletesen osszák el;
- A sínek rugalmasan legyenek alátámasztva;
- 50 mm-ig lehetséges legyen a magassági korrekció;
- A nyílt szakaszokon, hidakon és alagutakban használt szerkezeti megoldások azonosak legyenek az átmeneti szakaszok kiküszöbölése érdekében.



3. ábra

*Rheda (Classic) 1972*

Az első igazán nagy változás az alapréteg szerkezeti összetételében következett be, amely egy 30-35 cm hidraulikusan kötött teherhordó réteget és egy 20-25cm vastag fagyvédő réteget foglalt magába. Az alapréteg szerkezeti felépítése megmaradt napjainkig ebben a formában, viszont a felépítmény szerkezete több változáson is átesett, amint ez a 4. ábrán megfigyelhető.

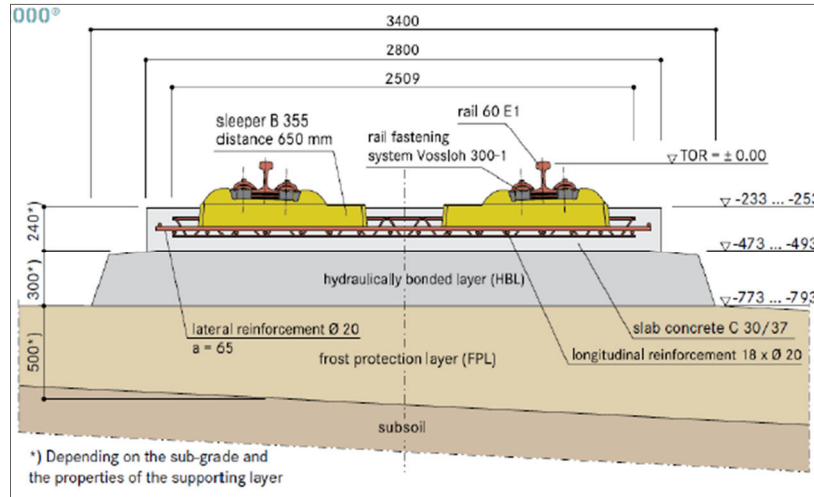


4. ábra

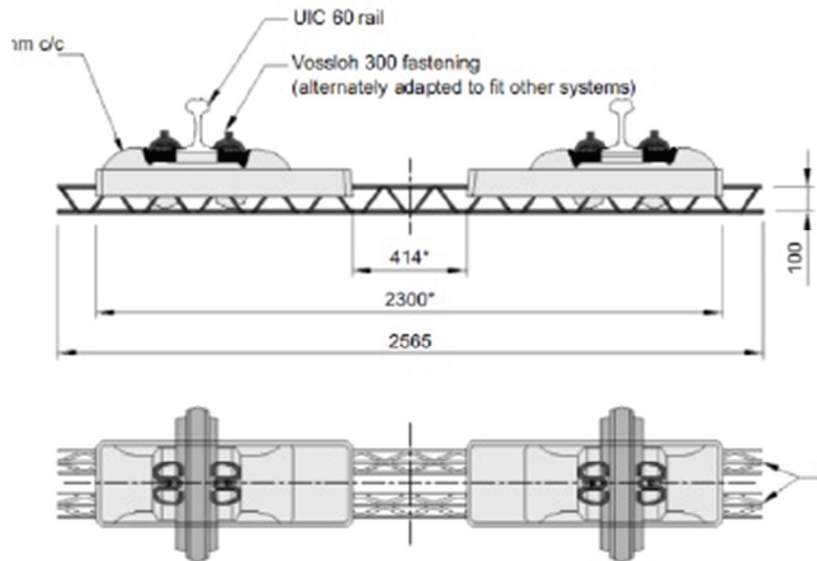
*A Rheda-rendszer fejlődése [6]*

Jelenleg a rendszer legfejlettebb típusa a Rheda 2000, amely az 5. illetve 6. ábrákon látható. Ez a rendszer nagyon rugalmasnak bizonyul a különböző tervezési feltételek teljesítésében. Főbb jellemzői:

- A B 355 W60M SBS típusú kétblokkos aljak egy rácsos szerkezetű, acél keresztartóval vannak merevítve;
- Az aljak a szerkezet, monolit, teherviselő alaplemezeire beágyazva fekszenek fel;
- A jobb teherelosztást az alépítményre illetve a rezgéscsillapítást és ezáltal a jobb utazási komfort biztosítását a rugalmas, Vossloh 300 típusú sínleerősítések biztosítják.



5. ábra:  
A Rheda 2000 rendszer [6]



6. ábra  
A Rheda 2000 rendszerénél használt B 355 W60M kétblokkos aljak [6]

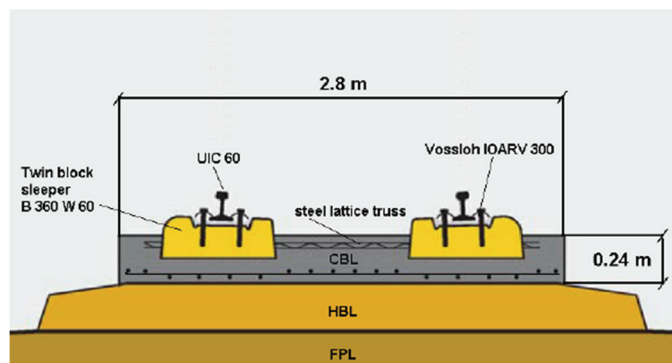
#### 4.1.2. Züblin-rendszerű ágyazat nélküli felépítmény

Ennek a rendszernek a fejlesztése szintén az 1970-es évek elején kezdődött Németországban, amelynek legfőbb célja, hogy gyorsítsa a kivitelezési és összeszerelési munkákat célgépek segítségével és ezzel csökkentse a költségeket.

A beton aljakat fektetőgéppel, egyesével, 65 cm-es kiosztással, pontos fektetés mellett vibrálják be a betonlemezbe (20–28 cm vastag és 2,8 m széles) elterített friss betonba, miután az kellően megkeményedett.

A lemez egy 30 cm vastag hidraulikusan kötött teherhordó rétegre fekszik fel, amely alatt egy 50 cm vastag fagyvédő réteg található.

A 7. ábrán látható a legújabb Züblin-rendszerű pályaszerkezet, amelyet 2005-ben Kinában, 460 km-es kétvágányú, gyorsvasúti pálya építésénél használtak [1,3].



7. ábra  
Züblin – rendszerű ágyazat nélküli felépítmény [6]

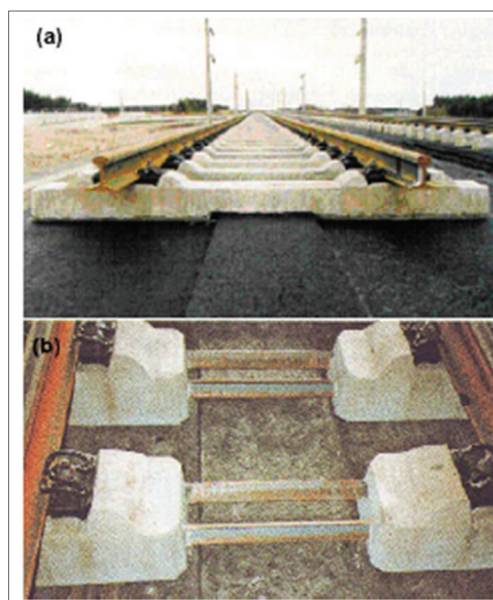
#### 4.1.3. ATD-rendszerű ágyazat nélküli felépítmény

Az ATD rendszert tulajdonképpen a Rheda-rendszerből fejlesztették ki, szintén Németországban. Az előszerelt beton-aljakat, aszfaltbeton teherviselő rétegre fektetik, amely a hidraulikus kötésű rétegen fekszik.

Ezeknek a típusú rendszereknek a legnagyobb előnye, hogy a pályageometriai beállításokat, vagy a vágányszerkezeti hibákat könnyebben és gazdaságosabban lehet kijavítani, mint a betonlemezbe ágyazott rendszerek esetén, ahol sokszor a szerkezeti elemek teljes cseréje szükséges ilyen jellegű hibák kijavításához.

Az aszfaltreteget lézeres kitűzéssel  $\pm 2$  mm-es magassági tűréssel készítik, amelyeknek becsült műszaki élettartamuk, rossz időjárási körülmények között is 60–65 év.

A beton-aljak lehetnek egy blokkosak (B320W54), illetve két blokkosak (B350W60), amelyeket az oldalirányú stabilitást elősegítő acélrudak kapcsolnak össze, illetve az aljak között kialakított gerincvonulat (8. ábra). Azért, hogy a gyorsvasutakra jellemző nagy vízszintes és oldalirányú terhelések ne jelentsenek problémát, a betonaljak körül zúzottkő ágyazatot alakítanak ki, ezzel is elősegítve a pályaszerkezet stabilitását [1,3].



8. ábra

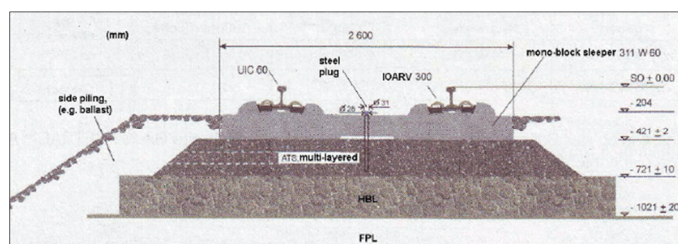
ATD-rendszerű ágyazat nélküli felépítmény, a) egy blokkos aljak, b) két blokkos aljak [6]

#### 4.1.4. A BTD és Walter-rendszerű ágyazat nélküli felépítmény

A két rendszer közötti különbség abban áll, hogy amíg a BTD-rendszerben beton teherviselő lemezt használnak, addig a Walter-rendszer aszfaltretegre fekteti a beton-aljakat, de a vágánymezők egyik esetben sem részei a teherhordó rétegnek.

Mindkét esetben monoblokk aljakat használnak, amelyeket a teherviselő lemezhez speciálisan kialakított acél csavarokkal horgonyoznak le, a betonaljak közepén erre a célra kialakított üreg keresztül [1,3,6].





9. ábra

*BTD és Walter-rendszerű ágyazatnélküli felépítmény [6]*

#### 4.1.5. FFC-rendszerű ágyazatnélküli felépítmény

A monolit vasbetonlemez szerkezetek csoportjába sorolható ez a felépítményrendszer.

A helyszínen kiöntött teherviselő lemezre fektetik le a síneket, nem használva betonaljákat, ezáltal csökken a szerkezet önsúlya és magassága, így jól alkalmazható hidak és alagutak esetén.

Ugyanakkor terhelés alatt úgy viselkedik, mint egy folytonosan alátámasztott gerenda, amely kivitelezési módjának köszönhetően elég rugalmas ahhoz, hogy gyenge, mélytalajok esetén is alkalmazható legyen, hiszen a terheléseket egyenletesen, nagy terhelési felületekre leosztva továbbítja. Azonban nem javasolt alkalmazásuk a földrengéses övezetekben.

Az alépítmény rétegződése a megszokott módon egy fagyvédőréteget illetve egy hidraulikusan kötött teherviselő réteget foglal magába, amelyre jön egy 6cm vastagságú bitumenes kavicsréteg, majd erre fekszik fel a 30–35 cm vastag monolit vasbetonlemez, amelyet nagy pontossággal gépesítve öntenek ki.

A sínek rögzítéséhez szükséges leszorítólemezeket vagy a frissen öntött betonba vibrálják be, vagy pedig a már megkötött betonlemez felületére erősítik csavarok segítségével. Ezután következik a sínek lefektetése a többnyire rugalmas sínleszorító elemek segítségével.

A monolit vasbetonlemez szélessége 2,4 m, hosszanti irányban pedig 3 méterenként hagynak bevágásokat a lemezben, biztosítva a víz lefolyását a lemez felületéről (10. ábra). A monolit vasbetonszerkezeteknél különösen nagy figyelmet kell fordítani a repedések megjelenésére [1,3].



10. ábra

*FFC-rendszerű ágyazatnélküli felépítmény*

#### 4.1.6. Shinkansen-rendszerű ágyazatnélküli felépítmény

A japán vasutak felismerve, hogy a nagysebességű vonalszakaszokon a rendkívüli nagy igénybevételek következtében a hagyományos zúzottkő ágyazatos vágányrendszerek fenntartása sokkal több időt igényelne, mint amit a vasúti forgalom sűrűsége lehetővé tesz, így, már 1955-ben elkezdte az ágyazatnélküli felépítményrendszerek fejlesztését.

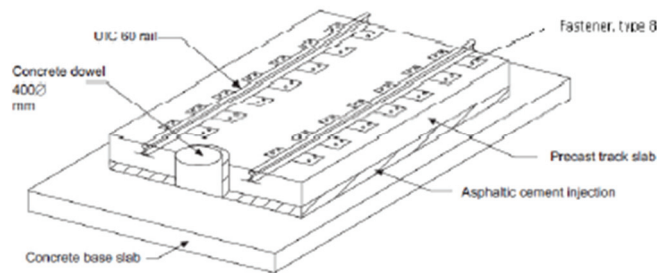
1970-ben összesen 16 km hosszú kísérleti pálya létesült, főleg műtárgyakon. Az eredmények alapján a rendszernek két típusa terjedt el Japán szerte, amelyeket napjainkban is használnak [1,3]:

##### **A) Injektált ágyazású, előregyártott betonlemez felépítmény**

Az alépítményre, amelyet a fagyvédőréteg és a hidraulikus kötésű teherviselő réteg alkot, beton alaplemez épül, meghatározott felső szinttel. Erre kerül rá az 5,00x2,34x0,16 m méretű előregyártott vasbeton pá-



lyalemez. Az alaplemez és a pályalemez közé 40 mm vastag bitumenes–cementes habarcsot injektálnak, amely nagy pontosságot igényel, ez biztosítja a vágány pontos és tartós fekszintjét. A pályalemezek stabilitását a 25 cm magas és 40 cm átmérőjű, az alaplemezből felfelé kinyúló betoncsapok adják.



11. ábra

*Injektált ágyazású Shinkansen-rendszer [3]*

### **B) Rugalmas ágyazású, keresztaljas pályaszerkezet**

A Shinkansen hálózatának városkörnyéki szakaszaira kedvezőbb rezgés- és zajcsillapítás céljából a pályalemezes pályaszerkezeteket rugalmas ágyazású, keresztaljas pályaszerkezetekkel helyettesítették.

A rezgés- és zajelnyelés feladatát, egyrészt, a 7,50 m hosszú, előregyártott betonlemezbe bebetonozott, 500kg tömegű, poliuretán sapkával ellátott feszített betonlajak látják el, másrészt pedig a bebetonozott betontalpak közé, a betonágyazat felszínére elhelyezett zúzottkő réteg.



12. ábra

*Rugalmas ágyazású, keresztaljas, Shinkansen rendszer*

#### *4.1.7. Edilon-rendszerű ágyazat nélküli felépítmény*

Az Edilon-rendszer fejlesztése 1970-ben kezdődött el Hollandiában, és az első tesztek 1976-ban végeztek, Deurne mellett. A fejlesztések legfőbb célja a zaj- és rezgés csökkentés volt.

Az Edilon rendszer és az ehhez hasonló felépítménytípusok (Infundo, BBERS) folyamatos, rugalmas sáncelvezést biztosítanak, ahol a sínzsalak kiöntőanyagokkal vannak megtámasztva.

Az Edilon termékek alkalmazása meghatározott feltételek mellett történhet. Ezek a feltételek: a környezet és a beton vagy acél sínzatorna hőmérséklete, a levegő páratartalma, a harmatpont, a sínzatorna nedveségtartalma, a sínzatorna tisztasága. Nem megfelelő időjárási körülmények esetén fóliatakarást kell alkalmazni, illetve fűtött sátor alatt kell a kiöntést végezni.

A sínzatorna alját és falait homokszórással elő kell készíteni. A csatorna falának érdesnek, tisztának és száraznak kell lennie. Felületén nem lehet szennyeződés, szemét, olaj, zsír vagy víz.

A gumicsíkok leragasztása után a sínzatornában 1,5–2,0 m-enként elhelyezik az alátétlemezeket és a sín dőlését biztosító ékeket, amelyekkel a függőleges beállítás történik.

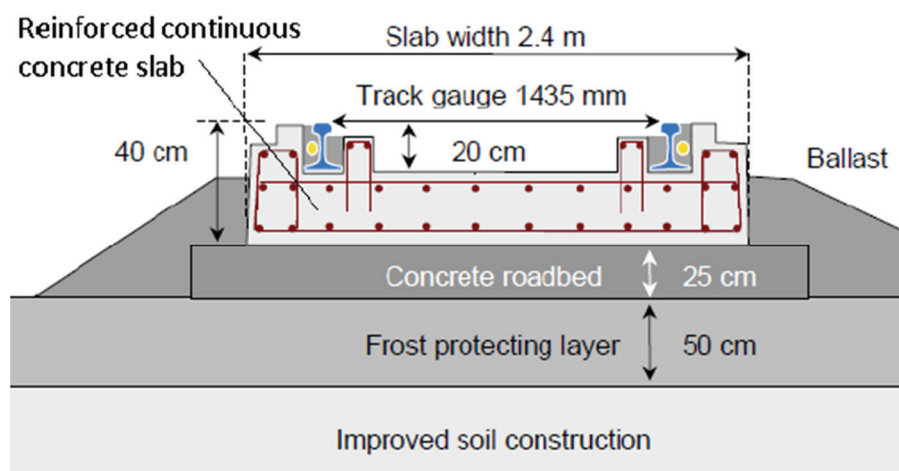
Ezután következik a sín beemelése a sínzatornába, majd pedig a sín vízszintes irányú beállítása a PVC-csőkre erősített bilincsek és a Corkelast kontra ékek segítségével.

Végezetül pedig az Edilon Corkelast kétkomponensű kiöntőanyag beöntése a síncsatnába. A kiöntéshez az Edilon cég speciális gépet szerkesztett. A kiöntőanyag összetevői arányának változtatásával különböző ágyazási rugalmasságot tudnak kialakítani.

A alépítményre felfekvő betonlemez 40 cm vastag, 240 cm széles és fugák nélkül a helyszínen alakítják ki, csúsztószerű módszerrel. A lemez mindkét irányban vasalt. A reá hulló vizeket adott távolságban a vágánytengelybe beépített elnyelőkkel vezetik el. A síncsatnába elhelyezett sánt  $\pm 5\text{mm}$  mértékben lehet irányra és fekvésre szabályozni [1,3].

A megoldás előnyei:

- egyszerű szerkezet, hosszú élettartam;
- vágányszabályozási munkák elmaradása, a sínkopás intenzitása csökken;
- rugalmas, folytonos sálatámasztás;
- jó rezgés és zajcsillapítás;
- jó villamos szigetelő hatás;
- a pálya néhány óra elteltével átadható a forgalomnak.



13. ábra  
Edilon-rendszer [6]

#### 4.1.8. Vanguard Pandrol-rendszerű ágyazatlanú felépítményrendszerek

A Vanguard-rendszer érdekessége, hogy a sínszálak nem fekszenek fel a betonlemezre, hanem speciális sínleszorító elemeket használnak (Pandrol), amelyek a sínszálak gerincéhez szorosan csatlakozva, azokat teljes hosszúságban, függesztve tartják a pályalemez fölött. A pályalemez és a sántalpak között megjelenő rést pedig kiöntőanyaggal kitöltik, ezzel biztosítva a nagyobb rezgés- és zajcsillapítást. Ezeknek a rendszereknek az előnye, hogy jóval nagyobb függőleges lehajlást tesznek lehetővé, illetve a járműteherből adódó dinamikai terheket kiválóan semlegesítik.

A Vanguard-rendszer fejlesztése Angliából indult el, városi vasutak esetén használják a nagyon jó zaj- és rezgés csillapító képessége miatt. Nagyvasutak esetén nem alkalmasak [1,3].

## 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A vasúti közlekedés fejlődésével megnőtt az igény a nagysebességű vonatok iránt, ugyanakkor a vasúti teherszállítás is egyes országokban újabb fejezetbe lépett, nagyobb műszaki követelményeknek kitéve a felépítményszerkezeteket.

Ezzel párhuzamosan szemléletváltás történt a felépítményszerkezetek megítélését tekintve, ugyanis kezdetben a építési szempontokat tekintették irányadónak a biztonság mellett, a pályafenntartási munkákat háttérbe szorítva, míg az utóbbi időben a szerkezetek teljes műszaki élettartamát vizsgálják gazdasági, biztonsági és környezetvédelmi feltételeket is figyelembe véve.

A gazdaságosság feltétele építési és fenntartási költségek együttes alakulását foglalja magába, ami azt jelenti, hogy a vasúttársaságok vállalják akár a magasabb építési költségeket is, ha aztán az üzemi évek alatt lehetőség van jelentősen csökkenő fenntartási költségekkel egy gazdaságosabb szerkezetet építeni.

A biztonsági szempontok tekintetében a pálya mellett a járműveknek és a közlekedést segítő rendszernek is fontos szerep jut. A különböző területeken végzett fejlesztéseknek köszönhetően a felépítmény-szerkezetek szempontjából nincsenek nagy különbségek egészen addig, amíg nem a gyorsvasutak támasztotta követelményeknek kell megfelelni, mert a hagyományos felépítmények itt jelentős hátrányba kerülnek, mivel jóval rövidebb ideig tudják biztosítani a szükséges műszaki követelményeket, ezzel pedig gazdaságosság szempontjából is hátrányba kerülnek.

A harmadik feltétel pedig a környezetvédelemhez kapcsolódik.

Mára már világossá vált, hogy a vasúti közlekedés képes a leghatékonyabb környezetkímélő módon működni.

A vasútnak több környezeti előnye is ismert a helyigény, az energiafelhasználás és a CO<sub>2</sub> kibocsátás területén.

Ami viszont megoldásra vár, a rezgés- és zajterhelések csökkentése. A felépítmény-szerkezetekre itt is fontos szerep hárul. A merevlemezű felépítmény-szerkezetek ebben a témakörben kezdetben nagy hátrányban voltak a hagyományos szerkezetekhez képest, viszont a sínleerősítések végzett korszerűsítéseknek köszönhetően, ma már nagyon jó rezgés- és zajelnyelő szerkezeteket alkottak. Jó példa erre Hollandia és az Edilon-rendszer, amely szép sikereket ért el ebben a tekintetben, de lehetne említeni több nyugati európai országot, vagy éppen Japánt, ahol lassan törvények szabályozzák a megengedett zajhatásokat.

A leírtakból jól kivehető, hogy a felépítményrendszerek megválasztásánál több szempontot is vizsgálni kell.

Látható, hogy a zúzottkő ágyazatú vágányok megtartják az alkalmazási területüket az ágyazat nélküli felépítmények biztosította előnyök ellenére is, de valószínű, hogy ennek a pályaszerkezetnek a kizárólagossága megszűnik.

Kijelenthető, hogy a hagyományos felépítménnyel szemben az ágyazat nélküli felépítmény alternatív megoldást jelent, de különleges igények esetén csak az utóbbi felépítményi rendszer alkalmazása bizonyul célszerűnek.

## HIVATKOZÁSOK

- [1] C. Esveld, *Modern Railway track*, 2nd ed., MRT-Productions, Delft, 2001.
- [2] Sz. A. Köllő, A. Puskás, G. Köllő, *Ballasted Track versus Ballastless Track*, International Conference on Innovative Research., 2015. május 14-15., Jászvásár.
- [3] Mezei István, id. Dr. Horváth Ferenc, Pál József, „*Vasútépítés és pályafenntartás*” I kötet, Magyar Államvasutak Rt., Budapest, (1999)
- [4] S. Kaewunruen, A. M. Remennikov, *Effect of improper ballast packing / tamping on dynamic behaviors of no-track railway concrete sleeper*. International Journal of Structural Stability and Dynamics, vol. 7, no. 1, pp.167-177.
- [5] J. Teherinezhad, M. Sofi, P.A. Mendis, T. Ngo, „*A review of behaviour of prestressed concrete sleepers*”, Electronic Journal of structural engineering, Melbourne, Australia, (2013)
- [6] Michas, *Slab track systems for high speed railways*, Stockholm, 2012.
- [7] Köllő Szabolcs Attila, Köllő Gábor, „*Vasúti betonlajak*”, Műszaki szemle, 64 2014, Kolozsvár.
- [8] Mihai Nechita, Köllő Gábor, „*Căi Ferate*”, Kolozsvár, Műszaki Egyetemi Kiadó, 1982.