



KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI  
SZERVEZET

# ZÁRÓJELENTÉS

**2015-1160-5**  
**Vasúti baleset / Kisiklás**

**Orgonás**  
**2015. november 1.**

A szakmai vizsgálat célja a súlyos vasúti balesetek, a vasúti balesetek és a váratlan vasúti események okainak, körülményeinek feltárása, és a hasonló esetek megelőzése érdekében szükséges szakmai intézkedések kezdeményezése, valamint javaslatok megtétele. A szakmai vizsgálatnak semmilyen formában nem célja a vétkesség vagy a felelősség vizsgálata és megállapítása.

## Jelen vizsgálatot

- a légi-, a vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb közlekedési események szakmai vizsgálatáról szóló 2005. évi CLXXXIV. törvény (a továbbiakban: Kbv.),
- a súlyos vasúti balesetek, a vasúti balesetek és a váratlan vasúti események szakmai vizsgálatának, valamint az üzemmentartói vizsgálat részletes szabályairól szóló 24/2012. (V.8.) NFM rendelet,
- illetve a Kbv. eltérő rendelkezéseinek hiányában a közigazgatási hatósági eljárás és szolgáltatás általános szabályairól szóló 2004. évi CXL. törvény rendelkezéseinek megfelelő alkalmazásával folytatta le a Közlekedésbiztonsági Szervezet.

A Kbv. és a 24/2012. (V.8.) NFM rendelet együttesen az Európai Parlament és a Tanács 2004/49/EK irányelve (2004. április 29.) a közösségi vasutak biztonságáról valamint a vasúttársaságok engedélyezéséről szóló 95/18/EK tanácsi irányelv és a vasúti infrastruktúrapacitás elosztásáról, továbbá a vasúti infrastruktúra használati díjának felszámításáról és a biztonsági tanúsítványról szóló 2001/14/EK irányelv módosításáról (vasútbiztonsági irányelv) szóló uniós jogi aktusoknak való megfelelést szolgálják.

A Közlekedésbiztonsági Szervezet illetékessége a 278/2006. (XII. 23.) Korm. rendeleten, valamint 2016. szeptember 1-étől a közlekedésbiztonsági szerv kijelöléséről, valamint a Közlekedésbiztonsági Szervezet jogutódlással való megszűnéséről szóló 230/2016. (VII. 29.) Korm. rendeleten alapul.

## Fenti szabályok szerint

- A Közlekedésbiztonsági Szervezetnek a súlyos vasúti balesetet ki kell vizsgálnia.
- A Közlekedésbiztonsági Szervezet mérlegelési jogkörében eljárva kivizsgálhatja azokat a vasúti baleseteket, illetve váratlan vasúti eseményeket, amelyek megítélése szerint más körülmények között súlyosabb következményű balesethez vezethettek volna.
- A szakmai vizsgálat független a közlekedési baleset, illetve az egyéb közlekedési esemény kapcsán indult más közigazgatási hatósági, szabálysértési, illetve büntetőeljárástól.
- Jelen Zárójelentés kötelező erővel nem bír, ellene jogorvoslati eljárás nem kezdeményezhető.

A Vizsgálóbizottság tagjaival szemben összeférhetlenség nem merült fel. A szakmai vizsgálatban résztvevő személyek az adott ügyben indított más eljárásban szakértőként nem járhatnak el.

A Vb köteles megőrizni és más hatóság számára nem köteles hozzáférhetővé tenni a szakmai vizsgálat során tudomására jutott adatot, amely tekintetében az adat birtokosa az adatközlést jogszabály alapján megtagadhatta volna.

## Jelen zárójelentés

alapjául a Vb által készített és az észrevételek megtétele céljából – jogszabályban meghatározott – érintettek számára megküldött zárójelentés-tervezet szolgált. A tervezet megküldésével egyidejűleg a KBSZ főigazgatója értesítette az érintetteket a záró megbeszélés időpontjáról, arra meghívta az érintett személyeket, szervezeteket.

A zárójelentéshez az érintettek észrevételt nem tettek.

---

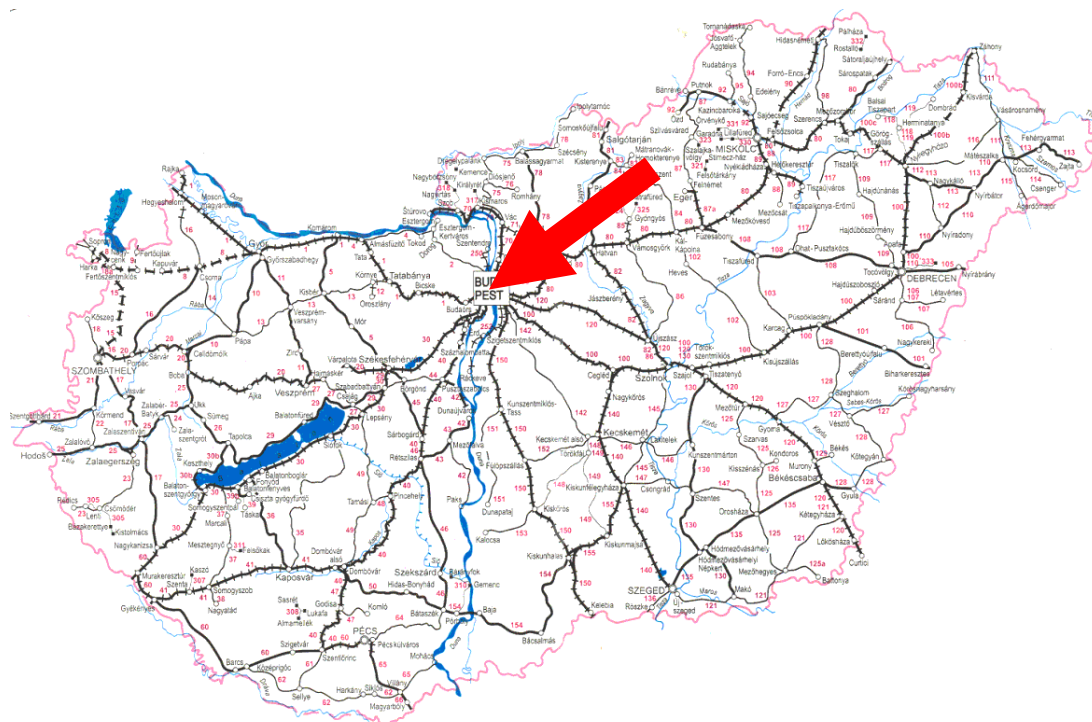
## MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

BKV	Budapesti Közlekedési Zrt.
KBSZ	Közlekedésbiztonsági Szervezet
Kbvt.	A légi-, a vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb közlekedési események szakmai vizsgálatáról szóló 2005. évi CLXXXIV. törvény
psz.	pályaszám
Vb	Vizsgálóbizottság

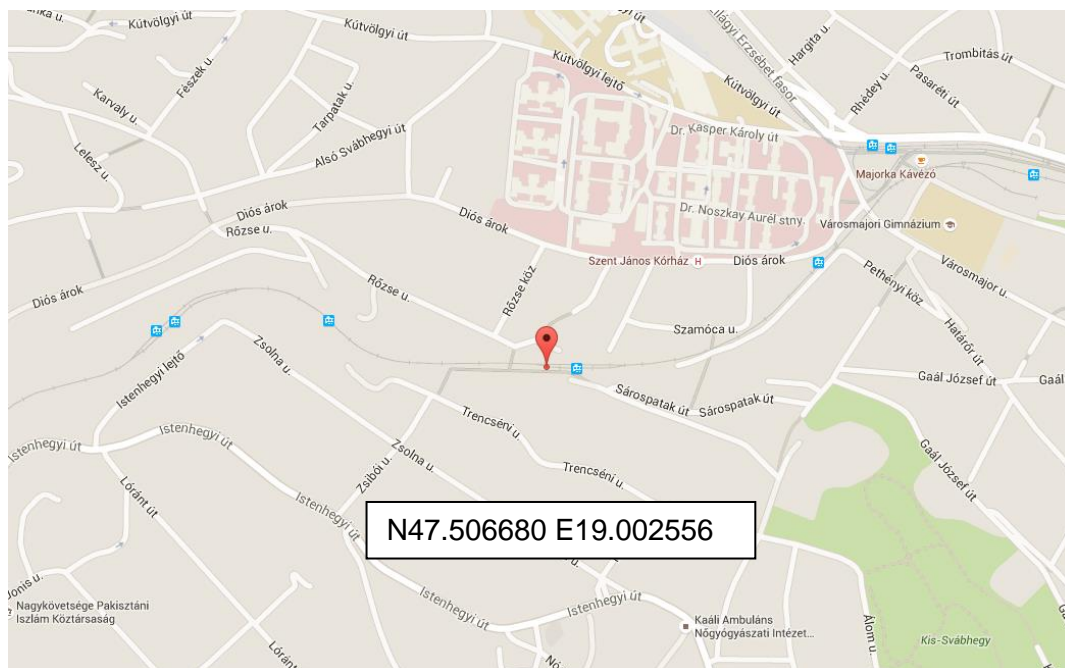
## AZ ESET ÖSSZEFOGLALÁSA

<b>Az eset kategóriája</b>	Vasúti baleset
<b>Az eset jellege</b>	Vasúti jármű kisiklása
<b>Az eset időpontja</b>	2015. november 1. 22 óra 18 perc
<b>Az eset helye</b>	Orgonás megállóhely
<b>Vasúti rendszer típusa</b>	helyi / fogaskerekű
<b>Mozgás típusa</b>	villamos
<b>Az eset kapcsán elhunytak / súlyosan sérültek száma</b>	0 / 0
<b>Pályahálózat működtető</b>	Budapesti Közlekedési Zrt.
<b>Üzembentartó</b>	Budapesti Közlekedési Zrt.
<b>Rongálódás mértéke</b>	vasúti jármű kis mértékben
<b>Nyilvántartó állam</b>	Magyarország

### Az eset helye



1. ábra: az esemény helye Magyarország vasúthálózatán



**2. ábra: az esemény közelebbi helye**

### **Bejelentések, értesítések**

A KBSZ ügyeletére az esetet 2015. november 1-én, 22:32-kor (a bekövetkezés után 14 perccel) jelentette a BKV Zrt. diszpécser.

### **Vizsgálóbizottság**

A KBSZ főigazgatója a vasúti közlekedési esemény vizsgálatára 2015. november 1-én az alábbi Vizsgálóbizottságot jelölte ki:

vezetője	Chikán Gábor	balesetvizsgáló
tagja	Kovács József	balesetvizsgáló
	Burda Pál	baleseti helyszínelő

### **Az eseményvizsgálat áttekintése**

A vizsgálat során a Vb

- 2015. november 1-én helyszíni szemlét tartott;
- meghallgatta a fogaskerekű jármű vezetőjét;
- tájékozódott a pályamesternél a pályafenntartási folyamatokról;
- 2015. november 10-én a járműfenntartási telephelyen a járművek karbantartásával kapcsolatos vizsgálatot folytatott;
- beszerezte a fogaslécek mért kopási adatait;
- 2016. augusztus 18-án méréseket végzett a járműveken tapasztalható károsító rezgésekre.

### **Az eset rövid áttekintése**

2015. november 1-én 22 óra 18 perckor a Széchenyi-hegy – Városmajor viszonylatban közlekedő fogaskerekű szerelvény Orgonás forgalmi kitérőnél a pályakotró leszakadását követően az első forgóváz mindkét tengelyével kisiklott.

A vizsgálat megállapította, hogy a kisiklás közvetlen oka a pályakotró rögzítésének törése, mindez azonban visszavezethető a járműfenntartási hiányosságok mellett arra, hogy a vasúti pálya, és azon belül a fogaslécek rendkívül kopottak, az ebből eredő káros ütések, rezgések pedig a járműszerkezet gyors tönkremenetelét okozzák.

A pályafenntartás nem képes a fogaslécek elhasználódásával lépést tartani, illetve nem állt rendelkezésre alkatrész azok cseréjére.

A Vb biztonsági ajánlás kiadását javasolja a pályafenntartási folyamatok felülvizsgálatára.

## 1. TÉNYEK

### 1.1 Az esemény lefolyása

2015. november 1-én 22 óra 18 perckor Széchenyi-hegyről lejtmenetben, Városmajor felé közlekedő 57 – 67 pályaszámú kocsiból álló 60 sz. fogaskerekű villamos vezetője Orgonás forgalmi kitérő 1. sz. váltójának elhagyását követően erőteljes rázkódásra, és a jármű rendellenes mozgására lett figyelmes. A jármű azonnali megállását követően megállapította, hogy a pályakotró leszakadását követően az arra való rágördülés és kiemelődés során a vasúti pályát az első két tengelyével jobbra 0,3 méterrel elhagyta.



3. ábra: a kisiklott vonat

### 1.2 Személyi sérülés

Sérülés	Személyzet	Utás	Útátjáró használó	Idegen	Egyéb
Halálos	-	-	-	-	-
Súlyos	-	-	-	-	-
Könnyű	-	-	-	-	-
Nem sérült	1	-	-	-	-

### 1.3 Vasúti járművek sérülése

A kisiklást megelőzően az 57 pályaszámú motorkocsi pályakotró lemeze az azt tartó konzolokkal együtt leszakadt. A siklott jármű vizsgálata során a vasúti járműben a pályakotró tönkremenetelén kívül üzembiztonságot veszélyeztető sérülést nem állapítottak meg.

### 1.4 Infrastruktúrában keletkezett kár

A baleset következtében egy gyalogos átjáró aszfaltburkolata használhatatlanná vált. A vasúti pálya a forgalmat akadályozó mértékben nem károsodott.

## 1.5 Egyéb kár

Az esemény következtében a vasúti pálya – és a vasútvonal – 326 percig volt a forgalomból kizárva (ebből 244 perc az éjszakai üzemszünetre esett).

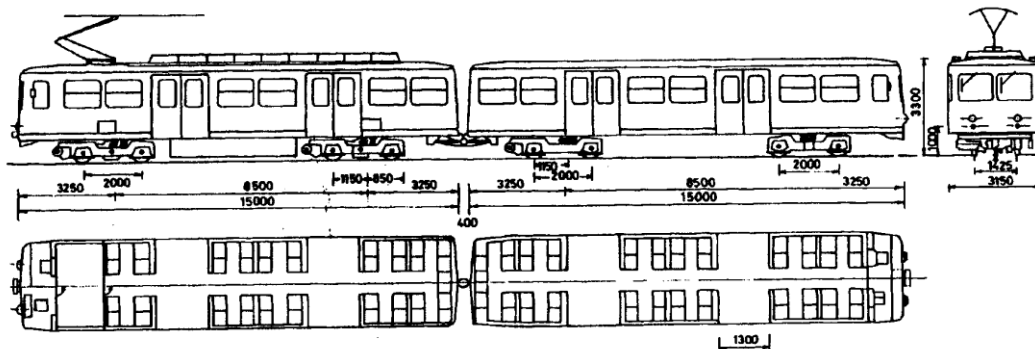
## 1.6 Az érintett személyek adatai

A járművezető adatai:

<b>Kora:</b>	54 év
<b>Neme:</b>	férfi
<b>Mozdonyvezetői vizsgát tett:</b>	1998-ban
<b>Alapvizsga:</b>	érvényes
<b>Vonalismeret:</b>	érvényes
<b>Típusismeret:</b>	érvényes
<b>Orvosi alkalmasság:</b>	érvényes
<b>Szolgálat megkezdése:</b>	aznap 15 óra 10 perc
<b>Előző szolgálat vége:</b>	előző nap 00 óra 00 perc

## 1.7 A vonatok jellemzői

<b>Vonatszám:</b>	60
<b>Mozgástípus:</b>	villamos
<b>Útvonal:</b>	Széchenyihegy - Városmajor
<b>Kocsik:</b>	57 psz. motorkocsi + 67 psz. mellékkocsi
<b>Hossz:</b>	30 m



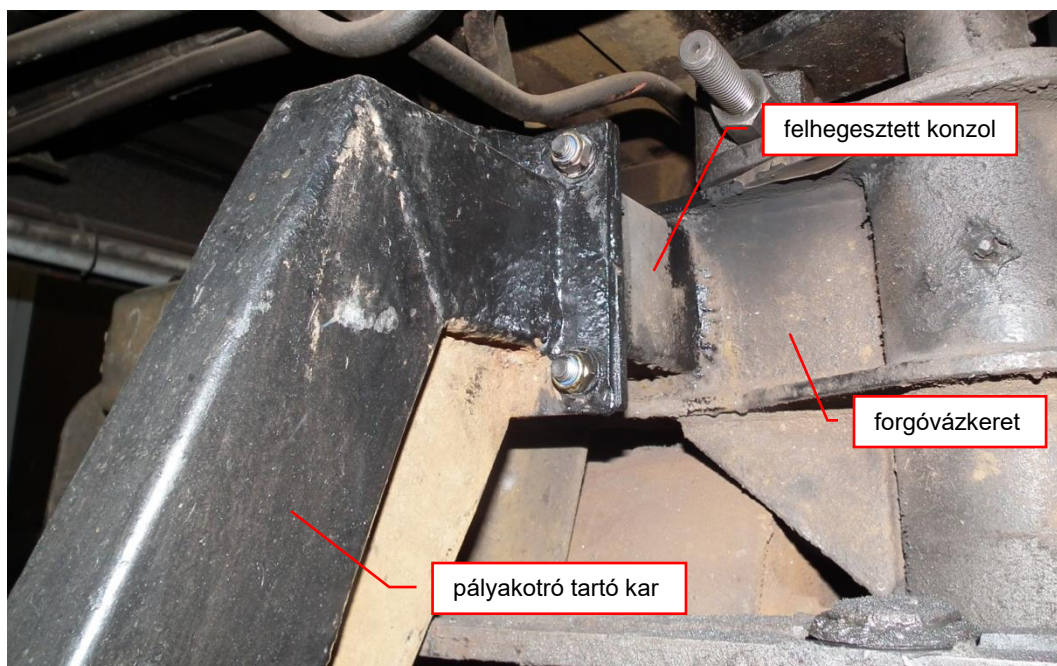
4. ábra: a jármű jellegrajza

### 1.7.1 A pályakotró

Az eseményben részes pályakotró lemez a motorkocsi völgyirányú forgóvázára, két konzollal van felhelyezve. A konzolok forgóvázra történt felerősítése hegesztéssel történt. A tartószerkezetek végén négyzetletű vaslemezek találhatóak, melyek négy sarkában lévő furatokon át átmenő, metrikus, 10-es csavarokkal biztosították a pályakotró lemezt tartó karok felfogatását.

A pályakotró tartó karok, valamint a konzol úgynevezett zártszelvényből készültek (5. ábra).





**5. ábra: a pályakotró rögzítése**

A balesetben leesett pályakotrónál a következők voltak megállapíthatók:

a bal konzol többől kitört, a hegesztés törési felületét a 6. ábra mutatja. A tört felület részben rozsdás, részben lecsiszolt, felső részén fáradásos sávok láthatók. A pályakotrót a konzolra rögzítő csavarok közül egy hiányzott.



**6. ábra: a bal konzol eltört hegesztése**

A jobb konzol a helyén volt, a csavaros rögzítésnél tört le róla a pályakotró. Egy csavar, a felfogó lemez sarkával a helyén maradt, de laza volt (7. ábra). A csavarok helyén a lemez mélyen megkopott (8. ábra).



7. ábra: a pályakotró jobb konzolja, törött lemezzel



8. ábra: a lemez sarka a megkopott csavarfurattal

### 1.7.2 Járőrfenntartás

A járőrfenntartási személyzettől kapott tájékoztatás szerint

- Kb. 4 éve tapasztalják rendszeresen a pályakotró lelazulását, rögzítésének repedezését, időközben a probléma megjelenése fel is gyorsult. Akár egyetlen üzemnap alatt is tapasztalható a jelenség.
- A szerkezet vizsgálata szemrevételezéses, kézi mozgatással, a napi járműellenőrzések során történik. A jelenség ellen a csavarok utánhúzásával, a konzol tövében hegesztéssel próbálnak védekezni, az esemény óta a csavarkötéssel összeillesztett felületeket is hegesztik.
- Minősített hegesztő nincs a munkatársak között, de hegesztő vizsgával rendelkező gyakorlott hegesztők igen.

- Rezgésmérés nem történik, erre eszköz sincsen, de eddig nem vetődött fel ennek szükségessége. A rezgés a járműfenntartó személyzet szubjektív megítélés alapján 5-10 éve érzékelhető, de azóta folyamatosan romlik.
- A járművek fogaskerekeit hasonló éves futásteljesítmény mellett 10-15 éve még 3 évenként, most már kb. évente cserélik, a csere alapja a mért kopás.

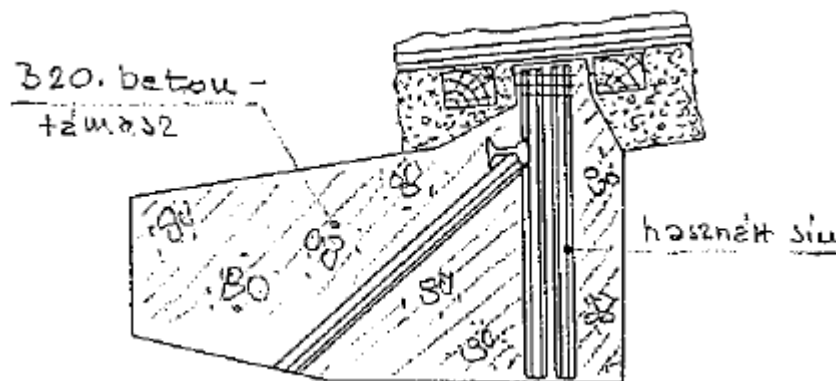
## 1.8 Az infrastruktúra leírása

A vasúti pálya hossza Városmajor és Széchenyi-hegy végállomások között 3,7 km. A 10 megállóhellyel rendelkező vonalon 4 forgalmi kitérő biztosítja az ellenkező irányú szerelvények találkozását. A forgalmi kitérők váltóit központilag, elektromos úton állítják. A váltók a hideg időjárás viszontagságai ellen elektromos fűtéssel védettek.

A vágány jellemzői:

<b>Ágyazat:</b>	zúzottkő
<b>Aljak:</b>	talpfa
<b>Sínleerősítés:</b>	Geo
<b>Sínek:</b>	34,5 kg/fm
<b>Fogasléc:</b>	Straub rendszerű, DS100 darupálya sínből kimarva
<b>Megengedett sebesség:</b>	hegymenetben 25, völgyemenetben 20 km/h
<b>Megengedett tengelyterhelés:</b>	80 kN

A vasúti pálya emelkedése 22-110 ‰ közötti, jellemzően azonban 100 ‰ körüli. A meredek vonalvezetés miatt – megakadályozandó a vasúti pálya lecsúszását – kb. 50 méterenként az alépitménybe épített betontömbök rögzítik a pályát (9. ábra, 27. ábra). A betontömbök üzemszerűen csak hosszirányú terhelést kell kapjanak, a vágány függőleges irányban nem terhelheti azokat.



9. ábra: a megtámasztó betontömb kialakítása

### 1.8.1 Általános pályaállapot

1973-ban épült át a vonal a mai állapotára, a személyzet tapasztalatai alapján az utóbbi 10-15 évben felgyorsult az állagromlás. Nagyon sok a fekszint- és irányhiba (aláverőgéppel nem járható a pálya), a kitérők és a fogasléc is nagyon megkoptak.

### 1.8.2 A kitérő

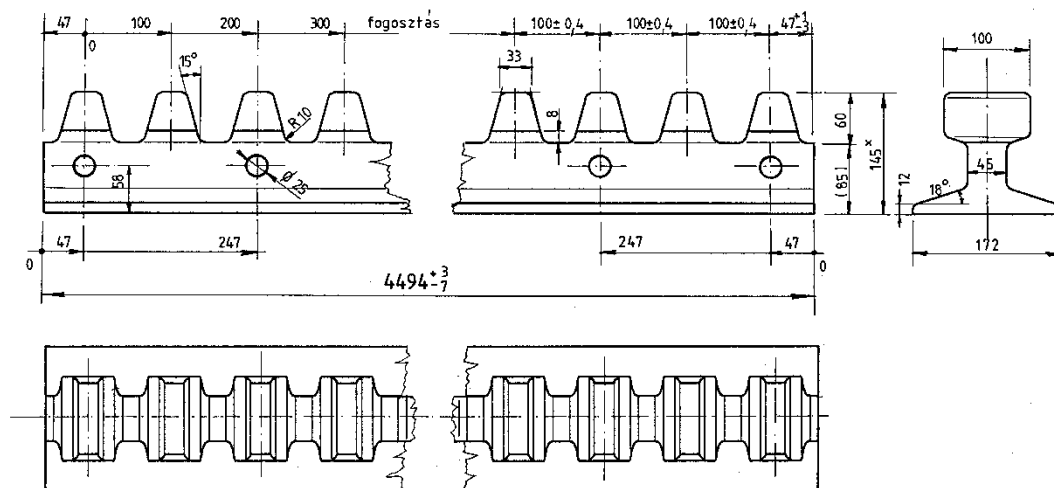
A fogaskerekű vasúti pálya sajátos kialakítású kitérőket kíván. A közbenső részen a fogasléc keresztezi a síneket, így ott külön váltószerkezetek beépítése szükséges.



A kisiklás helye előtti váltó közbelső részének váltóján a Vb 15 mm magassági lépcsőt mért.

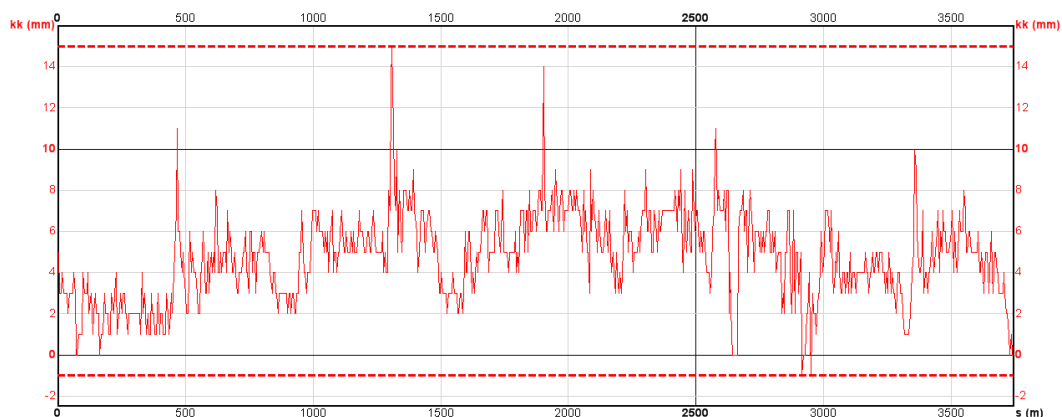
### 1.8.3 A vasúti pálya fogaslécei

A fogasléc Straub rendszerű, DS100 darupálya sínből van kimarva (10. ábra).



10. ábra: a fogasléc kialakítása

A fogaslécek állapotát 3 évente mérik: fogosztást, fogkopást. A legutóbbi mérés 2015. májusában volt (11. ábra).



11. ábra: mért fogkopások a vasútvonal hossza mentén



**12. ábra: egy bontott, kopott fogasléc**

A fogasléc-csatlakozások hézagait az évszakos hőingadozáshoz hozzá kell állítani az elvárt  $100\pm 1$  mm fogköz betartása érdekében.

A kopott fogasléc cseréjét ezidáig nem sikerült megoldani, mivel a hozzá szükséges darupályasín már nincs gyártásban. Emiatt a javítás egy ideig úgy történt, hogy azokat megfordították (az egyirányú terhelés miatt a völgyoldal nem volt kopott), de ahol ez a lehetőség elfogyott, ott már a meredekebb és kevésbé meredek szakaszok eltérően kopott fogaslécet cserélték fel egymással.

2015. május 11-én a 12+35 – 12+48 szelvények között kísérletképpen be lett építve 3 szál felhegesztett fogasléc egymás után (13,5 m). A rövid üzemidő alatt a beépített fogasléc az üzembentartó tapasztalatai szerint megfelelőnek tűnik. Az átlépések (a kopott régi és az új fogasléc között) beállítása azonban nem sikerült tökéletesen, ezzel voltak problémák. A felhegesztés nagyon munkaigényes és drága, várhatóan nem folytatódik a program.

A baleset előtt is már napirenden volt a teljes felújítás egy más fogasléc rendszerrel, ez érzékelhetően hátráltatja a problémák megoldását.

A vizsgálat idején, 2016. decemberére vált lehetővé más rendszerű sínből kiindulva új fogasléc gyátása.

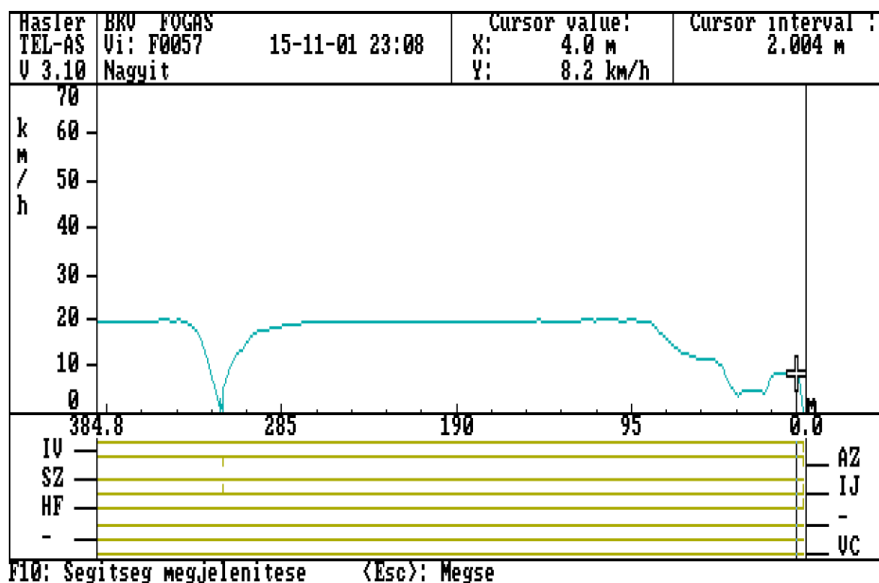
## **1.9 Állomási adatok**

Az állomások elhelyezkedésének, elrendezésének, funkciójának az eseményben nem volt jelentősége, így részletezésük nem szükséges.

## **1.10 A vasúti járművek adatrögzítői**

A járművön Tel500 adatrögzítő működött. A kiértékeléskor megjelenített sebesség-görbét a 13. ábra mutatja.

### A kisiklás helyének grafikus megjelenítése:



13. ábra: az adatrögzítő kiértékelt képe

#### 1.11 Kommunikációs eszközök

A kommunikációs eszközöknek az eseményben nem volt szerepük, részletezésük ez oknál fogva nem szükséges.

#### 1.12 Meteorológiai adatok

A baleset időpontjában az évszaknak megfelelően +2°C-os hőmérséklet, szélcsendes időjárás, és a távolbalátást nem korlátozó látási viszonyok voltak.

#### 1.13 A túlélés lehetősége

A baleset során a villamos vasúti jármű alacsony sebessége, valamint a baleset jellege folytán emberi élet nem került veszélybe, ezért a túlélés elemzése ebben az esetben ok nélkülinek tekinthető.

#### 1.14 Próbák és kísérletek

A vizsgálat során a Vb a járművek káros rezgéseit mérte. Ehhez a Vb egyedi mérőeszközt készített, amely rögzíti

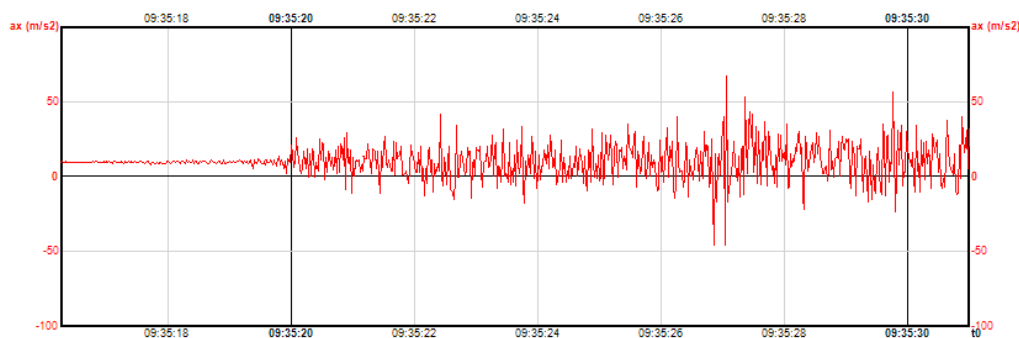
- a gyorsulást 3 tengelyen, 1,7 kHz frekvenciával,
- valamint az időpontot, földrajzi koordinátát és sebességet másodperces gyakorisággal.

A mérés két járművön történt, a kopott kapaszkodó fogaskerékkel rendelkező 53 psz., és a balesetben is részes, a méréskor már (2016. februárjában beépített) újabb kapaszkodó fogaskerékkel rendelkező 57 psz. motorkocsin. A mérőeszköz a völgyvégi forgóváz pályakotróján volt elhelyezve (14. ábra).



**14. ábra: a mérőeszköz elhelyezése a pályakotrón**

A mérőeszközből kiolvasott, függőleges tengelyű gyorsulásadatok egy részletét mutatja be a 15. ábra, a szintén a Vb által készített megjelenítő programban.



**15. ábra: a mért gyorsulásadatok részlete**

A rezgések frekvenciaösszetételének vizsgálata, a frekvenciaspektrumok előállítására az MS Excelben rendelkezésre álló Fourier-analízis szolgáltatással történt.

A mérésekhez a vasúti társaság kiemelkedő együttműködéssel biztosította a szükséges járműveket, forgalmi feltételeket.

## 1.15 Érintett szervezetek / a munkaszervezés jellemzése

### 1.15.1 Járműfenntartás

A fogaskerekű vasút járműveinek fenntartását a Városmajor végállomáson lévő műhely végzi. A fenntartási műhely nem rendelkezik minősített hegesztő szakemberrel, de gyakorlott hegesztővel igen.

### 1.15.2 Pályafenntartás

A fogaskerekű vasút pályáját a BKV-n belül a Budai Pályafenntartási Üzem, Városmajori Pályamesteri Szakasz tartja fenn.

A szakasz területe kiterjed 68 km villamosvágányra, 4 km fogasvágányra, 200 m síkló vágányra és 168 csoportkitérőre.

## Pályafelügyelet

Vonalgondozói vonalbejárás (előírás szerint hetente háromszor) létszámkorlát miatt hetente egyszer van nappal. Emellett minden reggel, üzemkezdet előtt sor kerül egy gyalogos vonalbejárásra (ami kb. 1 órás gyalogos bejárás sötétben, és nem terjed ki a pályaszerkezet állapotának vizsgálatára), valamint közlekedik egy próbavonat is a pálya megsemmisítésére.

Kb. 2000-2008-ig volt egy állandó 5-6 fős munkacsapata a fogaskerekűnek, akik a pályahibákat folyamatosan kijavították. Azóta a hibákat csak ad-hoc jelleggel javítják, de tervszerű javítás már nincs. A fogasléc csatlakozási hézagainak beállítása nagyon sok munkát igényel, amióta nincs tervszerű fenntartás.

## Képesítés

A pályamester út-vasút mélyépítő technikus, a vonalbejáróknak BKV-nál vagy MÁV-nál szerzett vonalgondozói szakvizsgái vannak. Ezen felül mindenki rendelkezik a Vasúti Vizsgaközpontnál szerzett egyszerűsített forgalmi vizsgával.

## 1.16 Szabályok és szabályzatok

A BKV 8/2005 sz. Műszaki Utasítása a Széchenyi-hegyi Fogaskerekű Vasút pályakarbantartás és pályafelügyelet végrehajtásához a fogasléc fogtávolságának fenntartási mérethatárait 100 mm -0+3 mm értékben határozza meg.

Ugyanezt az értéket adja meg a BKV „Közúti vasúti pályaépítési és fenntartási műszaki adatok és előírások” c. (2000-ben kiadott) előírása azzal, hogy illesztésnél  $\pm 3$  mm a tűrés.

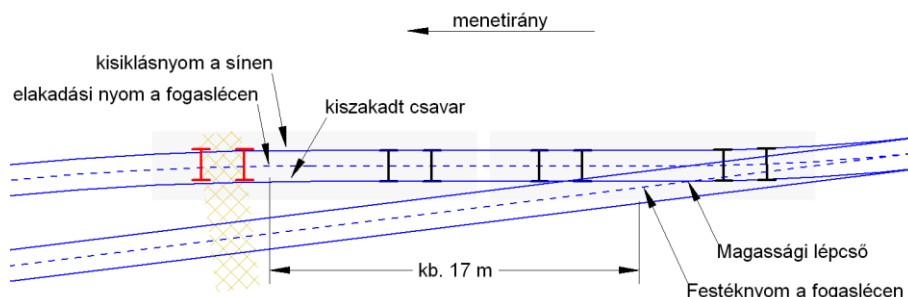
Ennek betartása érdekében az éves hőingást a fogasléc közti illesztési hézag időszakos szabályozása biztosítja.

Ezek az utasítások a fogak kopására nem adnak meg határértéket, de a fogasléc mérőlapok azt 6,5 mm-ben határozzák meg.

## 1.17 Kiegészítő adatok

A helyszínen a Vb a következő fontosabb nyomokat találta (16. ábra):

- a magassági lépcső közelében festéknymot a másik vágányhoz tartozó fogaslécen;
- ezután a kisiklás helyéig súrolásnyom a fogaslécen;
- a kisiklás helyénél kiszakadt csavar;
- tárgy elakadási nyoma a fogaslécen.



16. ábra: nyomok a helyszínen

## 1.18 Korábbi hasonló esemény

Korábban hasonló eseményt a KBSZ nem vizsgált.



## 2. ELEMZÉS

### 2.1 Az esemény tényleges lefolyása

#### 2.1.1 Az esemény előtti történések

##### Általános jelenségek

10-15 éve a járművek kapaszkodó fogaskerekét kb. 3 évente cserélték annak kopása miatt.

Később, pontosan meg nem határozott időszakban megjelent az a jelenség, hogy a járművek feltűnően rezgésbe jönnek mehet közben.

Kb. 4 éve már rendszeresen tapasztalható a járműveken a pályakotró lelazulása, rögzítésének repedezése.

A kapaszkodó fogaskerekek kopása felgyorsult, kb. évente kell cserélni.

Ezen adatokat a járműfenntartási személyzet bocsátotta rendelkezésre (1.7.2).

##### A konkrét jármű tönkremenetele

A jármű korábbi üzeme során elszendvedett rezgések miatt a pályakotró jobb rögzítésénél a csavarok és a rögzítőtalp érintkező felületei megkoptak, a kötés ezáltal kilazult.

A csavarok és a lemez érintkező felülete gömbfelületszerűen kopott, a csavar lekerekedett, a lemezben kis mélyedés jött létre. Ez a hosszú ideje fennálló, kis mozgással járó koptató hatás jellegzetes nyoma (8. ábra).

A továbbiakban a laza felfogás miatt pályakotró maga is felerősödött rezgésbe jöhetett, így a bal oldali hegesztés folyamatos fárasztó terhelésnek lett kitéve. A hegesztés fokozatosan elengedett, a megmaradt részei így már egyre nagyobb részt kaptak a fárasztó terhelésből.

Az eltört hegesztés egy része már rozsdás volt a helyszíneléskor, másutt fényes, de lekoptatott, ami a hosszú ideje fennálló törött állapotra utal. Egy kis részen a fáradásos törés jellegzetes sávjai láthatók (6. ábra).

#### 2.1.2 Az esemény folyamata

Amikor a jármű Orgonás forgalmi kitérő 1. sz. váltóján 8,2 km/h sebességgel áthaladt, a váltó 15 mm-es illesztési lépcsőjén (1.8.2) jelentősebb függőleges ütést kapott. Ettől az ütéstől a pályakotró bal konzolját még tartó hegesztés-szakasz eltört, a szerkezet bal oldala a pályára zuhant.

A pályára zuhanás helyét a másik irányú járművek által használt fogaslécen lévő, pályakotró színének megfelelő festéknyom megmutatta. A festéknyom régi nem lehetett, mivel a fogaslécnek egy olyan felületén volt, ahol az előzőleg felfelé haladó jármű biztosan letörölte volna.

A pályakotró inntől a sínen és a fogaslécen csúszott.

A sínen és a fogaslécen is megfigyelhetők voltak a rajta húzott tárgy friss nyomai. Összhangban van ez a járművezető által mondottakkal is, miszerint az üzemszerű működéstől élesen elütő zajokat észlelt.

Rövid út után a pályakotró a fogaslécben elakadt, kifordult. Ekkor leszakadt a jobb oldali rögzítés is, majd aláfordult a forgóváznak, kiemelve azt a pályáról.

A fenti csúszásnyom véget ér egy elakadási nyomnál, ugyanitt kiszakadt csavar, talpfásérülésnyom is látható, illetve a kisiklás nyoma a sínszálon (1.17).

Az első forgóváz kb. 3-4 m út után megállt a gyalogos átjárón, annak aszfalt burkolatát összezúzva.

## 2.2 A balesethez vezető körülmények a folyamatban

### 2.2.1 A pályakotró kialakítása

A pályakotrónak a forgóvázkeretre való rögzítése több tekintetben is arra utal, hogy az nem eredeti, járműre tervezett megoldás, hanem az üzembentartó alakította ki. A vizsgálat alatt azonban a szerkezet gyári vagy utólagos kialakításával kapcsolatban nem sikerült bizonyító erejű információt találni.

- A karok kialakítása nem csatlakozik szervesen a forgóvázkerethez, azok egyetlen sík felületre vannak felhegesztve;
- a hegesztés minősége kifejezetten eltér a forgóvázkeret más hegesztéseitől;
- olyan helyen vannak varratok, amelyek nehezen hozzáférhetők, elhelyezésük nem utal megfontolt tervezésre.

A pályakotró ugyan nem közvetlen futásbiztonsági szerepű, teherhordó-vezető alkatrész, azonban mint a jelen eset is mutatja, megfelelő konstrukciója és kialakítása hatással van a biztonságos közlekedésre.

### 2.2.2 Járműfenntartás

A pályakotró rögzítését annak hosszú erőkarján át erős hajlító-nyomaték gyengíti, fárasztja. A fogaskerekű hajtás kopottságából eredő rezgések ezt a károsító hatást fokozzák, amint ezt a járműfenntartási személyzet is észlelte, illetve folyamatosan észleli a pályakotró rögzítésének sérülésein, lazulásán.

Az ilyen helyzetekre két módon adható válasz:

- a károsító hatás csökkentésével,
- a hatásnak ellenállóbb rögzítéssel.

Az előbbi lehetőség elsősorban a pályafenntartás területét érinti (2.4). A járműfenntartás területén a másik lehetőség áll fenn, azonban nem látható, hogy sikerült volna e hatásokra érdemi, működő választ adni. A rögzítések napi szintű lazulása ennek megoldatlanságát jelzi.

A törött hegesztési felületet szemrevételezve (6. ábra) annak előkészítettsége, kivitelezési minősége is elmarad egy forgóváz-szerkezeten, közlekedésbiztonságot meghatározó elemen elvárhatótól. Ez szoros összefüggésben állhat azzal is, hogy a fenntartási műhely nem rendelkezik minősített hegesztő szakemberrel.

## 2.3 A jármű rezgései

Tekintettel arra is, hogy a jármű káros rezgései a vizsgálat során lehetséges okként többször is előkerültek, a Vb erre vonatkozóan méréseket végzett (1.14).

A mérési adatokat kiértékeléshez előzetesen át kellett alakítani, a berendezés elhelyezéséből és a pálya lejtéséből következő nullpont-eltolódást figyelembe kellett venni.

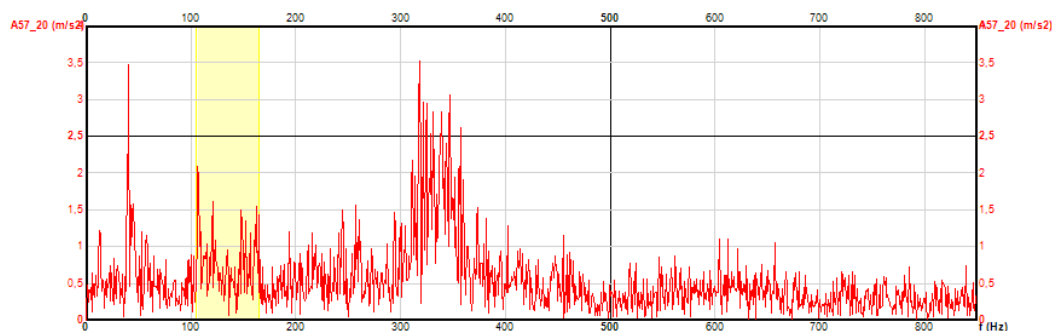
### 2.3.1 Frekvenciaspektrumok

A mért rezgésadatok elemzéséből előállítható azok frekvenciaspektruma, amit a Vb az alábbi hat esetre készített el:

Ssz.	Jármű	Útpont (m, távolság a mérések kezdőpontjától)	Sebesség (km/h)
1.	53	1800	20,4

2.	57	1800	22,5
3.	53	2510	12,7
4.	57	2510	10,1
5.	53	3040	26,0
6.	57	3040	26,9

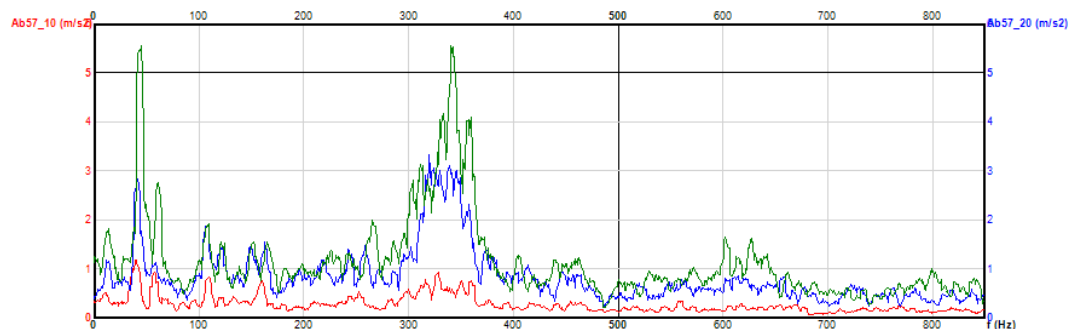
A 2. eset (57 psz. 22 km/h-nál) frekvenciaspektrumát a 17. ábra mutatja. Szembetűnik az ábrán néhány nagyobb csúcs, valamint egy szélesebb tartomány 310-360 Hz között. Felismerhető a pályakotrónak a 2.3.2 fejezetben tárgyalt sajátrezgése is a megjelölt 105-165 Hz tartományban.



17. ábra: Fourier-analízissel előállított frekvenciaspektrum

### Frekvenciák

A 4. sor szerinti alacsonyabb sebességhez tartozó frekvenciaspektrum jellege ezzel lényegében megegyezik, azonos frekvenciákkal, de alacsonyabb amplitúdókkal. A fogasléc-hajtás fogátlépéseinek frekvenciája egyik esetben sem jelenik meg akár csak csekély kiemelkedő amplitúdóval sem. A 18. ábra a jobb láthatóság érdekében ezúttal csak a finomított (burkoló-) görbét tartalmazza.



18. ábra: frekvenciaspektrum 10 (vörös), 22 (kék) és 26 km/h (zöld) sebességnél

Ebből az mondható ki, hogy a pályakotró rezgéseinek frekvenciáját pályából érkező – szükségszerűen sebességfüggő – hatások nem befolyásolják, a frekvenciatartományokat a járműszerkezet határozza meg.

Az 53 psz. jármű esetében más frekvenciaértékekkel, de azonos megállapítások tehetők.

### Amplitúdók

Az egyes sebességekhez tartozó amplitúdók átlaga rendre az 53 és 57 psz. járművek esetében a lényeges, 0-400 Hz tartományon:

10 km/h	0,4 és 0,7 m/s <sup>2</sup>
20 km/h	1,1 és 1,2 m/s <sup>2</sup>

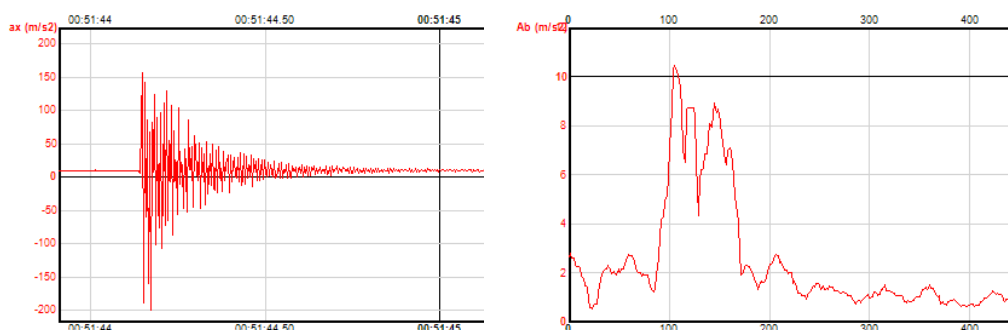
26 km/h 1,4 és 1,6 m/s<sup>2</sup>

A nagyobb sebességeknél a két jármű jellemzőjének eltérése annak ellenére kicsi (7-14%<sup>1</sup>), hogy azok eltérő minőségű kapaszkodó fogaskerékkel rendelkeznek. A kisebb sebességen azonban már szembetűnően nagy (50%), itt már valószínűleg érvényesül a fogaskerék jobb állapota.

### 2.3.2 Sajátrezgések

A próba alapján az is ellenőrizhető, hogy a pályakotró saját rezgései, frekvenciái milyen viszonyban vannak a haladás során keletkező gerjesztő frekvenciákkal. Ehhez a jármű álló helyzetében a pályakotróra mért ütés hatásának elemzése segít. Az ütestől az csillapodó rezgésbe jön (19. ábra), amelynek frekvenciája a szerkezet fontos jellemzője.

A rezgés adataiból Fourier-elemzéssel előállítható a rezgés spektruma. Ennek alapján a 105-165 Hz tartomány jelenti a szerkezetre a veszélyes gerjesztőfrekvenciát.



19. ábra: a pályakotró saját rezgése és a rezgés frekvenciaspektruma

Figyelemmel arra, hogy a vasúti pálya fogaslécének fogosztása 10 cm (1.8.3), ez a frekvencia a fogasléc felől 10,5-16,5 m/s sebességtartományban állhat elő, ami megfelel 38-60 km/h-nak. A vasúton engedélyezett és alkalmazott sebességtartományban (max. 20-30 km/h) ezért ez a veszélyes gerjesztés nem jön létre.

Természetesen az ettől eltérő rezgés is káros, azonban nem okoz szélsőségesen gyors tönkremenetelt.

A fenti megállapítások a baleseti helyreállítás utáni állapot mérése alapján készültek, előzőleg a tárgyalt értékek (és jelenleg más járművek értékei) lehetnek eltérők. A szerkezetekben azonban lényegi eltérések és változások nincsenek, ezért az esetleges kis mértékű eltérések a megállapítás lényegét nem érintik.

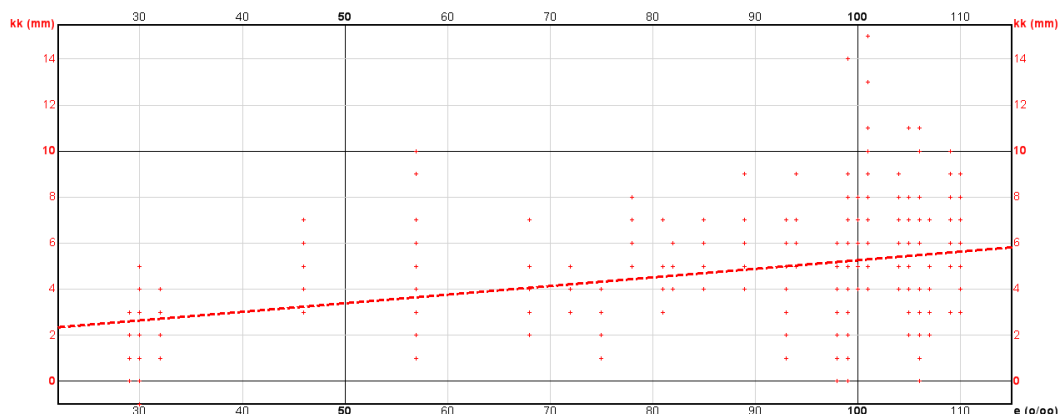
## 2.4 A vasúti pálya fogaslécének állapota

### 2.4.1 Kopás

A fogasléc kopottságát vizsgálva (lásd 1.8.3) annak szélsőértékei -1 – 15 mm közöttiek. A kiugró, viszonylag ritka értékeket figyelmen kívül hagyva a legjellemzőbb a 4-8 mm-es tartomány. A fogasléc jelentős részben meghaladják a mérőlap (1.16) szerint megengedett 6,5 mm-es határértéket, a jellemző minimális kopottság is a felső felében van a tűrésmezőnek.

<sup>1</sup> az értékek különbsége az átlaguk arányában

A fogasléc kopottságának eloszlása megfelel a várhatónak, azaz a meredekebb, nagyobb vonóerőt igénylő szakaszon kopottabbak (20. ábra).



20. ábra: a fogasléc kopottsága a pálya meredekségének függvényében  
a mért adatok: pontsereg, az illesztett egyenes<sup>2</sup>: szaggatott

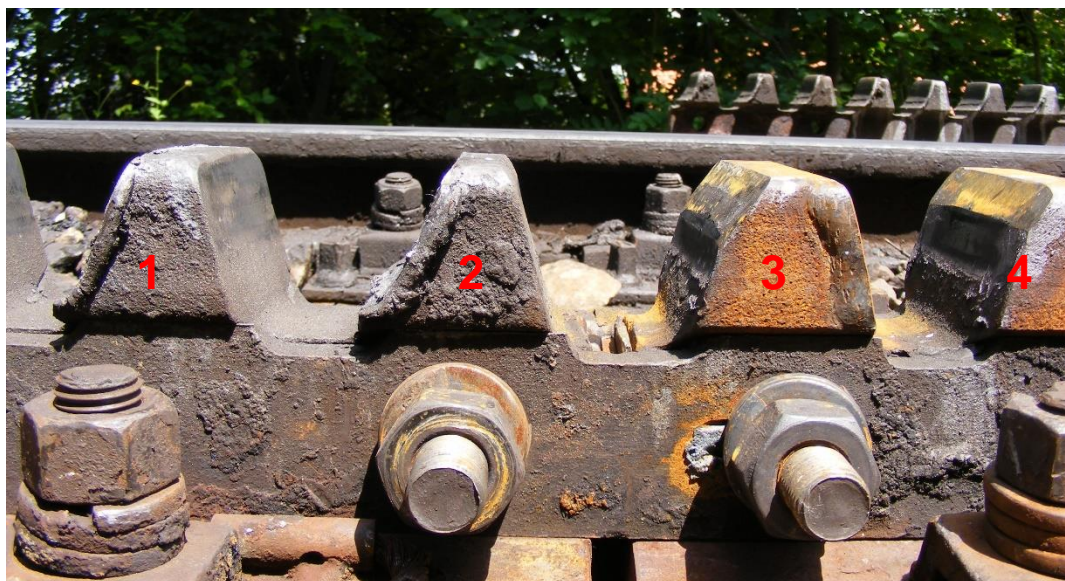
## 2.4.2 Fogosztás

A fogosztás értéke 90-109 mm között változik (ez a fogasléc-darabok illesztésénél érvényes), a kiugró értékek nélkül is 96-104 mm a jellemző tartomány. Ez számottevően kilép a megengedett 100 mm  $-0+3$  mm sávból (1.16). A pálya meredeksége és a fogosztás között az előzőhöz hasonlóan kimutatható összefüggés nincs.

A 21. ábra többféle problémát is szemléltet:

- a fogak (1 és 2.) rendkívül kopottak;
- a fogasléc-illesztések tárgyalt fogosztási hibája miatt az illesztésnél erősebb a kopás, jól látható, hogy a bal lécs 2-es fogja sokkal kopottabb, mint az 1-es (a kopás még a jobb oldali lécs képen látható állapotúra cseréje előtt alakult ki);
- ez a hiba a fogasléccsere után az új fogasléccel való kapcsolat minőségét is lerontja;
- az építők az új fogasléc fogait a 3-as fognál jobban, a 4-esnél kisebb mértékben leköszörülték azzal a szándékkal, hogy a kapcsolódási hibát csökkentse.

<sup>2</sup> Legkisebb négyzetek módszerét alkalmazva



21. ábra: kopott és újszerű (felhegesztett) fogasléc találkozása (fotó: BKV Zrt.)

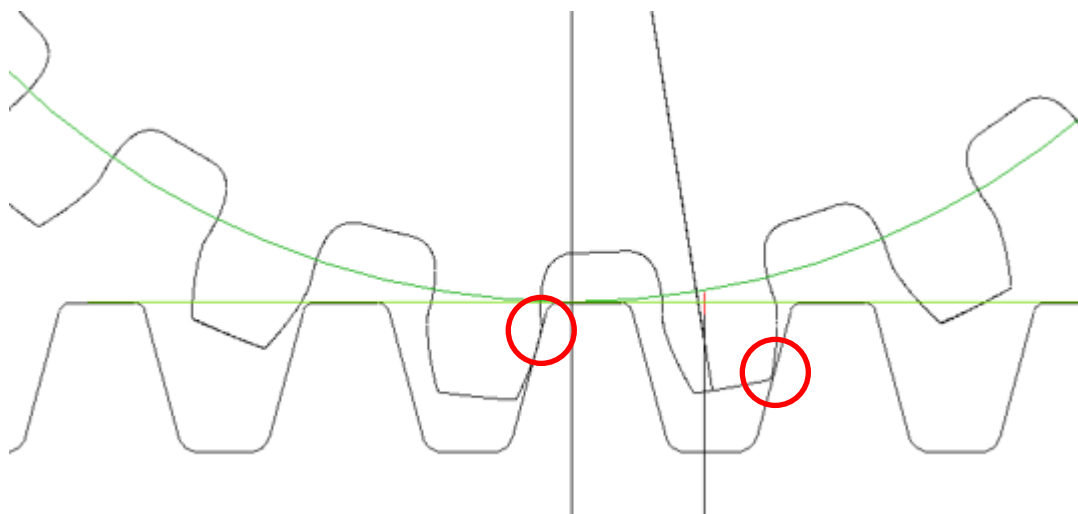
## 2.4.3 A fogasléc állapotának hatása

### 2.4.3.1 Kopottság

A fogasléc túlzott kopottsága veszélyes lehet a teherbírására. Fogtöréssel járó eseményről azonban az üzemeltető nem tudott, ami arra utal, hogy a fogak elég bőven méretezettek ahhoz, hogy az előálló terhelést 1973 óta, 43 éve jól viselik, a jelentős kopás ellenére is.

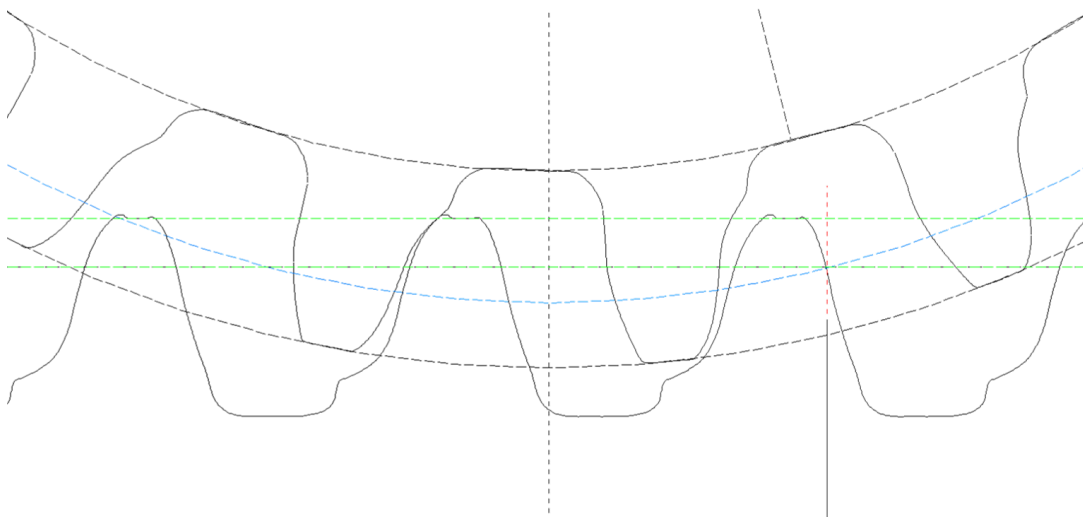
Másik, és ezen eseményben érdekelt hatás, hogy a kopott fogashajtás-kapcsolatban a fogaskerék és fogasléc találkozása nem az evolvens fogazásra jellemző kétpontos érintkezéssel valósul meg (22. ábra), hanem egyetlen, ráadásul esetenként ugrásszerűen megváltozó helyzetű ponttal (23. ábra). Ez a terhelést és a kopást is fokozza, valamint egyenlőtlen lesz a haladás sebessége. A sebesség-lengés káros rezgésekhez vezet, ez pedig a Vb véleménye szerint a jármű károsodásának egyik oka: szerkezeti repedések és törések kialakulásához vezet.

A fogak kapcsolódásának ezen jellemzőit az üzemeltető szakemberei vizsgálták, a 22. ábra és a 23. ábra forrása az általuk összeállított dokumentum.



22. ábra: jó állapotú fogaskerék és fogasléc kapcsolódása (forrás: BKV Zrt.)





**23. ábra: kopott fogaskerék és fogasléc kapcsolódása (forrás: BKV Zrt.)**

A kapaszkodó fogaskerekek említett gyors kopása a járműfenntartásban egyértelműen kimutatható. Új fogaskerék beépítésekor már egyetlen futás után is megfigyelhető (24. ábra).



**24. ábra: új fogaskerék egy menet után, jól láthatóan kopott és kimángorlódott fogakkal (fotó: BKV Zrt.)**

A gépjavítási gyakorlat szerint egymással kapcsolatban lévő fogaskerekeket párban célszerű cserélni, ellenkező esetben a beépített új fogaskerék profilja gyors ütemben megy tönkre a másik, kopottabb párja miatt. Ez a gyakorlat a fogaskerekű vasúton a fogasléc és kapaszkodó fogaskerekek együttes cseréjét jelentené, ami nyilvánvalóan nem oldható meg, ráadásul a pálya változó meredeksége, változó sebességgel járt szakaszai szükségszerűen eltérően kopnak, így az összekopás jelensége itt nem is valósulna meg.

Megoldás a fogasléc folyamatos, jó minőségű, a megállapított határértékeket betartó karbantartása lehet, a fogprofilok elvárt alakjának helyreállításával és fenntartásával.

Erre 2016. decemberétől új fogaslécok szakaszos beépítésével kerül sor.

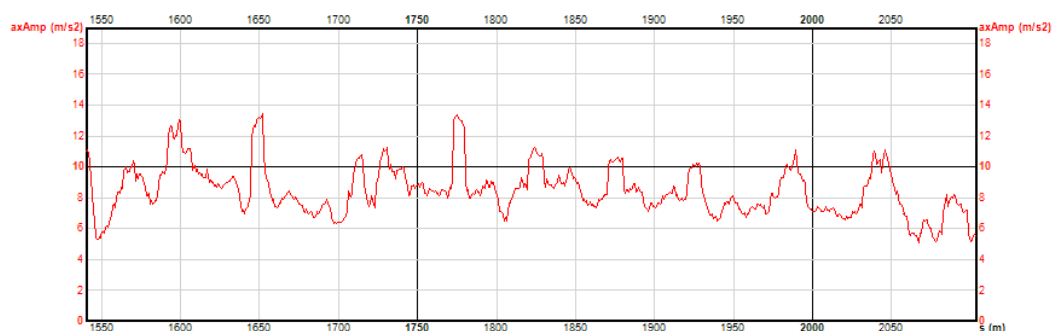
### 2.4.3.2 Fogosztás

A fogosztás kiugró értékei egyik részről az előzőhöz hasonló problémát okoznak, azonban nem állandó kis mértékű, hanem ritka (4,5 méterenkénti), nagy ütések okozva a járműre, a hajtásrendszeri elemekre.

Súlyosabb probléma, hogy nagy eltérés esetén a fogaskerék foga nem fogárokkal, hanem foggal fog találkozni, így akár ki is emelheti a járművet, ami közvetlenül kisiklás-veszélyes.

### 2.4.4 Egyéb károsító hatások

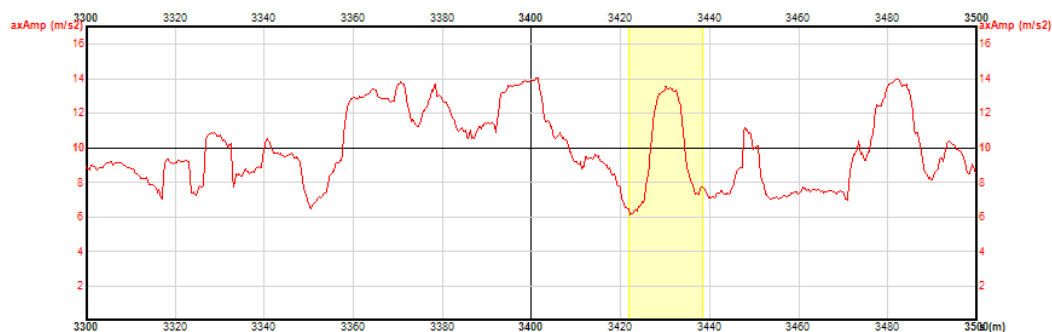
Megfigyelhető mindkét motorkocsi mérési adatainál, hogy egyes pályaszakaszokon kb. 50 méterenként kiugró amplitúdó értékek adódtak. Azonosítható, hogy ezek a pontok jól egybeesnek a pályát megtámasztó betontömbökkel.



25. ábra: kiugró amplitúdók kb. 50 méterenként

A pálya tervszerű állapotában a megtámasztó betontömbök csak hosszirányú erőt vehetnének fel, függőlegesen a pálya azokat nem terhelhetné. A vágány aktuális, megsüllyedt állapotában azonban gyakran fel is fekszik azokon (27. ábra), ezért azokon fekszinthiba jelenik meg, ráadásul a környező pályaszerkezethél rugalmatlanabb is a vágány.

Hasonló a helyzet a hidaknál, a 26. ábra megjelölt szakaszán a Művész úti híd ütése ad hirtelen terhelést.



26. ábra: a Művész úti híd hatása

A mérési adatok ezt jól igazolják, e helyeken 25-100%-kal nagyobb lengések keletkeznek (az amplitúdó-bebecslés eljárása azonban elfedi az előforduló, akár 3-4-szeres pillanatnyi ütések). Ezek nem csak a járművet károsítják, hanem az ellenerők magukat a megtámasztó tömböket is tönkreteszik.





**27. ábra: egy megtámasztó betontömb jelen állapotában**

Meg kell jegyezni, hogy a mérési adatokban sok olyan helyen is vannak kiugró értékek, ahol azonosítható különleges pályaelem nincsen, így a komoly károsító hatások forrását a pálya általános állapota is magában hordozza.

### **2.4.5 Felújítás**

A fentiek alátámasztják, hogy időszerű a fogaskerekű vasút teljes rekonstrukciója, átépítése, ami szerepel is az elképzelésekben. Igaz, a fennálló állapotokat tekintve ezen tervezés időzítése késői, már kifutott a reális élettartamból.

Másrészt sajátos módon éppen a várható, tervezett átépítés is hozzájárul a rosszabb pályaállapothoz: a meglévő fogasléc cseréje, felújítása a kis tételű, egyedi gyártás miatt csak nagyon költségesen oldható meg, ugyanakkor a tervezett átépítés már más fogasléc-rendszerrel számol. Így az átépítés után az új fogaslécnek feleslegessé válnak, a nagy ráfordítás előnyei várhatóan rövid ideig lesznek élvezhetők.

## **2.5 Pályafenntartás**

Miközben a vasúti pálya előregedett, ilyenkor természetes jelenség a fokozott elhasználódottság. A fenntartási beavatkozások is azonban éppen ilyenkor ritkultak meg, amikor a vasúti pálya – kopottsága és egyéb általános állapota miatt – már fokozott fenntartási igényű lenne:

- a vonalgonozói vonalbejárás az elvárt heti 3 helyett 1 alkalommal történt meg (ez nem azonos a hajnali, pályaszerkezet állapotát nem ellenőrző bejárással);
- 2000-2008 között megszűnt az állandó munkacsapata a fogaskerekűnek, ezzel a folyamatos hibajavítás (1.15.2), műszaki beavatkozásra csak 2-4 naponta kerül sor, az is általában csak egy-egy konkrét hiba elhárítása.

Ezt a kérdést a jelen vizsgálat idején Széchenyi-hegy állomáson történt kisikláshoz kapcsolódóan tárgyalja még a KBSZ (2016-0557-5).

## **2.6 Egyéb észrevételek**

### **2.6.1 A vonat haladása**

A rögzített adatok (1.10) elemzéséből megállapítható, hogy a jármű vezetője nem lépte túl a vonatra és a pályára megengedett legnagyobb sebességet. A jármű a kisiklást megelőző időpontban 8,2 km/h sebességgel közlekedett.

### **2.6.2 Kizárható okok**

A vizsgálat során előkerült az a lehetséges ok, hogy a gyalogos átjáró rossz állapotú aszfaltozása túlzottan kiemelkedett, a pályakotró abban akadt el, amiatt szakadt le.

A helyszínen a kisiklással összefüggő nyomok és a pályakotró egyes elemeinek elhelyezkedése a gyalogos átjáró előtt volt, így ez az ok kizárható.

### **2.6.3 A járművezetői magatartás**

Az ilyen meghibásodást (pályakotró lezúdulása) a járművezetőnek nem kell észlelnie: a jármű átvételekor a pályakotró megfelelő rögzítettségét nem feladata ellenőrizni, menet közben pedig nem észlelhető. Az eseményt okozó leszakadást megelőzni nem tudja.

A kisiklás a leszakadás után röviddel (kb. 17 m, 7 mp) bekövetkezett, így a rendellenes zajokra való felügyelés után nem volt érdemi ideje arra, hogy a járművet még a kisiklás előtt megállítsa. Kétséges, hogy a rendellenes zajok is mikor észlelhetők: maga a jármű is menet közben remeg, zörög, ami elfedheti a sínen és fogaslécen csúszó alkatrész keltette zajt. Emellett a nyomok is azt mutatják, hogy az alkatrész helyzete a csúszás során változott, nem biztos, hogy kezdettől fogva számottevő zajt okozhatott.

### **2.6.4 A kapaszkodó fogaskerekek**

A járművek kapaszkodó fogaskerekeit kritikus mértékű kopás után cserélik, miközben a kopott fogaslécet cseréje ezidáig elmaradt. Általános szakmai tapasztalat, hogy ha egymáshoz kapcsolódó fogaskerekek, fogaslécet kopottság jelentősen eltérő, akkor a jó állapotú alkatrész kopása rendkívül gyors lesz. Ezzel hozható összefüggésbe, hogy a járművek fogaskerekei a korábbi csereciklusnak (kb. 3 év) csak töredékét élik meg (kb. 1 év).

Mivel nagy értékű alkatészről van szó, a sűrű csere nagyon sok erőforrást igényel, ami többek között más közlekedésbiztonsági intézkedések megvalósításától von el forrásokat.

### 3. KÖVETKEZTETÉSEK

#### 3.1 **Az eset bekövetkezésével közvetlen összefüggésbe hozható ténybeli megállapítások**

A vasúti jármű pályakotrója leszakadt, és azon az első forgóváz kisiklott (2.1.2).

#### 3.2 **Az eset bekövetkezésével közvetetten összefüggésbe hozható ténybeli megállapítások**

A pályakotró rendszeres meglazulása ismert, de az igénybevételnek megfelelő rögzítése nem megoldott, a hegesztések alacsony minőségűek (2.2.2).

A vasúti pálya fogasléce nagyon elhasználódott, káros rezgéseket, erőhatásokat ad a járműre, és fokozott ütemű elhasználódást okoz a hajtásrendszer és járműszerkezet elemeinél (2.4.3).

A fenntartási ráfordítások éppen akkor csökkentek le, amikor a vasúti pálya már elöregedett, fokozott fenntartási igényűvé vált (2.5).

#### 3.3 **Az eset bekövetkezésével összefüggésbe nem hozható, kockázatnövelő tényezők**

A vágány megsüllyedése miatt a megtámasztó betontömböknél a járművet és a pályát egyaránt erősen károsító ütések jelentek meg (2.4.4).

A fogaslécek találkozásánál a fogosztás sok esetben jelentősen eltér az előírttól, ami szélsőséges esetben közvetlen kisiklásveszélyt is okozhat (2.4.3).

A fogaskerekek gyakori cseréje más közlekedésbiztonsági intézkedések teljesítésétől von el forrást, veszélyeztetve azok megvalósulását (2.6.4).

## 4. BIZTONSÁGI AJÁNLÁS

### 4.1 A vizsgálat során kiadott biztonsági ajánlások

A vizsgálat során a KBSZ nem adott ki biztonsági ajánlást.

### 4.2 További biztonsági ajánlások

**BA2015-1160-5-01:** *A Vb tapasztalta, hogy a BKV fogaskerekű vasút pályája rendkívül elavult, sok esetben a meghatározott mérethatárokon túli kopásokkal, pontatlan fogasléc-beállításokkal üzemel. Ennek következtében a járművekre ható, jól mérhető káros hatások is jelentkeznek.*

**A KBSZ javasolja a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium Vasúti Hatósági Főosztályának, vizsgálja meg a pályahálózat működtető pályafenntartási rendszerét, hogy az mennyiben alkalmas a mérethatárokon túl lévő pályahibák (különös tekintettel a fogasléc profiljára is) felismerésére és kijavítására, és tegye meg a szükséges intézkedéseket.**

*Az ajánlás elfogadása és végrehajtása esetén a vasúti pálya okozta közvetlen kisiklási veszély csökkentésén túl a járműszerkezeteket károsító, közvetett kisiklásveszélyt okozó hatások is mérsékelhetők.*

Budapest, 2017. február 14.



Chikán Gábor  
Vb vezetője



Kovács József  
Vb tagja