

Dr. VÁSÁRHELYI BOLDIZSÁR egyetemi tanár, a műszaki tudományok doktora

## HÉZAGMENTES VASÚTI PÁLYÁK

Azoknál a vasúti pályáknál, amelyeknél a sínek hőkitérjedésükben nincsenek gátolva, a legtöbb gondot és költséget a sín ütközőknek, az illesztéseknek a kialakítása és fenntartása okozza. Azt a célt, hogy a csatlakozó sínvégeknél a járművek ütés nélkül haladjanak át, még ma sem sikerült megvalósítani. A két ellentétes követelményt ui., hogy egyrészt a sínvégek hosszirányban szabadon elmozdulhassanak, másrészt a sínek és hevederek között teljesen pontos, ütésmentességet biztosító záródás legyen, egyidejűleg még nem lehetett teljesíteni. Éppen ezért a vasutak a sínillesztések számának csökkentésére törekedtek az ún. *hosszú sínek* alkalmazásával. Az I. táblázatban tüntettük fel azt, hogy egyes országok vasutai milyen méretű hosszú síneket használnak.

I. táblázat  
Hosszú sínek

Vasút	Hosszú sín	
	hossza méter	súlya kg/fm
Angol .....	54	47
Dán .....	60	60
Francia .....	54	50
Magyar .....	36	48
Német .....	30 45	49
Olasz .....	48	49
Portugál .....	36	45
Svéd .....	30	50

A táblázat szerint a nagy vasutaknál alkalmazott 30–60 m hosszú síneknél a sínillesztések megszüntetésre még nem kerültek, számuk azonban 1/2–1/3-ára csökkent.

## 1. Az eddig készült hézagmentes pályák

Mint az előzőkből kitűnik, a hosszú sínes pályákon a tompa illesztések megmaradnak, a „klasszikus” vágányokkal szemben általában csak minden második-harmadik illesztés marad el. Ez a korábbi helyzettel szemben kétségtelenül előnyösebb, azonban a hevederkötések megmaradnak, s így a sín végének elverődése, valamint a fenntartási költségek kedvezőtlen alakulása ezeknél a pályáknál — bár kisebb mértékben — ugyancsak marad. Éppen ezért a második világháború után egyes vasutaknál olyan fejlődés indult meg, miszerint nemcsak minden második illesztés maradjon el, hanem hogy hosszabb szakaszok összehegesztve hézag nélkül készüljenek, s így azok a hátrányok, amelyeket a hevederkötések jelentenek, gyakorlatilag megszűnnek.

Először alagutakban, ahol a hőmérséklet relative állandóbb, hegesztették össze nagyobb hosszakban (a dán vasutakon 1600, a francia vasutakon 6000 m hosszban) a sínket. A tapasztalatok kedvezők voltak. Később ilyen pályák nemcsak alagutakban, hanem nyílt vonalon is készültek.

Ilyen nyílt vonali kísérleti szakaszok először az amerikai, majd az európai vasutakon létesültek. Az Egyesült Államokban 1933-ban kezdték nyílt vonalon a hegesztett pályák alkalmazását. Ebben az évben 3683 m sínhosszban 316 ütközőt hegesztettek össze. Az 1934-es évben 3102 m, 1935-ben 13 072 m sínhosszt hegesztettek össze. 1936-ig kizárólag termit eljárással hegesztettek, az elektromos hegesztést 1936-ban vezették be.

Annak ellenére, hogy a hézagmentes pályákat itt alkalmazták először, az európai vasutakhoz képest lemaradás állapítható meg. 1953-ban ugyanis az USA vasutain 250 km hézagmentes összehegesztett szakaszt tartottak nyilván.

A francia vasutakon 1948—49-ben kb. 15 vágány km hosszúságban 300 m-es síneket fektettek. A 300 m-es sínek nem tompán, hanem végeiken dilatációs készülékkel csatlakoztak egymáshoz. A kedvező tapasztalatok alapján 1950-ben 800 m hosszúságra emelték fel a hegesztett síneknek a hosszát.

1950-ben 25 km, 1951-ben 70 km, 1952-ben 202 km vágányt építettek 800 m-es hosszú sínekkel. 1953-ban az így épülő szakaszok kísérleti jellegét megszüntették és kivitelre cca 700 vágánykilométert irányoztak elő.<sup>1</sup>

1955. december 31-én a hézagmentes francia vasutak hossza 2 346 km, szemben az 1954. december 31-i 1545 km-rel.<sup>2</sup>

1949-ben a Német Szövetségi vasutakon Münster állomás kijáratához csatlakozva 1,2 km hosszúságú hézagmentes pálya készült. A sínek bükkfa keresztgerendákon fekszenek, a vonatok sebessége a kijárat közelsége miatt 60 km/ó, a napi terhelés 33 000 t.

A Wanne—Bréma állomások közötti igen nagy terhelésű (65 000 tonna/nap, 120 km/óra sebesség) szakaszon faaljakon 4259 m-es hézagmentes szakasz készült. A német kísérleti szakaszokon az eredmények mindenben megfelelők voltak. E kedvező eredményeknek megfelelően a Német Szövetségi Köztársaságban a legnagyobb forgalmú vonalakon hézagmentes szakaszok épülnek, a hézagmentes pályák hossza 1955-ben elérte a 2000 km-t.

<sup>1</sup> Nemes József: A hézagnélküli hosszsínes vágányokról. Közlekedéstudományi Szemle 1955. 10. sz.

<sup>2</sup> Les Chemins de fer en 1955. France. Bulletin de l'Union Internationale de Chemins de Fer. 1956. 2.

1953-ban a Svájci Szövetségi Vasutak a Lausanne—Genfi fővonalon Etoy—Allaman állomások között 2600 m pályahosszon 12 db 800—900 m hosszú sínszálát fektettek le, amelyeket 36 m hosszú sínekből villamos ellenállás, ill. alumínotermit hegesztéssel kapcsoltak össze. A kétvágányú pálya egyik vágányába ezeket a 46 kg/fm súlyú hézagmentes síneket talpfákra, a másik vágányba vasbeton aljakra fektették. A hegesztett hosszú sínek beépítését 1953. szeptember 3. és 20. között 15—16 C° hőmérséklet mellett eszközölték. A szakasz igen nagy forgalmú, a gyorsvonatok 128 km/óra sebességgel közlekednek.

Az osztrák szövetségi vonalakon 1956 végén 140 km hézagmentes vágány fekdűt.<sup>3</sup>

A csehszlovák vasutakon 1954-ben a Pilzen melletti egyik vonalon 1275 fm hosszú hézagnélküli szakaszt fektettek tompa illesztéssel 150 kg-os előfeszített vasbeton keresztaljon, a síneket elektromos ívhegesztéssel hegesztették. 1954-ben egy másik nagy forgalmú szakaszon 3715 m hosszú hézagmentes pályát készítettek, előfeszített vasbetonaljon, tompahevederes illesztéssel. A tapasztalatok kedvezők, s ennek eredményeképpen 1955 végére a hosszú sínes szakaszok hossza eléri a 70 km-t. A leghosszabb ilyen szakasz 7,2 km. Méltán állapítja meg V. Tehnik mérnök: „Ebben a tekintetben a népi demokratikus országok élére kerültünk, de még mindig némely nyugati ország mögött maradunk”.<sup>4</sup>

A Zseleznodorozsnij Transzport múlt év decemberi számában Bocsonkov beszámol arról, hogy a Szovjetunióban hézagmentes hosszú sínes szakaszokat 6 éve próbálnak ki a tomszki és a moszkva—kurszk—doni medence vonalán. Először 1949-ben a tomszki vonal egyik állomásán 318 m vágányhosszt közönséges sínszöges leerősítéssel fektettek. Ezeket a kísérleti szakaszokon hőfeszültségektől mentesített hézagmentes vágányt próbáltak ki, sínszöges leerősítést alkalmaznak olyan módon azonban, hogy a szabad hőkiterjedés biztosítására a sántalp mind oldal, mind függőleges irányban szorosan a talpfára nincs lekötve. A sínvándorlás megakadályozására a vágány középső részén különleges sínvándorlást gátló berendezéseket kellett alkalmazni, amelyek forgalom alatt a hosszirányban vándorló síneket visszahúzzák. 1951-ben ugyancsak a tomszki vonalon 2 km hosszú kísérleti szakaszt létesítettek, 1954—55-ben a moszkva—kurszk—doni medence vonalon 8 km-es ugyanilyen szerkezetű hegesztett sínes szakaszt építettek. A tomszki vonal kísérleti szakaszán R 43-as síneket fektettek. Az összehegesztett sínszálak hossza 1000 m.

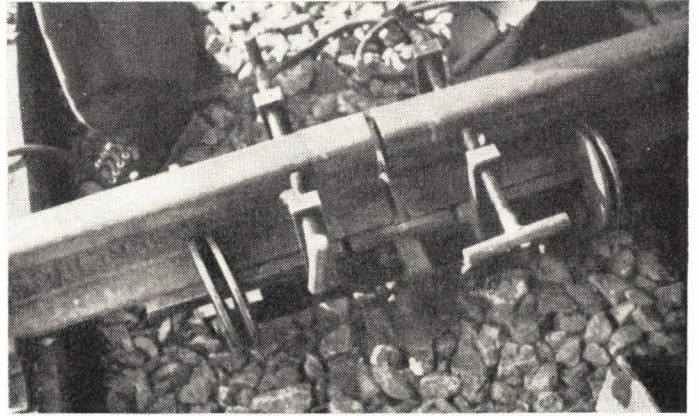
Az ágyazási anyag homok, a talpfák távolsága 54 cm, a sínek végén a mozgó tósis és fix csússzínés dilatációs berendezést alkalmaztak, melyek 80 cm hosszváltozást tesznek lehetővé. A kísérleti szakasz sínvándorlást gátló berendezése minden sínszál középső részén van elhelyezve. Kocsi vonószerkezet hengeres rugóiból áll, amelyek egyik végükkel a sínekhez erősített támaszokhoz, másik végükkel a vasbeton cölöpökre erősített fix megerősítésre támaszkodnak. A sínvándorlást gátló berendezés 1000 m hosszú sínszálon 25 tonna erőt fejthet ki, a rugók legnagyobb összenyomása esetén 40 t-át.

<sup>3</sup> Dr. Schantl, Über die Verkehrsfrage der ÖBB. Verkehr 1957. 6.

<sup>4</sup> Ing. V. Tehnik: Svarováni-dulezity cinitel v technickém rozvoji. Zeleznicár, 1955. 12.



1. sz. ábra: A sínvégek ideiglenes összekötése



2. sz. ábra: A sínvégek hegesztésre való előkészítése



3. sz. ábra: A hegesztett sínfejek megdolgozása



4. sz. ábra: A sínvégek melegkezeltése



5. sz. ábra: A futóél hibamentességének vizsgálata

A moszkva—kurszk—doni kísérleti szakaszon 50 kg/fm sínek fekszenek zúzottkő ágyazaton. A sínszálak hosszát a térközök (blokkszakaszok) hossza szabta meg, ez 1162,5 m.

A hézagmentes, terjeszkedésében nem gátolt sínszál dilatációja közel áll a szabadon terjeszkedési értékhez. A sínhossz napi ingadozása a 40 cm-t is eléri (20—20 cm mindkét oldalon). A tomszki vonal kísérleti szakaszán az 1000 m-es sínszál hosszváltozása egy év alatt 85—90 cm.

A fentiekből látjuk, hogy olyan országokban, amelyeknél vasúti vágány a hazaihoz hasonló hőmérsékleti viszonyok mellett fekszik, a hézagmentes felépítmény jó eredménnyel alkalmazásra kerül.

Annak ellenére, hogy a MÁV a hosszú sínes felépítmény kialakításánál úttörő munkát végzett, mert hiszen már 1934-ben sor került hazánkban a 36 m hosszú sínes szakaszok bevezetésére, csak 1956 nyarán került sor hazánkban hézagmentes kísérleti szakasz létesítésére a budapest—debreceni

fővonalon. Itt két egybehegesztett egymáshoz csatlakozó hézagmentes vágány készült. Az egyik 2,5 km, a másik 3 km hosszú. A hézagmentes szakaszok végén Csillery-féle dilatációs szerkezetet építettek be. A helyszínre kiszállított sínek hossza 48 m. Ezt a hosszúságot úgy állították elő, hogy két 24 m-es sínt elektromos ellenállás hegesztéssel hegesztettek össze. Ezeket a 48 m hosszú előrehegesztett sínmezőket a helyszínen kézi ívfényhegesztéssel hegesztették össze a CSD-nél alkalmazott hegesztési eljárással. (1–5 sz. ábra). A felépítmény 48,3 kg-os sínekből áll, melyek talpfára Geo-kapcsolattal kerülnek leerősítésre. A sínek összehegesztése a kora reggeli órákban  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  sínhőmérséklet mellett történt, úgyhogy ez a neutrális hőmérséklet a hazánkban előforduló szélső sínhőmérséklet határokra ( $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  és  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) felezi és így a legnagyobb nyomó, illetőleg húzófeszültség szélső hőmérsékleteknél egyforma nagyságú. A fektetési munkákat júniusban fejezték be. A megfigyelések és vizsgálatok folyamatban vannak s ezek eredményeként kerül majd sor ennek a gazdaságosabb építésmódnak hazánkban nagyobb hosszakban leendő alkalmazására.

## 2. A hézagmentes pályák rendszere

A hézagmentes vágányok kialakítása két alapelv szerint történhet:

a) Ezenél is fenntartjuk a szabad hőkiterjedés lehetőségét. Ez a rendszer a Szovjetunióban nyert kipróbálást. Itt a hosszú sín szabad kiterjedését úgy biztosítják, hogy a lekötésnél a sántalp és a sínszeg között, valamint az alátétlemez és a sántalp oldala között cca 1,5 mm-es hézag van, tehát a sántalp nincs lezorítva. Ebben az esetben a sínvándorlást a sín közepén alkalmazott fix lefogás mellett, a sínt eredeti helyzetébe visszahúzó rugós berendezéssel küszöbölik ki.

b) A sínszalak hőkiterjedésükben akadályozva vannak s éppen ezért a hőmérséklet változás hatására számottevő nyomó és húzó feszültségek s ennek megfelelő nagy erők keletkeznek a sínszalakban. Itt erőjáték szempontjából abban különbözik a hosszú sín a hézagmentes vágánytól, hogy a hézagmentes vágánynak minden hőmérséklet mellett van egy olyan közbenső szakasza, amely mozdulatlan. A hőmérséklet hatására mozgó ún. „lélegző szakaszok” a „21” hosszúságú sín végén  $z_0$ – $z_0$  hosszban vannak.

## 3. A hézagmentes vágányok méretezése

A mérnöki létesítményekkel kapcsolatos legfontosabb követelmény, hogy a leggazdaságosabban, a lex minimi elvének megfelelően kialakított szerkezet a reá ható erőhatásokat teljes biztonsággal hordja, ill. azoknak mindenben megfeleljen.

A vasúti felépítmény komplikált, összetett erőjátéka igen nehézé teszi a méretezést. Az összetett behatások eredményeként előálló erőjátékot ez ideig nem sikerült számításba venni. A rövidebb sínhosszakból összetevődő ún. klasszikus vágányszámításoknál a valóságot megközelítő leegyszerűsített feltevéseket vették alapul. A Zimmermann és más kutatóktól származó elméleti számítások szerint a sín mint folytatólagos rugalmas támaszponton felfekvő tartó került számításra. A terhelések közül csupán az ún. főerőkre, a függőleges irányú erőkre történt a méretezés, míg a vízszintes hosszirányú

erők (amelyek a hajtott kerekeken lépnek fel, vagy fékezésnél adódnak át) és az oldalerők, melyek a kigyózó mozgásból vagy ívekben a centrifugális erő hatásából keletkeznek, nem kerültek számba vételre.

A szabad kiterjedésükben gátolt hosszú síneknél vagy a több sínszál összehegesztésével kialakított hézagmentes pályánál már nem engedhető meg az, hogy csak a függőleges erőhatásokat vegyük számításba. A gátolt dilatáció hatására ugyanis a sínben igen nagy hosszirányú feszültségek lépnek fel, amelyek a sín kihajlását, kivetődését okozó erőket eredményezhetnek.

A hőkiterjedésében gátolt acélsínben belső nyomó-, ill. húzófeszültségek lépnek fel. A 21 hosszúságú sín megnyúlása abban az esetben, ha a hőmérséklet  $t_1$  C°-ról  $t_2$  C°-ra emelkedik a hőmérsékletváltozásból származó fajlagos feszültség

$$\sigma = \alpha E(t_2 - t_1).$$

A sín keresztmetszetére ( $F$ ) ható tengelyirányú húzó (hőmérsékletcsökkenésénél), ill. nyomó (hőmérsékletemelkedésénél) erő :

$$P_t = \sigma F = \alpha E F(t_2 - t_1),$$

ha  $E = 2\,150\,000$  kg/cm<sup>2</sup>,  $\alpha = 0,000\,115$  értékeket helyettesítjük be :

$$\sigma = 24,7 (t_2 - t_1),$$

azaz minden C° változás  $\pm 24,7$  kg/cm<sup>2</sup> feszültséget okoz a sínben, és

$$P_t = 24,7 \cdot F(t_2 - t_1),$$

A feszültség ( $\sigma$ ), valamint a tengelyirányú dilatációs erő ( $P_t$ ) nagysága tehát nem függ a mozgásában megakadályozott sínszál hosszától, csupán a hőmérsékletváltozástól ill. a sín keresztmetszetétől. Ebből következik, hogy nemcsak a hosszú sínekben lép fel dilatációs feszültség, illetőleg erőhatás, hanem a szabadon dilatáló rövidebb síneknél is abban az esetben, ha a hézagok záródása vagy a lehetséges legnagyobb hézagnyitás után még hőmérsékletemelkedés, ill. -csökkenés következik be.

A hézagmentes sín a fektetési hőfoknál ( $t_0$ ) — melyet semleges hőfoknak is lehet nevezni — feszültségmentes. A legnagyobb nyomó-, ill. húzófeszültségek akkor egyformák, ha a fektetési hőfok a szélső hőmérsékletértékek középpértéke. Így a hazai +60 C°, -30 C° szélső hőmérsékleti értékeknek megfelelően ez a középpérték +15 C°, melyhez képest 45 C° hőemelkedés és hőmérsékletcsökkenés után állnak elő a fenti szélső hőmérsékleti értékek. Ha a semleges hőfokhoz képest a hőfok emelkedik, akkor nyomófeszültségek, ha csökken, húzófeszültségek, ill. erők lépnek fel a sínben. A legnagyobb fajlagos feszültség nyomásra, ill. húzásra egyforma, s értéke  $24,7 \cdot 45 = \pm 1111,5$  kg/cm<sup>2</sup>.

A síntengely irányában ható nyomó-, ill. húzóerő, pl. a MÁV 48,3 kg/m súlyú sínjénél, melynek felülete  $F = 61,56$  cm<sup>2</sup>

$$P_t = \pm 1111,5 \cdot 61,56 = 68424 \text{ kg.}$$

Látjuk tehát, hogy a hőmérsékletváltozásból származó hosszváltozás megakadályozása tekintélyes hosszirányú erő felléptét jelenti a vasúti sínben. Éppen ezért az a méretezési eljárás, amely főerőként csak a függőleges erőhatásokat vette számításba, tovább nem tartható fenn, mert hiszen a víz-

szintes irányú és a sín tengelyébe ható dilatációs erők szélső hőmérsékletnél a függőleges terhelések által okozott feszültségeknél nagyobb feszültségi értékeket eredményeznek.

A hőkiterjedésükben gátolt hézagmentes pályák, mint már említettük, olyan hosszúak, amelyeknél mindig van középen egy jelentős hosszúságú szakasz, amely mozdulatlan, s ahol a gátolt hőkiterjedésből származó feszültségek hatására nagy húzó-, illetve nyomóerők lépnek fel.

#### 4. A hézagmentesen kialakított sínmezők csatlakozása

A nagyobb hosszúságra összehegesztett hőkiterjedésükben gátolt sín-szakaszok kétféleképpen csatlakozhatnak egymáshoz :

a) Az összehegesztett sínszakaszok végein mozgó ún. lélegző szakaszok vannak.

b) A hőmérsékletváltozással kapcsolatos hosszváltozás a sínszakaszok végein is megvan akadályozva, nincsenek lélegző szakaszok.

Milyen a lélegző szakaszon a sínek erőjátéka s a lélegző szakasznak a hossza hogy határozható meg, s a csatlakozás hogyan képezhető ki? A gyakorlatban e tekintetben kétfajta megoldás kerül alkalmazásra. Egyes országokban, így a nyugat-német, csehszlovák vasutaknál a hézagmentes pályák sínei tompa illesztéssel közönséges hevederkötéssel csatlakoznak, amíg Franciaországban és Svájcban a lélegző szakaszok végén dilatációs szerkezetek kerülnek alkalmazásra.

Az összehegesztett sín teljes hosszúságában mozdulatlanul fekszik, ha a sínvégek elmozdulását is megakadályozzuk. A Szovjetunióban Miscsenkó által javaslatba hozott hézagmentes vágányoknál a csatlakozásnál a sínvégek mozgását betéttuskóval ellátott vezető sínekkel akadályozzák meg.

##### a) *Tompa illesztéssel való csatlakoztatás*

A hézagmentes sín közbenső mozdulatlan szakaszán a hőmérsékletváltozásból származó

$$P_t = aEF(t_2 - t_1)$$

tengelyirányú erő lép fel. A lélegző szakasz végén ezzel a tengelyirányú erővel szemben olyan reakcióerők lépnek fel, amelyek a sít szabad kiterjedésében akadályozzák. A hőmérsékletváltozásból származó  $P_t$  erő a sínkapcsolószereken keresztül adódik át a talpfákra, ill. az ágyazásra. A mai kettéválasztott szorító, ill. feszítő lemezes vagy kettősen rugalmas kötések a keretmerevség biztosítása mellett, a sínnek hosszirányú mozgását jelentős mértékben gátolják. A legtöbb rendszerrel a sítalpj leszorítása nem egy ponton történik, mint a síncsavaroknál, hanem a szorító lemezek nagyobb felületén. A leszorító hatás szempontjából az egyes lekötési rendszerekre jellemző annak az erőnek az értéke, amely a sínnek a lekötésből való sítengely irányú kihúzásához szükséges.

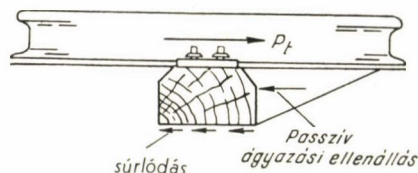
Ennek az erőnek a nagysága

Geo-kötésnél .....	2250 kg
Rugalmas szorítólemezes kapcsolatnál .....	2500 kg.



A mai hézagmentes pályáknál alkalmazott lekötések erősebb szorító hatást adnak, mint az az ellenállás, amely a keresztaljaknál az ágyazásban lép fel, és így a hőmérsékletváltozásból származó hosszirányú erő a talpfáknál fellépő reakció legyőzésével mozgatja el a sínt a keresztgerendákkal együtt az ágyazásban.

A sínek elmozdulását az ágyazásban a talpfák alsó felületén fellépő súrlódási, valamint a talpfákra ható passzív ágyazási ellenállás is akadályozza (6. ábra). Egy talpfánál ez az ellenállás  $P$  kg.



6. sz. ábra: A vágány mozgását akadályozó ágyazási ellenállások

A II. táblázatban közöljük szovjet adatok alapján a hosszirányú elmozdulással szemben egy talpfánál fellépő ellenállás ( $P$ ) értékét a különböző minőségű és állapotú ágyazásoknál.

II. táblázat

A vágány hosszirányú elmozdulásával szembeni ellenállás talpfánként

Az ágyazás jellemzése	1 talpfánál fellépő ellenállás, kg/talpfá
Új, nem tömörödött homokágyazásnál	400—500
Betömörített homokágyazásnál . . . . .	600—700
Nem kellően tömörített zúzottkőágyazásnál . . . . .	500
Tömörített zúzottkőágyazásnál . . . . .	800—1000

A hosszirányú mozgásokkal szemben a talpfáknál fellépő ellenállást közelítően úgy is meg lehet adni, mint a sín folyóméterére eső fajlagos ellenállást ( $p$ ). Értékét nem osztott síncsavaros kapcsolatnál zúzottkőágyazás esetén 600—800 kg/m-re tehetjük. A kísérleti eredmények szerint :

Geo-kapcsolatnál talpfa esetén  $p = 800$  kg/m,  
 Geo-kapcsolatnál vasalj esetén  $p = 1200$  kg/m.<sup>5</sup>

Ezt az utóbbi „ $p$ ” ellenállást csak első közelítésben vehetjük állandó értékűnek, azaz a vágány hosszában egyenletesen eloszlnak. A kísérletek szerint ui. a talpfáknak a vágánytengely irányába eső eltolással szemben az ellenállása az eltolás ( $y$ ) mértékével arányosan nő. Egy talpfa teljes ellenállását így fejezhetjük ki :

$$P = A + B \cdot y,$$

<sup>5</sup> Hanker, Eisenbahnoberbau, Wien 1952.

ahol  $A$  és  $B$  állandó értékek. Pl. zúzottkőágyazásnál nyári időben a kísérletek szerint :

$$P = 500 + 200 y.$$

Téli időben a nyári ellenállás kb. másfélszerese lép fel s így :

$$P = 700 + 300 y.$$

A  $P$  értéket kg-ban nyerjük, ha az  $y$ -t cm-ben helyettesítjük be.

Utalok arra, hogy a  $P$  értéknek a talpfák mozgásával kapcsolatos nagyságát az 1934-ben Mórágyon végzett sínkivetődési kísérleteknél állapították meg.

A dilatációs erővel szemben a mozgást még a sínillesztéseknél felépő hevederellenállás ( $H$ ) akadályozza.

A szorosan meghúzott hevederek között a sín csak a  $H$  súrlódási erő legyőzése után tud elmozdulni.

Annak következtében, hogy a sínmozdulással szemben a hevederkötésnél a  $H$  ellenállás lép fel, a sín csak akkor kezdheti meg hosszváltozását, ha a hőmérsékletváltozásból származó hosszirányú erő már legyőzte a  $H$  hevedersúrlódási erőt. A hőmérséklet különbséget ( $t$ ) az alábbiak szerint számíthatjuk :

$$24,7 t. F = H,$$

innen

$$t = \frac{H}{24,7 F}.$$

Pl. a MÁV 48,3 kg/m-es sínrendszerénél  $F = 61,56 \text{ cm}^2$ ,  $H = 15\,000 \text{ kg}$ ; a sín vége akkor fog mozdulni, ha a feszültségmentes fektetési hőmérséklethez képest a hőmérsékletemelkedés, ill. -csökkenés a fenti képletből adódó  $9,8 \text{ C}^\circ$ .

Ami már most a lélegző szakasz hosszát illeti, ez abból a feltételből határozható meg, hogy a  $z_0$  hosszúság a sínnek abban a keresztmetszetében van, amelynél a hőmérséklet hatásából származó dilatációs erő egyenlő a mozgás ellen működő reakcióerőkkel. Ha úgy vesszük fel, hogy az ágyazási ellenállás állandó  $p$  kg/m, úgy a  $z_0$  hosszúság legegyszerűbben az alábbi összefüggésből számítható :

$$\alpha E F t - H - \int_0^{z_0} p dx = 0,$$

azaz

$$\alpha E F t - H - p z_0 = 0$$

innen

$$z_0 = \frac{\alpha E F t - H}{p}. \quad (1)$$

A dr. Nemesdy által kidolgozott elmélet szerint<sup>6</sup>

$$p = \frac{A + B y}{2 k},$$

<sup>6</sup> Dr. Nemesdy József: A hosszúsínes és hézagmentes vágányok elmélete. Bpest, 1934.

illetőleg

$$z_0 = \frac{1}{\delta} \operatorname{arcsinh} \frac{m}{z \cdot \delta}, \quad (2)$$

$$\text{ahol } z = \frac{A}{B}; \quad \delta = \sqrt{\frac{B}{2kEF}}; \quad m = \alpha t - \frac{H}{EF}.$$

A (2) képletből meghatároztuk a lélegző szakasz hosszát a MÁV 48,3 kg/m-es sínjénél  $H = 15\,000$  kg mellett  $t = 45$  C° esetére az alábbi ágyazási ellenállás ( $p$ ) és talpfatávolságok ( $k$ ) mellett

1.  $k = 77$  cm

$$\text{a) } p = \frac{500 + 200y}{2k}$$

$$z_0 = 120,71 \text{ m}$$

$$\text{b) } p = \frac{700 + 300y}{2k}$$

$$z_0 = 89,71 \text{ m}$$

2.  $k = 65$  cm

$$\text{a) } p = \frac{500 + 200y}{2k}$$

$$z_0 = 110,70$$

$$\text{b) } p = \frac{700 + 300y}{2k}$$

$$z_0 = 82,14 \text{ m.}$$

A kisebb talpfatávolság azt eredményezte, hogy a  $z_0$  értéke az 1/a-nál 8,3, az 1/b-nél 8,5%-kal kisebb lett. Az egyszerűbb (1) képletből is meghatároztuk a  $z_0$  értéket:

$$p = 400 \text{ kg/m esetén: } z_0 = 133,56 \text{ m}$$

$$p = 500 \text{ kg/m esetén: } z_0 = 106,85 \text{ m}$$

$$p = 800 \text{ kg/m esetén: } z_0 = 66,78 \text{ m}$$

$$p = 1000 \text{ kg/m esetén: } z_0 = 53,43 \text{ m}$$

$$p = 1500 \text{ kg/m esetén: } z_0 = 35,62 \text{ m}$$

Összehasonlítva az (1) és (2) képletek eredményeit

$$p = 500 \text{ kg/m; } \frac{500 + 200y}{2k} = p \text{ esetében}$$

$$z_0 = 106,85 \quad k = 65; \quad k = 77 \text{ cm}$$

$$110,70; \quad 120,71 \text{ m.}$$

Az is meghatározható, hogy mekkora lesz a sín végén fellépő dilatációs hézag.

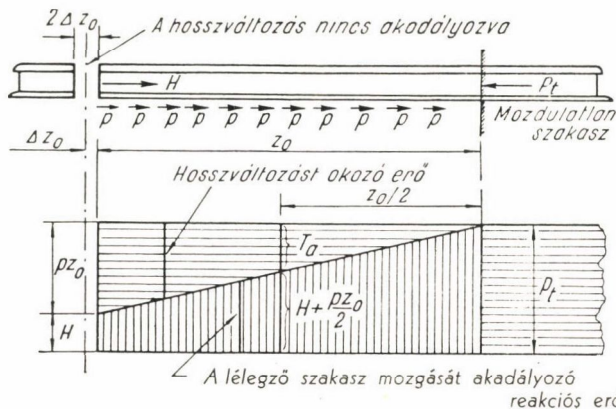
Ha az ágyazási ellenállás  $p$  kg/m, a fellépő  $\Delta z_0$  dilatáció nagysága a  $t = \pm 45^\circ \text{C}$  hatására az alábbiak szerint számítható (7. sz. ábra).

A mozgást okozó átlagos erő a  $z_0$  közepén

$$T_a = P_t - \left( H + \frac{p \cdot z_0}{2} \right) \quad (3)$$

$$\Delta z_0 = \frac{P_t - \left( H + \frac{p \cdot z_0}{2} \right)}{E \cdot F} z_0 \quad (4)$$

pl.  $p = 500$  kg/m-nél  
 $\Delta z_0 = 2,16$  cm.



7. sz. ábra: A lélegző szakasz hossza abban az esetben, amikor a sín végének mozgása nincs akadályozva

A Nemesdy-féle elmélet szerint

$$\Delta z_0 = \left( \alpha t z_0 - \frac{H \cdot z_0}{E \cdot F} \right) \cdot (1 - \vartheta) - 1,5 \frac{A}{B} \vartheta (1 - 1,25 \vartheta), \quad (5)$$

ahol

$$\vartheta = \frac{B z_0^2}{6 k E F}$$

Pl.  $k = 77$  cm

$A = 500$

$B = 200$  esetén

$E = 2\,150\,000$  kg/cm<sup>2</sup>

$\Delta z_0 = 1,83$  mm.

Fenti képletekből a sínvégek közötti hézag 4,36, ill. 3,66 cm-re adódik. Az eredmények szerint az ágyazási reakció pontosabb értékével számolva, a hézag nagyságára 16%-kal kisebb érték adódik.

Tudjuk, hogy egyes államokban a sínvégek között a max. hézag 15 mm-nél, nálunk 20 mm-nél nagyobb nem lehet. Ez azt eredményezi, hogy a lélegző szakasz végén előbb záródnak nagy melegben a sínvégek, minthogy a teljes dilatációra nincs lehetőség, a legnagyobb hidegben meg kell akadá-

lyozni a hézagok nagyobb szétnyílását, ezért a lélegző szakasznak a hossza kisebb lesz (8. ábra).

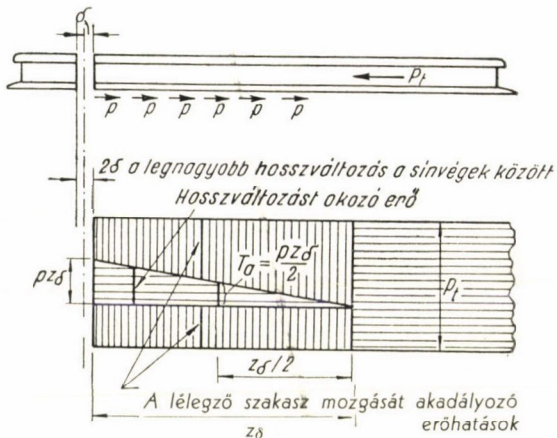
Ha a két sínvég között  $2\delta$  legnagyobb hézagot engedünk meg, a lélegző szakasz hossza az alábbiak szerint számítható:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{z_\delta} = \frac{T_a}{E F}$$

a 9. ábrából a  $\delta$  hosszváltozást okozó átlagos erő:

$$T_a = \frac{p z_\delta}{2}$$

$$z_\delta = \sqrt{\frac{2 E F \delta}{p}} \quad (6)$$



8. sz. ábra: A lélegző szakasz hossza abban az esetben, amikor a sínvégek mozgása akadályozva van

Előbbi példánk adataival számolva 48,3 kg/m-es felépítményünknel, ha a sínvégek között a legnagyobb hézag 16 mm:

$$z_\delta = 46,0 \text{ m.}$$

Ha a fektetés  $t_0 = 15 \text{ C}^\circ$  neutrális hőfokon történik, a sínvég mozgása  $\pm \frac{1,6}{4} = 0,4 \text{ cm}$  lehet, ennek megfelelően a (6) képletben  $\delta = 0,4 \text{ cm}$ .

A fentiek szerint a lélegző szakasz hosszára adódó elméleti érték a gyakorlatnak megfelelt. Nyugat-Németországi tapasztalatok szerint ui. a tompa illesztéssel csatlakozó hézagmentes sín végén a lélegző szakasz 30–40 m hosszú, ugyanilyen tapasztalatokat tettek Csehszlovákiában is. Felmerül a kérdés: a sínvégek ténylegesen mennyit mozognak? Erre vonatkozóan a rendelkezésre álló kevés adatból azt állapíthatjuk meg, hogy a sínvégek kis mozgást végeznek. Így a Csehszlovákiában létesített próbaszakaszon jól meghúzott leerősítő csavaroknál  $-6 \text{ C}^\circ$  és  $+25 \text{ C}^\circ$  hőmérséklet változás mellett a sínvégek elmozdulása csak 3 mm volt.

b) *A hézagmentes vágányok csatlakozása dilatációs készülékkel*

A francia Lévi a hézagmentes pályákról írt cikkében azt írja : „A szabad terjeszkedés alapelve csak akkor ejthető el, ha beigazolást nyer az, hogy a sínekben a hőmérsékletváltozás következtében tározódó feszültségektől tartanunk nem kell akkor, ha akarattal megakadályozzuk azok mozgását — lélegzését.”<sup>6</sup>

Bár a tapasztalatok szerint rövidebb, szabadon dilatáló sínek esetén hézagtorlódásoknál léphetnek fel a vágányban káros deformációk, a franciák a hézagmentes vágányoknál a sínszalakat nem tompa illesztéssel, hanem dilatációs szerkezet beépítésével csatlakoztatják. Ez azzal is összefügg, hogy a francia vasutaknál a sín lekötése a talpfás felépítménynél gyakran ékes bordás alátétlemezen belül két, kívül egy síncsavarral történik. Mivel a dilatációs készülékek nagyon drágák, arra törekszenek, hogy minél hosszabb hézagmentes síneket fektessenek.

A francia felfogás szerint a sínek hosszának megállapításánál mérsékletre van szükség. A tapasztalat ugyanis azt igazolja, hogy nagy forgalmú vonalaknál több km hosszú sínek karbantartása, fektetése és felszedése nehézségeket okozhat. Ezért a sínek hosszát egyelőre 800 m-ben állapították meg, azért is, mert ilyen hosszúságnál a dilatációs készülék a vágány építési költségeit csak 0,7%-kal növeli.

A dilatációs készülék *180 mm-es elmozdulást* tesz lehetővé, kizárva azt, hogy a viszonylagosan szabad dilatációnak bármilyen akadálya legyen.

A francia dilatációs készülék igen egyszerű. A két sín egyikét nyelvként, a másikat pedig ellenyelvként alakították ki, nagyon elnyúlt Z alakban. A szerkezet elvileg olyan, mint a hidakon használt mozdító csúcsínes dilatációs készülék. A keresztaljakra erősített csuszák közötti elcsúszás teszi lehetővé a sínvégek hosszirányú mozgását (9. ábra).

A dilatációs készülék 180 mm-es hosszváltozást tesz lehetővé, a megfigyelések szerint a hézag változása rövid időbeni lemaradás után átlagban hőfokonként 1 mm-es ütemben következik be. A hőfokonkénti mm-es hosszváltozásnak a hézagtól kétoldalt kb. 80—95 m-es a sínek „légzés”-ben résztvevő sínhossz felel meg, mérések azt mutatják, hogy a nagy elmozdulások az illesztések környezetére korlátozódnak, amíg egyéb szabálytalan jellegű és kisebb elmozdulások csak helyenként voltak észlelhetők.

Olyan adatokat eddig még nem sikerült beszerezniünk, amelyek arra adnának választ, hogy a francia hézagmentes sínszalak végén levő dilatációs szerkezetekben mekkora hosszváltozások lépnek fel.

A hazánkban alkalmazott Csilléry-féle dilatációs szerkezet a hézagmentes vágányok csatlakoztatásánál is jól felhasználható. Ezt azok a tapasztalatok is igazolják, melyeket a MÁV-nál Csilléry-féle dilatációs szerkezetekkel beépített hosszú síneken tettünk.

A hazánkban használt régi dilatációs készülékeket az oldalerőkkel szemben nem alakították ki megfelelően, s emellett a kerék alátámasztása is hiányos volt. A Csilléry-féle dilatációs készüléknél a folytonos alátámasztást — mind a függőleges, mind a vízszintes erőkre nézve — úgy oldják meg, hogy a rálapolás függőleges síkja egy közel ferde és vízszintes síkba megy át, vagyis az illesztési felület olyan torz felület, mely a hevederkamrába visz le.

<sup>6</sup> Lévi, R., Les longs rails soudés. Revue Générale des Chemins de Fer. 1953. 10.

Az illesztendő sínvégek megdolgozásának hossza a harmadfokú parabolától és a sínfej szélességétől függ, és annál nagyobb, minél nagyobb a felnyitási szükséglet. Pl. 80 mm nyitásnál a megdolgozási hossz kb. 1,00 m (10. ábra).

A Csilléry-féle dilatációs készülék nagy előnye, hogy menetirányra merőleges hézaga nincsen. A készüléket, hogy jól működjék, rendszeresen kenni kell.

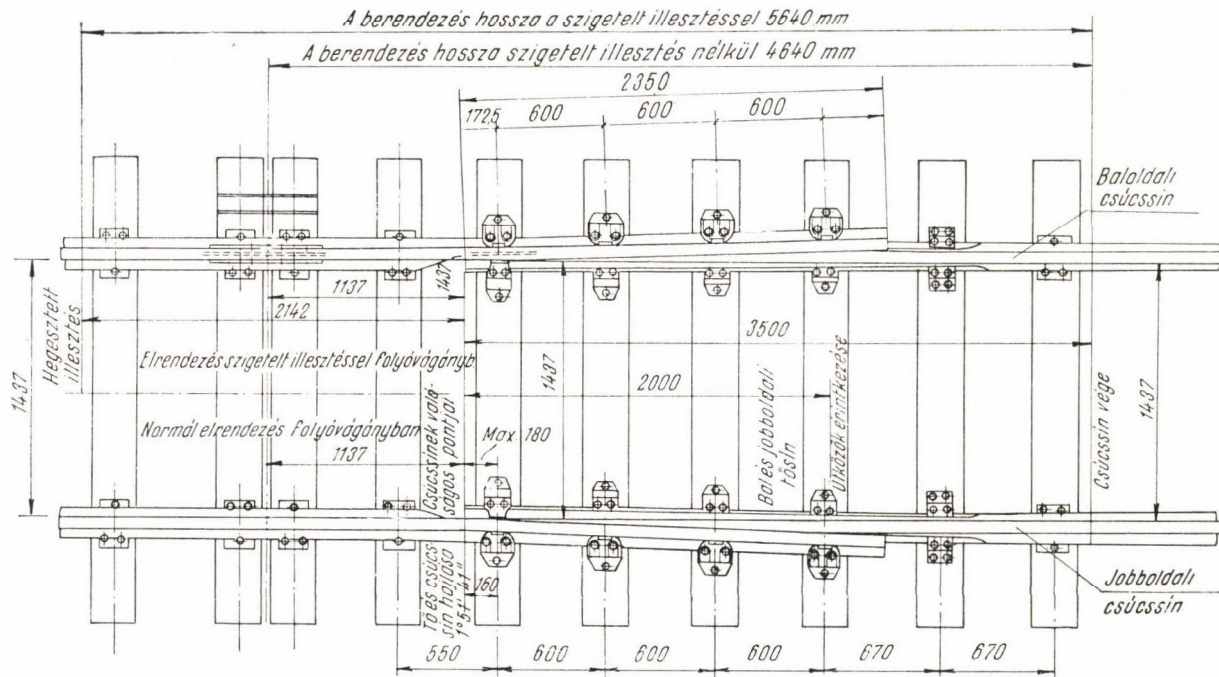
Igen érdekesek azok az eredmények, amelyeket a Csilléry-féle dilatációs szerkezet viselkedésével kapcsolatban a MÁV budapest—esztergomi vonala Óbuda—Angyalföld melletti szakaszán 96 m hosszúságú hosszú sínek mérési adatainak feldolgozásával kapcsolatban adódtak. A minisztérium illetékes ügyosztálya rendelkezésünkre bocsátotta ennek a kísérleti szakasznak az építési naplóját, illetőleg a szakasz megfigyelésével kapcsolatban felvett adatokat. Utalunk arra, hogy a Csilléry-féle dilatációs szerkezeteknél hézagméréseket, valamint sín és levegő hőfokmérést hajtottak végre havonta kétszer reggel és délután 1935. április 19—1938. augusztus 27-ig. Így módunkban volt kiértékelni azt, hogy a sín hőmérséklete és a levegő hőmérséklete milyen összefüggésben volt ezen a próbaszakaszon és hogy a Csilléry-féle dilatációs szerkezetek milyen hosszváltozást tettek lehetővé. Az eredményeket a 3. táblázatban tüntettük fel.

3. táblázat

Csilléry-féle dilatációs készülék nyitásának változása az 1934-ben létesített óbudai 96 m-es hosszúságú pályaszakaszon

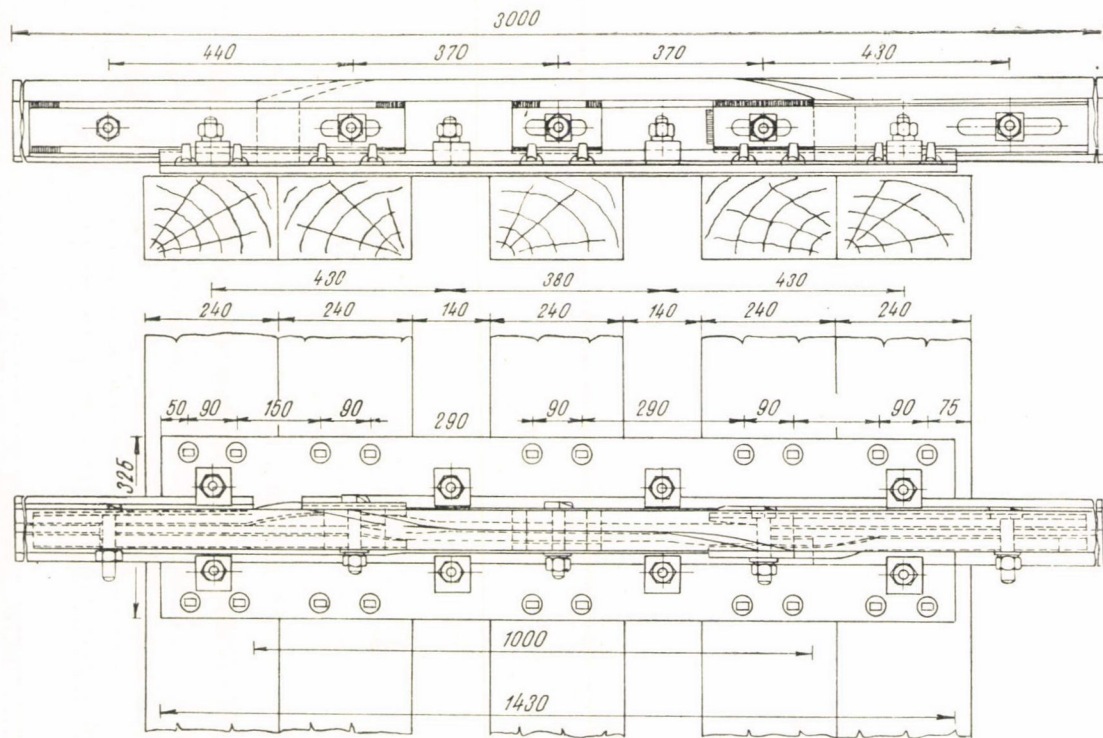
Sín hőmérséklet, C°	Levegő hőmérséklet, C°	Jobboldali	Baloldali
		hézag (mm)	
—20	—16	69,5	69,5
—15	—12	67,5	67,5
—10	— 8	65,5	65,5
— 5	— 4	62,5	63,0
0	0	59,5	60,0
+ 5	+ 4	55,0	56,0
+10	+ 8	51,0	52,0
+15	+11,5	46,0	48,0
+20	+15,5	41,0	43,5
+25	+19,5	36,0	38,5
+30	+23	30,5	33,5
+35	+27	25,0	28,5
+40	+31	19,0	23,0
+45	+35	12,0	16,5
+50	+39	5,0	10,0

A táblázat adatai szerint az a korábbi megállapítás, hogy a sín hidegben nem veszi fel teljesen a legkisebb levegő hőmérsékletét, az itteni mérések szerint nem nyert igazolást. Így —16 C° levegő hőmérsékletnél a sín hőmérséklete —20 C°, +39-es levegő hőmérsékletnél a sín +50 C°-ot ér el. Éppen ezért kívánatosnak látszik, hogy az ország különböző részeiben olyan megfigyelések kerüljenek végrehajtásra, amelyekből a sín és levegő hőmérsékleti összefüggése nyerjen megállapítást.



9. sz. ábra: A francia vasútak hézagmentes pályáin használt dilatációs szerkezet





10. sz. ábra: Csilléry féle dilatációs szerkezet

A jobb- és baloldali hézagok csaknem egyformán mozogtak, mindössze 5 mm eltérés volt a legnagyobb melegben a két oldali dilatációs szerkezetek között. A legnagyobb hosszváltozás 59,5–64,5 mm, átlagosan 62,0 mm. Az elméleti érték tehát

$$\Delta_1 = \alpha \cdot l \cdot (t_2 - t_1),$$

$t_2 - t_1$  a mérések szerint  $70\text{ }^\circ\text{C}$ , tehát

$$\Delta_1 = 0,000115 \cdot 9400 \cdot 70 = 76\text{ mm},$$

ami azt mutatja, hogy a súrlódások a hosszváltozást 14,0 mm-rel, 18,4%-kal csökkentették.

c) *A hézagmentes sínek csatlakoztatásánál sincs lehetőség a hőmérsékleti hosszváltozásokra*

A hézagmentes vágányok sínszárait úgy is csatlakoztathatják, hogy azok végeiken se mozdulhassanak el. Ilyen esetben a hézagmentes vágány teljesen mozdulatlan s a gátolt dilatáció miatt fellépő feszültségek értéke a sín egész hosszúságán át azonos.

A sínvégek mozgását betéttuskóval ellátott vezetősínekkel akadályozhatjuk meg.

A vezetősínek hosszúsága s a tuskócsavarok száma a sínvégekről a vezetősínekre átvitt hosszirányú dilatációs erő nagyságából határozandó meg. Ugyanígy tervezhetők a szigetelő hézagok is, a vezetősín egyik felének a másik felétől való szigetelésével, vagy általában a megfelelő alkatrészek mellett a szükséges pontok szigetelésével.

Egy másik eljárás abban áll, hogy a hosszirányú erőhatásokat a sínek végeiről gátló kengyelek révén átvisszük a vezetősínekre. A gátló kengyeleket a sínek végeire és a vezetősínekre szerelik fel.

Elhelyezhetjük a sínvégeket fémlapra is. A fémlapot szögvasakkal és csavarokkal, vagy más módon kapcsolhatjuk össze a sínrel.

a) *A sínfeszültségek nagysága*

A MÁV 48,3-as felépítményénél a sínekben a gátolt dilatáció hatására — mint láttuk — szélső hőmérsékletnél, ha a fektetési hőfok  $15\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $1,111\text{ kg/cm}^2$  húzó-, illetőleg nyomófeszültség keletkezik. Fel lehetne tenni a kérdést, hogy e nagy járulékos feszültség miatt nem lesz-e a sínben olyan nagy feszültség-halmozás, ami a biztonságot veszélyezteti? A tapasztalatok szerint a nyomófeszültségek, mivel a sintörések általában a hajlításból származó húzófeszültségek miatt lépnek fel, biztonság szempontjából nem kedvezőtlenek, mert hiszen a jármű terhelése által okozott húzófeszültségekkel ellentétesek, s azokat csökkentik. A nyomófeszültségeket a nyomott részekben természetesen megnövelik ugyanúgy, mint megnövekednek a terhelés által előálló húzófeszültségek legalacsonyabb hőfok mellett. A sínben levő feszültség az alábbi képlettel fejezhető ki:

$$\sigma_t = a + b \sigma_{st}, \quad (7)$$

ahol  $a$  a terheléstől független feszültségek értéke,  
 $b$  a dinamikus tényezők szorzata,  
 $\sigma_{st}$  a nyugvó vagy statikus keréksúly okozta feszültség, ezek a sínben 5–10 km/ó sebesség esetén keletkeznek.

Egyenes pályán a fontosabb állandó feszültségek az alábbiak:

1. *Gyártási sínfeszültség* ( $\sigma_g$ ). Ez a feszültség a síngyártás folyamán hengerlés, lehülés, egyengetés hatására maradhat a sínben. Értéke a sintonálban átlag 600 kg/cm<sup>2</sup> húzást is elérhet. Ma ezzel az értékkel számolhatunk, utalva arra, hogy költségesebb síngyártási eljárásnál ezek a feszültségek lecsökkenthetők.

2. *A gátolt dilatáció által okozott sínfeszültség*. Ezzel részletesen foglalkoztunk, 45 C° hőfokváltozásnál értéke a 1,110 kg/cm<sup>2</sup>-t eléri.

3. *A rezgési feszültségek* ( $\sigma_r$ ) abból származnak, hogy a terhelés gyors áthaladásánál a rugalmas sínszál rezgésbe jön. Timosenko elméleti vizsgálatai, valamint a mérések szerint az így előálló feszültségek értéke független a terhelés nagyságától és sebességétől. A rezgések frekvenciája a sínél 200–300 hertz értéket is elérheti. Az ebből származó feszültség érték azonban nem haladja meg a 100 kg/cm<sup>2</sup> értékét. A fentieknek megfelelően tehát a hézagmentes sínben az állandó feszültség 600 + 1110 + 100 = 1810 kg/cm<sup>2</sup> tekintélyes értéket is elérhet.

A dinamikus hatások egyenes pályán<sup>7</sup> két csoportra oszthatók, és pedig:  
 rendes dinamikus hatások ( $\mu_d$ ) és  
 rendkívüli dinamikus hatások ( $\mu_{dr}$ ).

A rendes dinamikus hatások két részből tevődnek össze. Az első rész az ún. *tiszta dinamikus hatás*, amely a sebességtől függ. A pálya és járművek el nem kerülhető egyenetlenségei és hiányosságai a rendes dinamikus hatások második, túlnyomó részét adják. A Közép-Európai Vasútegylet szerint a kétféle hatásból számítható rendes dinamikus szorzó jól fenntartott fővonali pályán:

$$\mu_d = 1 + \frac{v^2}{30\,000}$$

képletből számítható. Eszerint rövid sínekből álló pályán  $v = 100$  km/ó sebességnél a rendes dinamikus hatás értéke 1,33.

A hézagmentes pálya éppen amiatt, hogy a pálya egyenetlenségeit adó rendellenes mozgásokat eredményező sínillesztések hiányoznak, dinamikus hatás szempontjából sokkal kedvezőbb, és így a rendes dinamikus szorzó kisebb. 100 km/óra sebességnél 15–20%-ra tehető.

A *rendkívüli dinamikus hatások* nagysága a hézagmentes pályákon, amelyek tudvalevőleg a legnagyobb forgalmú vonalak, és így a pálya felügyelete, valamint a járművek ellenőrzése is gondosabb, a rövid sínes pályákon alapul vehető 200%-kal szemben 150%-ra tehető. Ennek megfelelően a (7) képletben

$$b = \mu_d \cdot \mu_{dr} = 1,2 \cdot 1,5 = 1,80$$

<sup>7</sup> A legtöbb államban a hézagmentes pályákat egyenesbe vagy 800 m-nál nagyobb sugarú ívekbe fektetik.

és így hézagmentes pályán egyenesben a sínfeszültség értéke

$$\sigma_t = 1810 + 1,6 \cdot \sigma_{st},$$

ha a  $\sigma_{st} = 1000$  kg, úgy a  $\sigma_t$ -nek az értéke  $= 1810 + 1600 = 3410$  kg, ami kb. 600 kg-mal kisebb, mint a rövid sínben számítható feszültség, s értéke az arányossági határt nem éri el.

A felépítményben fellépő üzemi feszültségek a mérések szerint a fent megadott  $1600 \text{ kg/cm}^2$ -nél kisebbek.

A helyszíni feszültségmérésekből ui. az is megállapítható volt, hogy az egyes feszültségi értékek gyakorisága hogyan alakul. A mérések szerint a leggyakrabban előforduló feszültség  $800 \text{ kg/cm}^2$  s így az állandó feszültségek beszámításával

$$\sigma_t = 1810 + 800 = 2610 \text{ kg/cm}^2 < 2800 \text{ kg/cm}^2\text{-nél a sín fáradási szilárdságánál.}$$

Fontos követelmény ui. az, hogy az igen sokszor előforduló feszültségek értéke ne haladja meg a sín fáradási, ún. tartamszilárdságát. Az ennél kisebb igénybevételt okozó terhelést fáradási repedés nélkül akárhányszor lehet alkalmazni. Értéke a mai sínanyagnál  $2800\text{--}3000 \text{ kg/cm}^2$ .

Látjuk tehát, hogy a hézagmentes pályákban levő leggyakoribb feszültségek értéke nem haladja meg a tartamszilárdság értékét.

Mégis mi okozhat sintörést? Kétféle lehet az ok:

1. A mozgó terhelés a sín által elbírnál nagyobb feszültségeket eredményez, vagy igen nagy ütőhatást ad át a sínre.

2. A sínben a törés helyén anyaghiba, rejtett repedés vagy más hiányosság van.

Legtöbb sintörés oka a nagy dinamikus hatás és a sín ütésszerű igénybevétele. Ilyen rendkívül ritka esetekben a  $\mu_{dr} = 4 - 5 - 6$  is lehet, így a fenti adatokkal egyenesben levő szakaszokon a sínigénybevétel  $\mu_{sr} = 5$  esetén

$$\sigma_t = 1810 + 1,2 \times 5,0 \times 1000 = 9,010 \text{ kg/cm}^2 > \sigma_{sz}.$$

Ilyen nagy dinamikus hatás főképpen akkor okoz törést, ha a felépítmény nem elég rugalmas. Ilyen eset állhat elő télen erős hidegben.

A legtöbb törésnél a sín anyaga ellen is lehetett a törés helyén észrevételt tenni. Rendszerint az is megállapítható volt, hogy a törési helyen a sín nem volt anyaghiba mentes, ill. a készítésénél, hengerlésénél is hiányosságok voltak.

Fontos tehát, hogy a hézagmentes pálya síneinek minősége kifogástalan legyen. Emellett mindent el kell követni, hogy a nagy ütőerőket átadó lapos kerekek egyrészt ne állhassanak elő, másrészt ilyenek ne vehessenek részt a közlekedésben. A fékezési technika javítandó úgy meg, hogy a keréktalpakon laposodás ne állhasson elő.

#### b) Vágánykivetődés veszélye

A hézagmentes vágány középső mozdulatlan részében fellépő nyomóerő legnagyobb értéke a MÁV  $48,3 \text{ kg/m}$ -es sínénél  $t_0 = 15 \text{ C}^\circ$  fektetési hőfok és  $90 \text{ C}^\circ$  legnagyobb sínhőmérséklet esetén:

$$P_t = 68,424 \text{ kg.}$$

Ez a 68 t-nál nagyobb nyomóerő azért veszélyes, mert a síneknek, mint nyomott rudaknak a kivetődését okozhatja.

A kivetődés problémájának tudományos vizsgálatánál a kutatók elméleti úton igyekeznek meghatározni azt a legnagyobb nyomófeszültséget, illetőleg nyomóerőt, amelyet a vágány alakváltozás, kihajlás nélkül kibír. Ha a hőfokemelkedés következtében fellépő nyomóerők ennél a határértéknél kisebbek, nem lép fel vágánykivetődés.

Ezeknél az elméleti vizsgálatoknál legegyszerűbb a kivetődést mint kihajlás jelenséget vizsgálni.

A vágány kihajlása két síkban, a függőleges, ill. a vízszintes síkban következhet be. A kísérletek szerint a kivetődésnél általában mind a két irányú kihajlás — bár az egyik irányú nagyobb mértékben — bekövetkezik.

A kivetődéssel szemben a biztonságot erősen növeli a vágány ún. keretmerevsége. Ha ui. a bordás alátétlemezes kapcsolatnál a sínszálaknak a keresztaljhoz való lekötése eléggé szoros, a keretmerevség nagy, a vágánykeretek elferdülése igen nehezen, csak lényegesen nagyobb tengelyerőnél következik be.

Gyengébb kerethatású, sínszeges, síncsavaros könnyebb felépítménynél a kísérletek szerint előbb oldalirányú kivetődés áll elő, amíg keretmerev vágányoknál a legtöbb kivetődés a függőleges síkban következik be.

A sínkivetődést, a kihajlást okozó kritikus erő kiszámításával sokan foglalkoztak. Utalunk arra, hogy a vágánykivetődés kérdésével a számos kutató közül a legjelentősebb eredményeket dr. Nemesdy, Amman, Wattmann és Miscsenko érték el.

Egyes elméletek geometriailag teljesen egyenes vágány esetére adják meg a kritikus erőt.

Más kutatók vizsgálataiknál felteszik azt, hogy a vágány tengelye a geometriailag teljesen egyenes helyzetétől eltér. Azt vizsgálják, hogy az oldalirányú ellenállásnak a kezdeti excentricitás mellett mekkorának kell lennie ahhoz, hogy a vágány ne deformálódjék. Itt igen kedvező eredmények adódnak a vasaljas felépítménynél. Ennek az igen komplex feladatnak a megoldását, az egyes tényezők szerepének felderítését nagymértékben elősegítik a vágánykivetődési kísérletek. Ilyen kísérletek mind üzemi, mind különlegesen e célra berendezett kísérleti vágányon hazánkban is folytak. Az első kísérleteknél a nyomóerőket sajtóval állították elő, s csak a legújabb külföldi kísérleteknél került sor a valóságot jobban megközelítő sínfelmelegítésre. Nyilvánvaló, hogy az első módszer kevésbé közelíti meg a valóságot, minthogy a sajtók közelében a vágány feldudorodása lép fel úgy, hogy a kivetődés rendszerint itt jön létre.

Igen jelentősek azok a kísérletek, amelyeket a vágánykivetődésekkel kapcsolatban hazánkban 1929—30-ban dr. Nemesdy Mórágynon 60 m hosszúságú próbaszakaszon végzett. A próbaszakaszt egy felhagyott kőbánya sziklafalának vezették avégből, hogy a sajtókkal megnyomott hosszú sín a végén kellő támasztást kaphasson (11. ábra).

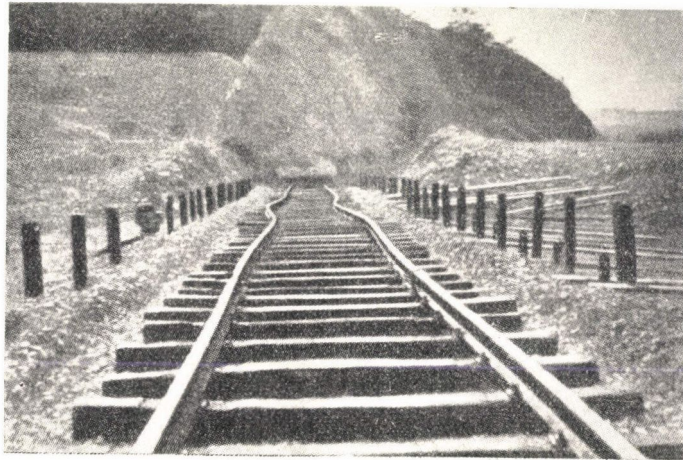
A rugalmas kihajlás elméletéből az ágyazat oldalirányú ellenállásának és a vágány önsúlyának hatására figyelemmel, dr. Nemesdy mind a vízszintes, mind a függőleges irányú kivetődésre olyan kritikus kivető erőt származtatott le, amelynek értéke a mesterségesen, hidraulikus sajtókkal előidézett mórágnyi vágánykivetődések eredményeivel elegendő pontossággal összhangban áll.

Hogy viselkednek a hézagmentes pályák a kihajlási veszéllyel szemben?

Elsőbbben is fel lehet tenni azt a kérdést, hogy azoknál a rendszereknél, amelyeknél a hézagmentes sínszál szabadon dilatálhat, lehet-e kivetődés?

Elméletileg természetesen nem, azonban éppen amiatt, hogy ha a dilatació nem tud szabadon kifejlődni, vagy más rendellenesség lép fel, itt is lehet éppen a vágány minimális keretmerevsége miatt kivetődés.

Ilyenesetről számol be a Zseleznodorozsnijj Transzport 1955 dec. számában Bocsenkov. Közlése szerint a Moszkva—Kurszk—Don-medence vonalkísérleti szakaszán alkalmazott, talpfákon való szokásos leerősítés nem biztosítja a hézagmentes 1000 m hosszú sínek kellő hosszirányú elmozdulását s ennek következtében csavarorsós emelővel végrehajtott vágányemeléskor két esetben kb. + 10 C°-os levegőhőmérséklet mellett vágánykivetődés következett



11. sz. ábra: Mórágyon végrehajtott sinkivetődési kísérletek

be. A szovjet tapasztalatok szerint hőmérsékleti feszültségektől mentesített hegesztett hézagmentes síneknél olyan speciális leerősítést kell alkalmazni, amelynél a sántalp nincs lefogva.

A hőmérsékletváltozás miatti sínmozgást megakadályozó szoros, ún. keretmerv kapcsolatoknál *sinkivetődés* gondos építés, kellő fenntartás mellett *nincsen*. Legtöbb vasút azért alkalmaz a hézagmentes síneknél vasbeton keresztaljakat, hogy a súly növelésével a vágánynak a kivetődés, kihajlás elleni ellenállását növelje. A tapasztalatok szerint azonban a kisebb súlyú fa-, ill. vasaljas felépítmények is teljes biztonságot nyújtanak a vágánykivetődésekkel szemben. Ezt igazolják a Német Szövetségi Vasutakon szerzett tapasztalatok is.

A tapasztalatok szerint a hézagmentes vágány keretmerv vagy rugalmas leerősítés esetén kivetődésre nem veszélyes.

### c) Húzóerők. Biztonság a nagy hidegben fellépő sántöréseknél

A hézagmentes vágányban akkor lépnek fel húzóerők, ha a hőmérséklet csökken. Szélső esetben  $-30\text{ C}^\circ$ -on, ha a fektetési hőfok  $15\text{ C}^\circ$  volt, a legnagyobb húzóerő egyenlő a legnagyobb nyomóerővel s értéke pl. a MÁV 48,3 kg-os felépítményénél az előzőekben kiszámított 68,4 tonna.

A vágány alakjának deformálására ezeknek a nagy húzóerőknek ninesen káros hatásuk. Egyenesben a sínek húzása miatt nem változik meg a vágány iránya, ill. helyzete. Ívekben a húzóerő a sínt az ív közepe felé húzza s azáltal, hogy az ágyazat enged, a sín tehermentesül, az ív hossza pedig kisebb lesz. Utalunk arra, hogy jelenleg általában nem fektetnek 800 m-nél kisebb sugarú ívben hézagmentes síneket. A legkisebb vízszintes sugár értéke a vágány oldalirányú ellenállásának nagyságával van összefüggésben. Franciaországban kiterjedt méréseket végeznek a vágány oldalirányú ellenállásának meghatározására.

A nagy húzóerőknek az alábbi két hátrányos hatása van :

1. a síntörési veszélyt növeli,
2. a sín végén a hevedercsavarokat deformálja.

A tapasztalat szerint a nagy húzóerő nagy téli hideg esetén a törési veszélyt növeli. A sín talpán fellépő összes húzófeszültségek — mint kimutattuk — üzem közben a  $3.400 \text{ kg/cm}^2$  értéket is elérik. Ha emellett még egyéb kedvezőtlen körülmények is bekövetkeznek, úgy síntörés állhat elő.

Ezzel szemben a legnagyobb nyomóerőknek a síntörést illetően nines ilyen káros hatása, ott — mint rámutattunk — kivétődési veszéllyel lehet számolni.

Nagy hidegben — a tapasztalat szerint — szaporodik a síntörések száma. Ezt a német vasutak két világháború közötti síntörési statisztikája jól mutatja. Olyan évben, amikor a téli időjárás normális, a német vasutakon 2000—3000 db volt a síntörések száma. Ezzel szemben az 1928/29. és az 1939/40. évi igen hideg téli időszakban a síntörések száma 8000—9000-re növekedett. Ezt azzal is lehet magyarázni, hogy a sínacél alacsonyabb hőfoknál érzékenyebb a törésekre, mivel az anyag rugalmasságából veszít, ridegebb lesz s ennek következtében a járulékos húzóigénybevételeknek nem tud megfelelni. A hideg téli időben fellépő sok síntörés másik magyarázata, hogy a tartós hideg következtében a vágány kevésbé rugalmas ágyazáson fekszik fel. Mivel a rugalmas alakváltozás igen kismértékű, a dinamikus ütőhatások, különösen szabálytalan kerekeknél (lapos kerék) síntörést okoznak. Emellett az átfagyott ágyazásban igen megnövekszik a talpfáknál a sín összehúzódását gátló ellenállás, s emiatt a sínre nagy húzóerő jut. Éppen ezért már olyan javaslat is hangzott el, hogy a fektetési (ún. semleges) hőfok ne a szélső hőmérsékleti értékek közé-pére essék, hanem annál alacsonyabb legyen. Ezáltal a téli húzóigénybevételek, ill. húzóerők kisebbek, amíg a nyári nyomóigénybevételek s az ebből származó nyomóerők nagyobb értékűek lennének.

Lássuk, hogy ha a törés bekövetkezik, mennyire ugorhatnak szét a sínvégek?

Ha a nagy hidegben törés lép fel, a két sínvég eltávolodik egymástól, ami a biztonságot csökkenti. Olyan sínszálnál, amely feszültségmentes, az egyenesben levő síntörés azért nem veszélyes, mert a sínvégek nem távolodnak el egymástól.

A 12. ábrán tüntettük fel az erőjátékot akkor, amikor a törés bekövetkezik. Az, hogy az eltörött sín végei milyen távolságon nyílnak szét, az ágyazati reakció nagyságától függ.

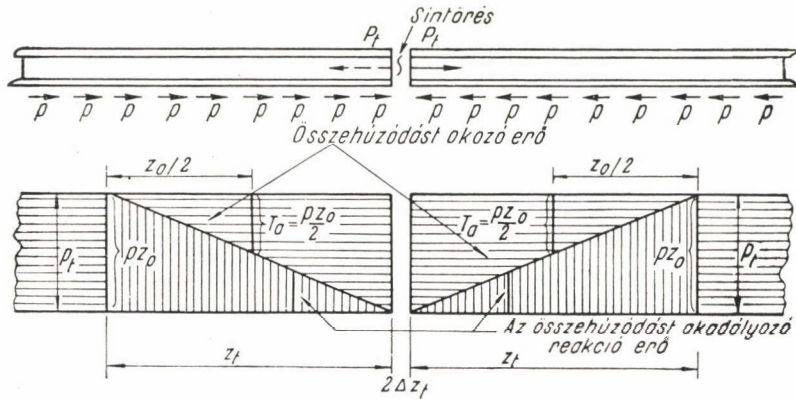
$p = 300 \text{ kg/m-nél}$  a MÁV 48,3 kg/m-es felépítményénél  $P_t = 68,4 \text{ t}$  legnagyobb húzóerő esetén a lélegzési hossz

$$z_t = \frac{P_t}{p} = 228,08 \text{ m}$$

$$\Delta z_t = \frac{T_a}{EF} z_t = 4,9 \text{ cm}$$

Ez a hosszváltozás a húzott sínvégen azonnal bekövetkezik, a hideg hatására elméletileg a másik sínvég is ugyanennyivel húzódik össze s így a két sínvég között

$$2 \Delta z_t = 9,8 \text{ cm hégaz állhat elő.}$$



12. sz. ábra: Sínvégek mozgása nagy hidegben előforduló törés esetén

Bár a franciák az ágyazási reakciót 300 kg/m-nek veszik fel, ez az érték téli időben, amikor az ágyazási anyag is össze van fagyva, alacsony. Sokkal kisebb hégaz adódik, ha az ágyazási reakciót 1000 kg/m-nek vesszük fel.

Ebben az esetben

$$z_t = 68,42 \text{ m.}$$

$\Delta z_t = 1,78 \text{ cm}$ , a két sínvég közötti legnagyobb hégaz  $2 \times 1,78 = 3,56 \text{ cm}$ .

Milyen tapasztalatok vannak a ténylegesen beépített pályáknál a sínvégek közötti hideg időben előálló hégaz nagyságára?

A kísérletek szerint 70 t húzóerő fellepténél előálló törésnél a hégaz 2–15 cm lehet aszerint, hogy a vágánynak milyen a keretmerekvége, azaz milyen mereven van a sín a keresztgerendával összekapcsolva, milyen nagy a vágány ellenállása a hosszirányú erő eltoló hatásával szemben és hogy milyen a vágány zúzottkővel való kitöltése.<sup>8</sup>

A több centimétert kitevő törési hégaz természetesen csökkenti az üzembiztonságot és éppen ezért mindent el kell követni, hogy a hideg időben előálló sintöréseknél a hégaz nagysága minimális legyen. Ezt a legmondosabb

<sup>8</sup> Meier, Verbesserung der Eisenbahnschiene. Eisenbahntechnische Rundschau 1953.6/7. sz.



munkával, a vágány keretmerevségének állandó fenntartásával (csavarok utánahúzása), a talpfák közötti hézag gondosan elhelyezett ágyazattal lehet elérni.

A ténylegesen előálló hézag nagyságára vonatkozóan közvetett és közvetlen kísérletek végzésével igyekeztek választ nyerni.

Így pl. a Münster melletti szakaszon a hézagmentes sín elvágásánál határozták meg a hézag nagyságát. Azt állapították meg, hogy ha melegben kivágtak a hosszú sínből egy darabot, a sínvégek a nyomóerő hatására 25–30 mm-re mozdultak el. A sín  $-10$ ,  $-15$  C°-on vágták el, s a hézag 25 mm-re növekedett. Üzem alatt a hézag növekedését lehetett megállapítani.

Igen érdekesek azok a kísérletek, amelyeket a húzás alatt levő sín törése esetén a fellépő hézag nagyságának meghatározására a Német Demokratikus Köztársaságban végeztek.<sup>9</sup>

Az újszerű kísérleteket úgy hajtották végre, hogy egy 210 m hosszú S 49-es sín — amely középen eltörve is úgy viselkedik, mint a hézagmentes vágány sínei — elektromos úton 120 C°-ra hevítettek s ezen a hőfokon erősítették le Geo-kapcsolattal a fakeresztgerendákra.

A lehülés következtében állandóan növekedett a sínben a húzóerő. Előzetesen átvágták középen a sín fejét és talpát úgy, hogy a középső keresztmetszetben a húzóerőnek csak a sín gerinc állott ellent. Amikor a síngerinc felületén a húzófeszültség elérte a sín szakítószilárdságát, a sín eltört. A sín hőmérsékletének mérésével a dilatációs erő nagysága is meghatározható volt.

A sín  $P_t = 90\ 000$  kg húzóerőnél tört el 60 C° hőmérsékletnél. Ez a nagy húzóerő a sín ép keresztmetszeteiben 1440 kg/cm<sup>2</sup> húzófeszültséget, a bevágott középső keresztmetszetben 7350 kg/cm<sup>2</sup> szakító igénybevételt okozott.

Milyen hézag keletkezett a törésnél? A törés pillanatában 50 mm hézag keletkezett, amely 1 óra 30 perc után 79 mm-re tágult. A törés melletti keresztgerendák a törés pillanatában 1,5–1,5 cm-re mozdultak el, 1 óra 30 perc múlva az ágyazásba való oldalmozgásuk 4 cm volt. A törés melletti szakaszokra felszerelt sínvándorlást gátló berendezések a további mozgást megakadályozták. A törés melletti talpfák elmozdulása következtében az emelkedés 10 mm volt, oldalkitérést nem észleltek. 1 óra 30 perc után minden mozgás megszűnt.

A veszélyt a Német Szövetségi Vasutak úgy küszöbölik ki, hogy hideg töréseknél minden esetben ideiglenes hevederkötést kell elhelyezni, és a törés szomszédságában sínvándorlás gátló szerkezetekkel kell megakadályozni, hogy a sín a lekötés lazasága miatt az aljtól függetlenül elmozdulhasson. Ez különösen régebbi felépítménynél feltétlenül szükséges. Ahol nagyobb a hézag, oda betétdarab helyezendő be, illetőleg ferde törésnél 2–3 m-es darabot vágunk ki s a csatlakozást ideiglenes hevederkötések beépítésével biztosítjuk.

### Összefoglalás

A fentiek szerint a hézagmentes vasúti pályák tervezésével és fektetésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések általában tisztázottak. Egyes kérdések, pl. a hideg töréssel kapcsolatos biztonság még további elméleti és gyakorlati vizsgálatokat igényel. Az eddigi tapasztalatok kedvezők mind gazdaságilag, mind üzemtechnikailag.

<sup>9</sup> K. Zimmermann, Neue Probleme des Langschienenoberbaues. Deutsche Eisenbahntechnik 1956. No 2.

Legfőbb előnye a hézagmentes pályáknak a fenntartásnál jelentkező megtakarítás, amely külföldi adatok szerint a normális fenntartási költségeknek faaljon 30—70%-ára, vasbeton aljon 60%-ára tehető.

A hézagmentes szakaszokon a közlekedés nyugodtabb és kevésbé zajos, minthogy az illesztéseken való áthaladásnál fellépő ritmikus ütődések elmaradnak. A zaj gumi alátétlemezek alkalmazásával a régi felépítményen jelentkezővel szemben legalább 2,5-szeresre csökken.<sup>10</sup>

Különösen figyelemre méltó a klasszikus és hézagmentes vágány minőségi viselkedésének összehasonlítása. A felújítást követő stabilizációs időszak befejeztével a klasszikus vágányzat gyengéi gyorsan érvényesülnek az illesztéseknél keletkező szintkülönbségek alakjában. E hiányosságok annál gyorsabban fokozódnak, minél kevesebb gondot fordítanak azok gyors és szakszerű kijavítására. A hiányosságok dinamikus hatásokat okoznak, amelyek a járművek áthaladásánál keletkező ütésekben jelentkeznek — különösen a teherkocsiknál. A klasszikus illesztéseket éppen ezért rövid időközökben kell javítani és pedig annál gyakrabban, minél öregebb vágányzatról van szó, ill. minél kevesebb gondot fordítanak kezdetben azok karbantartására.

A hézagmentes pálya viselkedése ettől lényegesen különbözik. Szintbeni hibái sokkal nagyobb távolságra oszlanak el és ezért e hiányosságok lassabban jelentkeznek. Ezért csak kis hatással vannak a járművek futására. Ily módon a hibák javítása hosszú időre előre tervezett programmal oldható meg. Sajátosságuk, hogy módot adnak a javítási munkák időben való olyan ütemezésére, amikor azt a hőmérsékleti viszonyok megengedik.

A karbantartási munkák kisebb szüksége azt eredményezi, hogy a hézagmentes vágányoknál igen jelentős a megtakarítás. Francia adatok szerint nem mondhatók túlzottaknak a 75% nagyságrendű megtakarítások akkor, ha a hézagmentes vágány fenntartási költségeit kiöregedett hevederes pályák e költségeivel hasonlítjuk össze.

Figyelemre méltó, hogy a karbantartó személyzetnek legkevesebb munkát adnak a hegesztett pályaszakaszok, amelyeket ezenkívül még a szabályosság és a legnagyobb kényelem, ill. a legnyugodtabb járás jellemez.

<sup>10</sup> Hrdlicka: Kolej bez dilatačník spár z pobežne svarených kolejnic. Zelezniční Technika 1954. 7.