



Česká republika
The Czech Republic



The Rail Safety Inspection Office

Závěrečná zpráva o výsledcích šetření mimořádné události

Vykolejení pěti tažených drážních vozidel za jízdy vlaku Sv 10220 v železniční stanici Kolín

Pátek, 7. září 2018

Accident and incident investigation report

Derailment of five rolling stocks of the train set No. 10220 at Kolín station

Friday, 7th September 2018

č. j.: 6-3133/2018/DI

Tato závěrečná zpráva je veřejná a veškeré v ní uvedené skutečnosti jsou podloženy vyšetřovacím spisem.

1 SHRnutí



Zdroj: DI

Skupina události: vážná nehoda.

Vznik události: 7. 9. 2018, 20.49 h.

Popis události: vykolejení pěti tažených drážních vozidel za jízdy vlaku Sv 10220, a to z důvodu lomu závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka v čelistovém výměnovém závěru výhybky č. 169 část „a“.

Dráha, místo: dráha železniční, kategorie celostátní, Kutná Hora hl. n. – Lysá nad Labem, železniční stanice Kolín, výhybka č. 169 část „a“, km 298,425.

Zúčastnění: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace (provozovatel dráhy);
České dráhy, a. s. (dopravce vlaku Sv 10220).

Následky: bez zranění;
celková škoda 18 090 000 Kč.

Bezprostřední příčina:

- lom závěrového háku a odlehnutí nezapevněného jazyka výhybky č. 169 část „a“ od opornice za jízdy vlaku Sv 10220 (tzv. vidlicová jízda).

Přispívající faktor:

- nebyl Drážní inspekci zjištěn.

Zásadní příčiny:

- vznik a postupný rozvoj dílčích únavových trhlin v místě snížení nosného průřezu závěrového háku čelistového výměnového závěru, zapříčiněných konstrukčními vruby a strukturními nehomogenitami, vedoucí až k úplnému lomu, a to při dlouhodobém nestandardním a proměnlivém působení vnějších sil na závěrový hák čelistového výměnového závěru;
- dlouhodobé nestandardní a proměnlivé působení součástí výhybky na prvky čelistového výměnového závěru výhybky č. 169 část „a“, a to při intenzivním provozním zatížení jízdou drážních vozidel;
- nezjištění únavových trhlin prohlídkami prováděnými podle postupů provozovatele dráhy.

Příčina v systému bezpečnosti:

- nebyla Drážní inspekci zjištěna.

Bezpečnostní doporučení:

Dražní inspekce na základě ustanovení § 53e odst. 1 zákona č. 266/1994 Sb. doporučuje s ohledem na předcházení mimořádným událostem:

Dražnímu úřadu:

- v rámci své činnosti jako národního bezpečnostního orgánu provést prověření celkového technického stavu výhybky č. 169a v žst. Kolín a technického stavu souvisejícího čelistového výměnového závěru, kde byl zjištěn zjevný nestandardní dotyk závěrového háku s patou opornice, a tento stav dále řešit s provozovatelem výhybky a výrobcí předmětných zařízení.
- v rámci své činnosti jako národního bezpečnostního orgánu přijetí opatření, které zajistí u provozovatele dráhy SŽDC aby:
 1. jím bylo vždy před zavedením nových prvků výhybkových konstrukcí a výměnových závěrů, na kterých přímo závisí bezpečnost drážní dopravy, do provozu vyžadováno od jejich výrobců mimo jiné provedení komplexního posouzení a vyhodnocení všech hlavních faktorů majících vliv na únavovou pevnost a životnost (například materiál, povrch, tvar, technologie, provozní zatížení a podmínky atd.), a to pomocí pokročilých analytických a numerických metod a modelování, při kterém bude vybráno takové řešení daného prvku,

- teré by mělo nejlepší hodnocení z hlediska únavových vlastností (například konstruování na trvalou pevnost), a to za podmínky, že výběru tohoto řešení nebudou bránit jiné technické a konstrukční parametry, problémy a omezení;
2. v případě, že budou nově montovány čelistové výměnové závěry u křížovatkových výhybek a PHS, byly použity u vnitřních jazyků křížovatkových výhybek a typově podobných závěrových háků používaných v čelistových výměnových závěrech pro PHS už jen závěrové háky konstrukčně upravené dle předchozího bodu, kdy u nich bude docíleno zlepšení jejich parametrů z hlediska únavových vlastností;
 3. byla provedena jednorázová kontrola všech křížovatkových výhybek a PHS s čelistovými závěry (cca 122 ks), která bude zaměřena na stav závěrových háků používaných u vnitřních jazyků křížovatkových výhybek a typově podobných závěrových háků používaných v čelistových výměnových závěrech pro PHS, kdy bude minimálně vizuálně zkontrolována vrchní stěna těchto závěrových háků, zda se na ní nenachází trhliny a zároveň bude zkontrolováno, zda předmětné závěrové háky nejsou viditelně násilně poškozeny. V případě, že budou při jednorázové kontrole zjištěny jakékoliv závěrové háky s trhlínami, tak je nutné zajistit bezpečnost na daném místě;
 4. na základě vyhodnocení a výsledků jednorázové kontroly dle předchozího bodu zajistil výměnu násilně poškozených závěrových háků používaných u vnitřních jazyků křížovatkových výhybek a typově podobných závěrových háků používaných v čelistových výměnových závěrech pro pohyblivé hroty srdcovek, a to za závěrové háky konstrukčně upravené dle bodu 1 (kdy u nich bude docíleno zlepšení jejich parametrů z hlediska únavových vlastností), a to přednostně ve výhybkách, které jsou provozně silně zatížené a je přes ně dovolena jízda drážních vozidel vyšší rychlostí;
 5. na základě vyhodnocení a výsledků jednorázové kontroly dle bodu 3 zvážil případné doplnění nastaveného systému kontrol výhybek a výměnových závěrů, případně zvážit (zvláště s ohledem k jejich plánované životnosti) výměnu do této doby použitých závěrových háků u vnitřních jazyků křížovatkových výhybek a typově podobných závěrových háků používaných v čelistových výměnových závěrech pro PHS, a to za závěrové háky konstrukčně upravené dle bodu 1 (kdy u nich bude docíleno zlepšení jejich parametrů z hlediska únavových vlastností);
- přijetí vlastního opatření směřujícího k realizaci výše uvedených bezpečnostních doporučení i u ostatních provozovatelů drah v České republice.

SUMMARY

- Grade: a serious accident.
- Date and time: 7th September 2018, 20:49 (18:49 GMT).
- Occurrence type: a train derailment.
- Description: the derailment of the last five rolling stocks of the train set No. 10220.
- Type of train: the train set No. 10220.
- Location: Kolín station, the switch No. 169 part „a“, km 298,425.
- Parties: SŽDC, s. o. (IM);
ČD, a. s. (RU of the train set No. 10220).
- Consequences: 0 fatality, 0 injury;
total damage CZK 18 090 000,-
- Direct cause:
- a fracture of the locking hook and opening of the unheld switch tongue of the switch No. 169 part „a“ from the stock rail while the train No. 10220 was moving over the switch.
- Contributory factor: none.
- Underlying causes:
- the creation and gradual development of the partial fatigue cracks at the point of the reduction of the bearing cross-section of the locking hook of the jaw point lock, caused by the structural notches and structural inhomogeneities leading to a total fracture under long-term non-standard and variable external forces application on the locking hook of the jaw point lock;
 - long-term, non-standard and variable application of the switch components on the jaw point lock elements of the switch No. 169 part „a“, under heavy traffic load by the railway vehicles were moving over the switch;
 - failure to detect the fatigue cracks when exercising controls in accordance with the procedures of the IM.
- Root cause: none.
- Recommendations:
- Addressed to The Czech national Safety Authority (NSA):
- as part of its activities as a national safety authority, we recommend that the NSA verify the overall technical condition of the switch No. 169 part „a“ at Kolín station and the technical condition of the related jaw point locks and in case a non-standard contact of the locking hook with the stock rail foot is detected then this situation should be solved in common with the switch operator and the manufacturers of the devices;

- as part of its activities as the national safety authority, we recommend that the NSA adopt measures to ensure that the infrastructure manager SŽDC:
 1. will require a comprehensive assessment and evaluation of all main factors which may have an impact on the fatigue strength and life (e. g. material, surface, shape, technology, operating load and conditions, etc.) from their manufacturers using the advanced analytical and numerical methods and modeling to select the element with the best fatigue rating (e. g. design for permanent strength), on condition that any other technical and design parameters, problems and constraints will not resist the choice of this solution; this should be made always before the new components of the switch and the point lock, on which the safety of the guided transport operating directly depends, will be put into operation;
 2. will ensure that only the locking hooks which will be modified according to the previous point – so that their parameters in terms of fatigue properties will be improved – will be used at the internal tongues of the diamond crossings with slips and similar types of the locking hooks used in the jaw point locks for the swing crossing noses in case the jaw locking hooks are newly assembled into the diamond crossings with slips and the swing crossing noses;
 3. will ensure that the one-time control of all diamond crossings with slips and swing crossing noses with the jaw locks (approx. 122 pcs) will be exercised. The control will be focused on the condition of the locking hooks used at the internal tongues of diamond crossings with slips and the similar types of the locking hooks used in the jaw point locks for the swing crossing noses. The top wall of these locking hooks should be controlled for cracks at least visually during this control. At the same time it should be controlled even when these locking hooks do not appear to be violently damaged. In the case that there any locking hook with cracks is found during the one-off control, it is necessary to ensure the safety at the site;
 4. will ensure that the violently damaged locking hooks used at the internal tongues of the diamond crossings with slips and the similar types of the locking hooks used in the jaws point locks for the swing crossing noses will be replaced for the locking hooks which will be structurally modified according to the point 1 (so that their parameters in terms of fatigue properties will be improved), preferably in the switches which are heavily loaded with traffic and which allow the moving of the rolling stocks at higher speeds. This should be based on the evaluation and results of the one-off control in accordance with the previous paragraph;
 5. will consider the possible addition of the set system for checking the switches and point locks on the basis of the evaluation and results of the one-off control according to the point 3 and eventually will consider that the till then used locking hooks at internal tongues of the diamond crossings with slips and similar types of the locking hooks used in the jaw point locks for the swing crossing noses should be replaced for those locking hooks which are structurally modified according to the point 1 (when their fatigue parameters will be improved);
- we recommend that the NSA adopt own measures to ensure the implementation of the above safety recommendations for other IMs in the Czech Republic.

Obsah

1 SHRUTÍ.....	3
SUMMARY.....	6
2 ÚDAJE TÝKAJÍCÍ SE MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI.....	13
2.1 Mimořádná událost.....	13
2.1.1 Datum, přesný čas a místo mimořádné události.....	13
2.1.2 Popis průběhu mimořádné události a místa vzniku, včetně činnosti integrovaného záchranného systému a záchranné služby.....	13
2.1.3 Rozhodnutí o zahájení šetření, složení týmu odborně způsobilých osob pro šetření a způsob vedení šetření.....	22
2.2 Okolnosti mimořádné události.....	23
2.2.1 Zúčastnění zaměstnanci, osoby ve smluvním poměru a další zúčastnění a svědci.....	23
2.2.2 Vlaky a jejich řazení, včetně registračních čísel jednotlivých drážních vozidel.....	23
2.2.3 Popis součástí dráhy a zabezpečovacího systému (tj. zejména stav koleje, výhybky, stavědla, návěstidla a vlakového zabezpečovacího zařízení).....	24
2.2.4 Použití komunikačních prostředků.....	24
2.2.5 Práce prováděné na místě a v jeho blízkosti.....	25
2.2.6 Aktivace plánu pro případ mimořádné události na dráze a návazných postupů.....	25
2.2.7 Aktivace plánu integrovaného záchranného systému, policejních a zdravotnických záchranných služeb a návazných postupů.....	25
2.3 Úmrtí, zranění a způsobená škoda.....	26
2.3.1 U cestujících a třetích osob, zaměstnanců provozovatele dráhy a dopravy, včetně osob ve smluvním poměru.....	26
2.3.2 Na přepravovaných věcech, zavazadlech a jiném majetku.....	26
2.3.3 Na drážních vozidlech, součástech dráhy a životním prostředí.....	26
2.4 Vnější okolnosti.....	26
2.4.1 Povětrnostní podmínky a geografické údaje.....	26
3 ZÁZNAM O VYŠETŘOVÁNÍ A PODANÝCH VYSVĚTLENÍCH.....	26
3.1 Souhrn podaných vysvětlení (podléhá ochraně identity osob).....	26
3.1.1 Zaměstnanci provozovatele dráhy a dopravce včetně osob ve smluvním vztahu.....	26
3.1.2 Jiní svědci.....	28
3.2 Systém zajišťování bezpečnosti.....	28
3.2.1 Rámcová organizace a způsob udělování a provádění pokynů.....	28
3.2.2 Požadavky na zaměstnance provozovatele dráhy a dopravce a uplatňování těchto požadavků.....	28
3.2.3 Postupy vnitřní kontroly bezpečnosti a auditu a jejich výsledky.....	29
3.2.4 Rozhraní mezi různými zúčastněnými subjekty a součástmi dopravní cesty dráhy.....	31
3.3 Právní a jiná úprava.....	32
3.3.1 Příslušné vnitrostátní právní předpisy a předpisy Evropské unie.....	32
3.3.2 Jiné předpisy, např. provozní řád, pracovní řád, předpisy údržby, použitelné technické normy a další vnitřní předpisy.....	32
3.4 Činnost drážních vozidel a dalších technických zařízení.....	32
3.4.1 Systém řízení, signalizace a zabezpečení, včetně zařízení pro automatické	

zaznamenávání dat.....	32
3.4.2 Součásti dráhy.....	35
3.4.3 Sdělovací a informační zařízení.....	44
3.4.4 Drážní vozidla, včetně zařízení pro automatické zaznamenávání dat.....	44
3.5 Dokumentace o provozním systému.....	45
3.5.1 Opatření přijatá zaměstnanci provozovatele dráhy a dopravce, pokud jde o řízení a zabezpečení dopravy.....	45
3.5.2 Výměna ústních hlášení v souvislosti s mimořádnou událostí, včetně údajů ze záznamového zařízení.....	46
3.5.3 Opatření přijatá k ochraně a zabezpečení místa mimořádné události.....	46
3.6 Pracovní, zdravotní a provozní podmínky.....	46
3.6.1 Pracovní doba zaměstnanců provozovatele dráhy a dopravce, kteří byli účastníky mimořádné události.....	46
3.6.2 Zdravotní stav a osobní situace, které měly dopad na mimořádnou událost, včetně fyzického nebo psychického stresu.....	46
3.6.3 Uspořádání vybavení řídicího pracoviště nebo drážního vozidla, které má vliv na jeho ovládání a užívání.....	46
3.7 Předchozí mimořádné události obdobného charakteru.....	47
4 ANALÝZA A ZÁVĚRY.....	47
4.1 Konečný popis mimořádné události.....	47
4.1.1 Vyhotovení závěrů o mimořádné události založených na skutečnostech zjištěných v bodě 3.....	47
4.2 Rozbor.....	48
4.2.1 Zhodnocení skutečností zjištěných v bodě 3 a uvedení závěrů o příčině mimořádné události a činnosti záchranných služeb.....	48
4.3 Závěry.....	64
4.3.1 Přímé a bezprostřední příčiny mimořádné události, včetně faktorů, které k ní přispěly, a které souvisely s jednáním zúčastněných osob nebo se stavem drážních vozidel nebo technických zařízení.....	64
4.3.2 Zásadní příčiny související s kvalifikací, postupy a údržbou.....	64
4.3.3 Příčiny mající původ v právním rámci a v používání systému zajišťování bezpečnosti.....	64
4.4 Doplnující zjištění.....	65
4.4.1 Nedostatky a opomenutí zjištěné během šetření, které se nevztahují k závěrům o příčinách.....	65
5 PŘIJATÁ OPATŘENÍ.....	65
5.1 Seznam opatření, která byla v důsledku mimořádné události již učiněna nebo přijata.....	65
6 BEZPEČNOSTNÍ DOPORUČENÍ.....	66
7 PŘÍLOHY.....	68

Seznam použitých zkratk a symbolů

AŽD	AŽD Praha s.r.o.
CDP	Centrální dispečerské pracoviště
COP	Centrální ohlašovací pracoviště
ČD	České dráhy, a. s.
ČSN	Česká technická norma
ČVUT	České vysoké učení technické
DI	Drážní inspekce
DÚ	Drážní úřad
DV	drážní vozidlo, drážní vozidla
GSM-R	železniční neveřejná mobilní telekomunikační síť GSM
HDV	hnací drážní vozidlo
HZS	hasičský záchranný sbor
IZS	integrovaný záchranný systém
JOP	jednotné obslužné pracoviště
JPO	jednotka požární ochrany
MU	mimořádná událost
OŘ	Oblastní ředitelství
PHS	pohyblivé hroty srdcovek
PS	Provozní středisko
SK	staniční kolej, staniční koleje
SZZ	staniční zabezpečovací zařízení
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
TDV	tažené drážní vozidlo
TK	traťová kolej (traťové koleje)
TO	traťový okrsek
ÚI	Územní inspektorát
VPS	vedoucí provozního střediska
ZZ	Závěrečná zpráva o výsledcích šetření mimořádné události
žst.	železniční stanice

Seznam zkratk použitých právních předpisů, norem a vnitřních předpisů

zákon č. 262/2006 Sb.	zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, ve znění platném v době vzniku mimořádné události
zákon č. 266/1994 Sb.	zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách, ve znění platném v době vzniku mimořádné události
vyhláška č. 16/2012 Sb.	vyhláška č. 16/2012 Sb., o odborné způsobilosti osob řídících drážní vozidlo a osob provádějících revize, prohlídky a zkoušky určených technických zařízení a o změně vyhlášky Ministerstva dopravy č. 101/1995 Sb., kterou se vydává Řád pro zdravotní a odbornou způsobilost osob při provozování dráhy a drážní dopravy, ve znění platném v době vzniku mimořádné události
vyhláška č. 101/1995 Sb.	vyhláška č. 101/1995 Sb., kterou se vydává Řád pro zdravotní způsobilost osob při provozování dráhy a drážní dopravy, ve znění platném v době vzniku mimořádné události
vyhláška č. 173/1995 Sb.	vyhláška č. 173/1995 Sb., kterou se vydává dopravní řád drah, ve znění platném v době vzniku mimořádné události
vyhláška č. 177/1995 Sb.	vyhláška č. 177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah, ve znění platném v době vzniku mimořádné události
vyhláška č. 376/2006 Sb.	vyhláška č. 376/2006 Sb., o systému bezpečnosti provozování dráhy a drážní dopravy a postupech při vzniku mimořádných událostí na dráhách, ve znění platném v době vzniku mimořádné události
Směrnice SŽDC č. 67	vnitřní předpis provozovatele dráhy SŽDC, „Směrnice SŽDC č. 67 Systém péče o kvalitu v oblasti traťového hospodářství“, č. j. S 35410/11 – OTH, ze dne 8. 8. 2011, ve znění platném v době vzniku mimořádné události
SŽDC S2/3	vnitřní předpis provozovatele dráhy SŽDC, „S 2/3 Organizace a provádění prohlídek a měření na železničních dráhách celostátních a regionálních“, ve znění platném v době vzniku mimořádné události

SŽDC (ČD) S3/4	vnitřní předpis provozovatele dráhy SŽDC, „ČD S 3/4 Nedestruktivní zkoušení kolejnic“, ve znění platném v době vzniku mimořádné události
SŽDC S 3, díl IX	vnitřní předpis provozovatele dráhy SŽDC, „Předpis SŽDC S3 Železniční svršek Díl IX Výhybky a výhybkové konstrukce“, ve znění platném v době vzniku mimořádné události
Směrnice SŽDC č. 51	vnitřní předpis provozovatele dráhy SŽDC, „Směrnice SŽDC č. 51 pro provádění prohlídek a měření výhybek ve znění změny č. 1 (účinnost od 1. července 2015)“, ve znění platném v době vzniku mimořádné události
Směrnice SŽDC č. 67	vnitřní předpis provozovatele dráhy SŽDC, „Směrnice SŽDC č. 67 Systém péče o kvalitu v oblasti traťového hospodářství“, ve znění platném v době vzniku mimořádné události
SŽDC (ČSD) T100	vnitřní předpis provozovatele dráhy SŽDC, „ČSD T 100 Provoz zabezpečovacích zařízení“, ve znění platném v době vzniku mimořádné události
SŽDC (ČSD) T 121	vnitřní předpis provozovatele dráhy SŽDC, „ČSD T 121 Údržba venkovního zabezpečovacího zařízení“, ve znění platném v době vzniku mimořádné události
U 03 111	dokument výrobce čelistového výměnového závěru, „U 03 111 Návod pro údržbu - Čelistové výměnové závěry VZ 200“, ve znění platném v době vzniku mimořádné události

2 ÚDAJE TÝKAJÍCÍ SE MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI

2.1 Mimořádná událost

2.1.1 Datum, přesný čas a místo mimořádné události

Datum: 7. 9. 2018.

Čas: 20.49 h.

Dráha: železniční, kategorie celostátní, Kutná Hora hl. n. – Lysá nad Labem.

Místo: trať 502A Kutná Hora hl. n. – Lysá nad Labem, železniční stanice Kolín, výhybka č. 169 část „a“ (dále také výhybka č. 169a), km 298,425.

GPS: 50.0262153N, 15.2132344E.



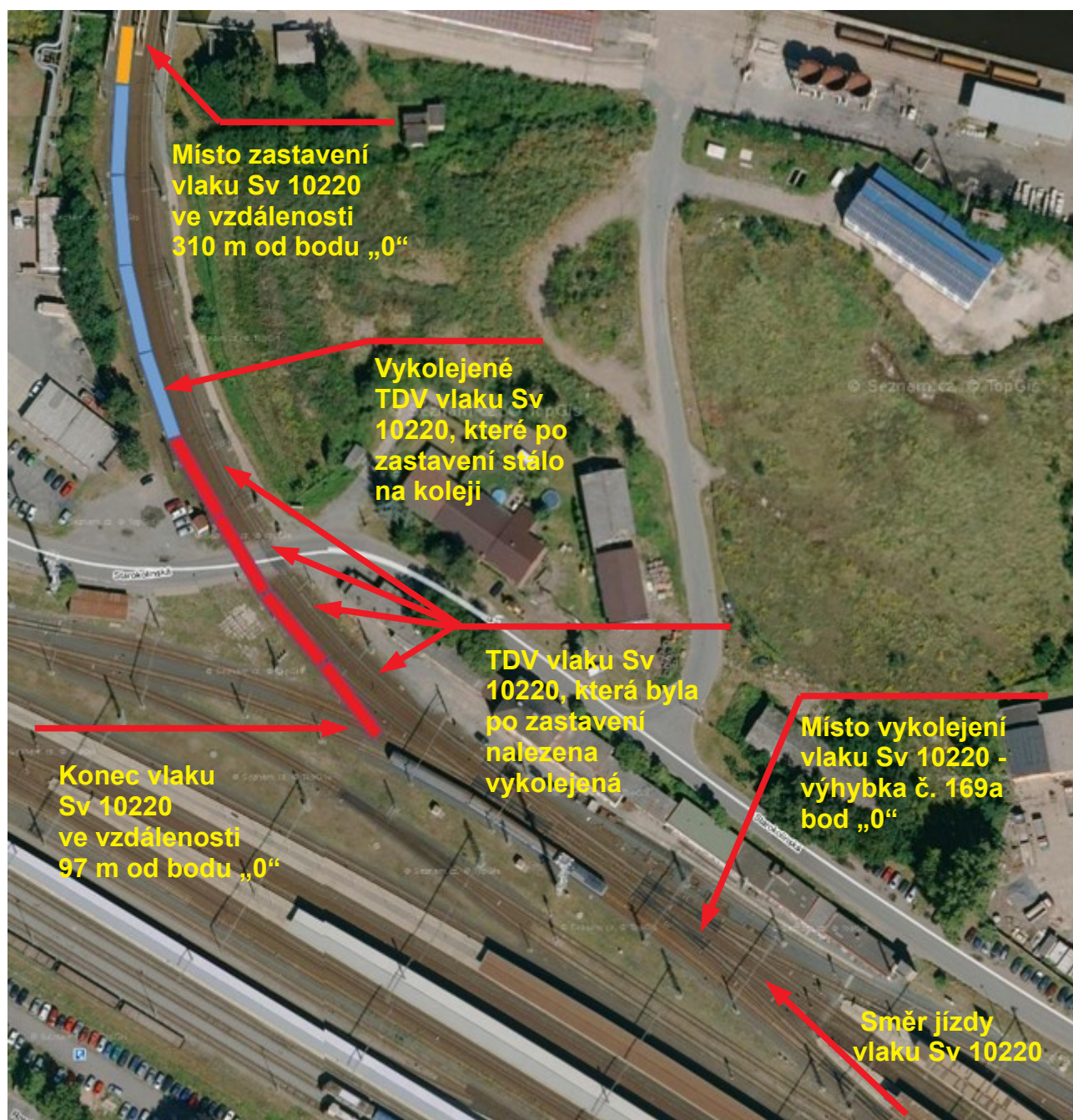
Obr. č. 1: Pohled na výhybku č. 169a po vzniku MU

Zdroj: DI

2.1.2 Popis průběhu mimořádné události a místa vzniku, včetně činnosti integrovaného záchranného systému a záchranné služby

Dne 7. 9. 2018 jel vlak Sv 10220 z výchozí železniční stanice Hradec Králové hl. n. do žst. Poděbrady, a to přes žst. Pardubice hl. n., kdy v žst. Kolín vjel na SK č. 108. Z této koleje traťový dispečer 115 CDP Praha (dále jen traťový dispečer) zamýšlel postavit vlakovou cestu na kolej č. 114d, a proto zadal přípravu vlakové cesty na tuto kolej. Nicméně výhybka č. 169a se nepřestavila do koncové polohy pro danou vlakovou cestu a z tohoto důvodu byla traťovým dispečerem následně zadána příprava variantní vlakové

cesty na kolej č. 112d. Vlaková cesta na kolej č. 112d byla poté řádně postavena a zabezpečena závěrem vlakové cesty SZZ, kdy další jízda vlaku z SK č. 108 byla povolena návestí „Rychlost 40 km/h a očekávejte rychlost 40 km/h“ doplněná „Indikátorovou tabulkou s číslicí 5“, návestěnou hlavním (cestovým) návestidlem (dále jen cestové návestidlo) Lc108, situovaným v km 298,263.



Obr. č. 2: Schéma místa vzniku MU

Zdroj: DI, www.mapy.cz

Za cestovým návestidlem Lc108 pokračoval vlak v jízdě přes zhlaví na kolej č. 112a, přičemž vlaková cesta vedla přes výhybky č. 160, 164, 169ab a 171ab. V blíže nezjištěnou dobu došlo k lomu závěrového háku u pravého vnitřního ohnutého jazyka v čelistovém výměnovém závěru výhybky č. 169a, čímž nebyl při postavené vlakové cestě

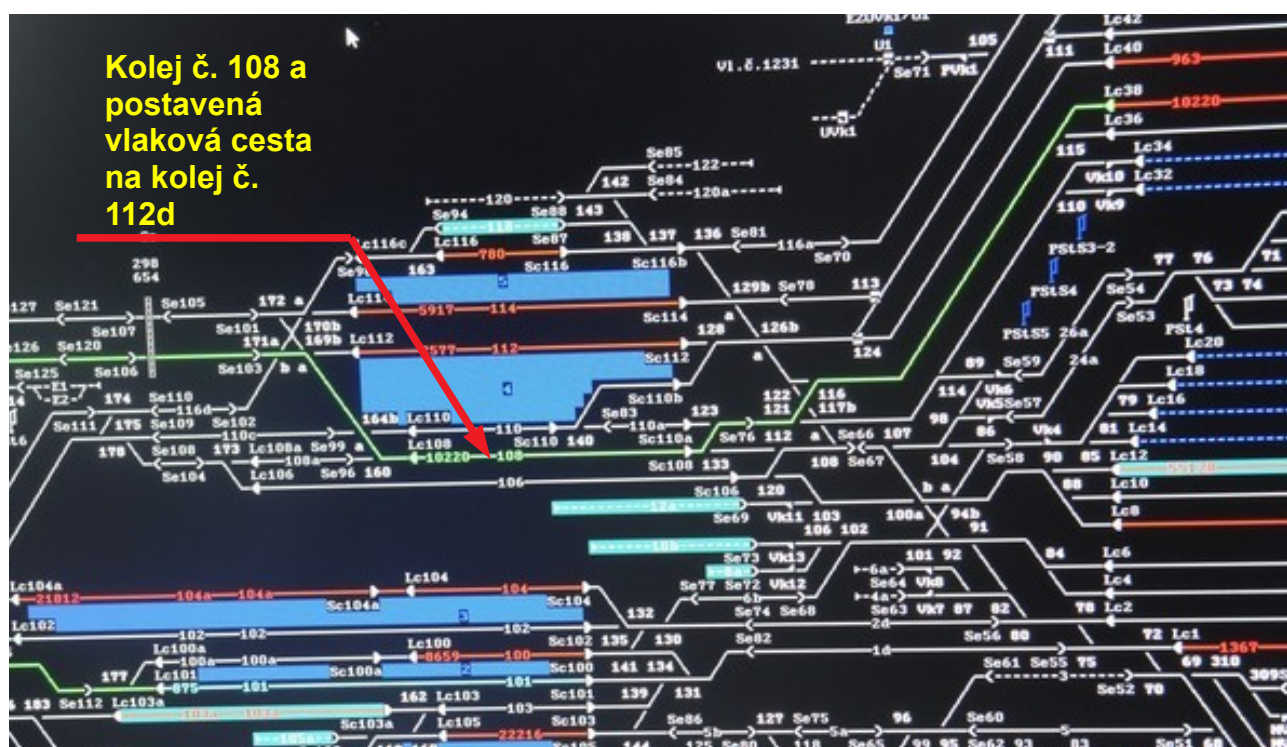
a po celou dobu jízdy vlaku Sv 10220 tento přilehlý jazyk držen a zabezpěn v krajní poloze u opornice. Za jízdy vlaku Sv 10220 přes výhybku č. 169a následně došlo k odlehnutí nezapevněného jazyka od opornice, k vidlicové jízdě a vykolejení 4. až 8. TDV za HDV.

Při prvotním ohledání místa vzniku MU, které bylo započato dne 7. 9. 2018 ve 22.50 h a ukončeno dne 8. 9. 2018 v 1.30 h, bylo postupováno ve směru jízdy vlaku Sv 10220 ze staniční koleje č. 108 přes výhybky č. 160, 164, 169ab a 171ab k místu zastavení konce vlaku na staniční koleji č. 112a, dále přes železniční přejezd P3575 k čelu HDV vlaku, který stál ve vzdálenosti 310 m od bodu „0“ na staniční koleji č. 112b. Ve dnech 10., 12., a 13. 9. 2018 proběhlo ohledání místa MU a prvků staničního zabezpečovacího zařízení v žst. Kolín, a to včetně zaznamenaných dat, které se vztahovaly k předmětné MU. Proběhlo další měření a zaznamenání informací týkajících se infrastruktury.

Ohledáním místa MU bylo DI mj. zjištěno:

Stav zabezpečovacího zařízení:

- vlak Sv 10220 bez cestujících odjížděl ze žst. Kolín ve směru žst. Velký Osek na návěst dovolující jízdu cestového návěstidla Lc108;



Obr. č. 3: Indikace na monitoru SZZ – vlaková cesta pro Sv 10220

Zdroj: DI

- vlaková cesta byla postavena normální obsluhou staničního zabezpečovacího zařízení typu ESA 11 v žst. Kolín z SK č. 108 mj. přes výhybky č. 169ab a 171ab na staniční kolej č. 112d;
- SZZ bylo dálkově obsluhováno traťovým dispečerem;
- v dokumentu „Záznamník poruch na sdělovacím a zabezpečovacím zařízení“,

umístěného na CDP Praha sál 4A, byly dne 7. 9. 2018 evidovány dvě události ze žst. Kolín, které neměly vztah k předmětné výhybce a ani předmětné vlakové cestě.

Stav infrastruktury:

- vlak vykolejil na části „a“ křižovatkové výhybky č. 169ab, která má staničení v km 298,428;
- konec vlaku Sv 10220 byl na staniční koleji č. 112a v km 298,523 a částečně zasahoval do průjezdného průřezu koleje č. 116d;
- vlak zastavil v prostoru železničního přejezdu P3575, který má staničení v km 298,657, přičemž do doby nakolejení a odklizení drážních vozidel vlaku byl neprůjezdný pro silniční dopravu;
- bod „0“ byl určen na výhybce č. 169 v části „a“, a to v místě sjetí pravého kola z pojižděné hrany temena pravé vnitřní opornice v km 298,425 (3,0 m od středu výhybky proti směru jízdy vlaku). Dále pokračovaly stopy jízdy kol mezi jazyky (levý vnější rovný a pravý vnitřní ohnutý) a příslušnými opornicemi – tzn., že došlo k vidlicové jízdě TDV. Za místem vykolejení byly dále poškozeny zámky proti putování jazyků, jazykové opěrky, upevňovací a betonové pražce výhybky č. 169ab;



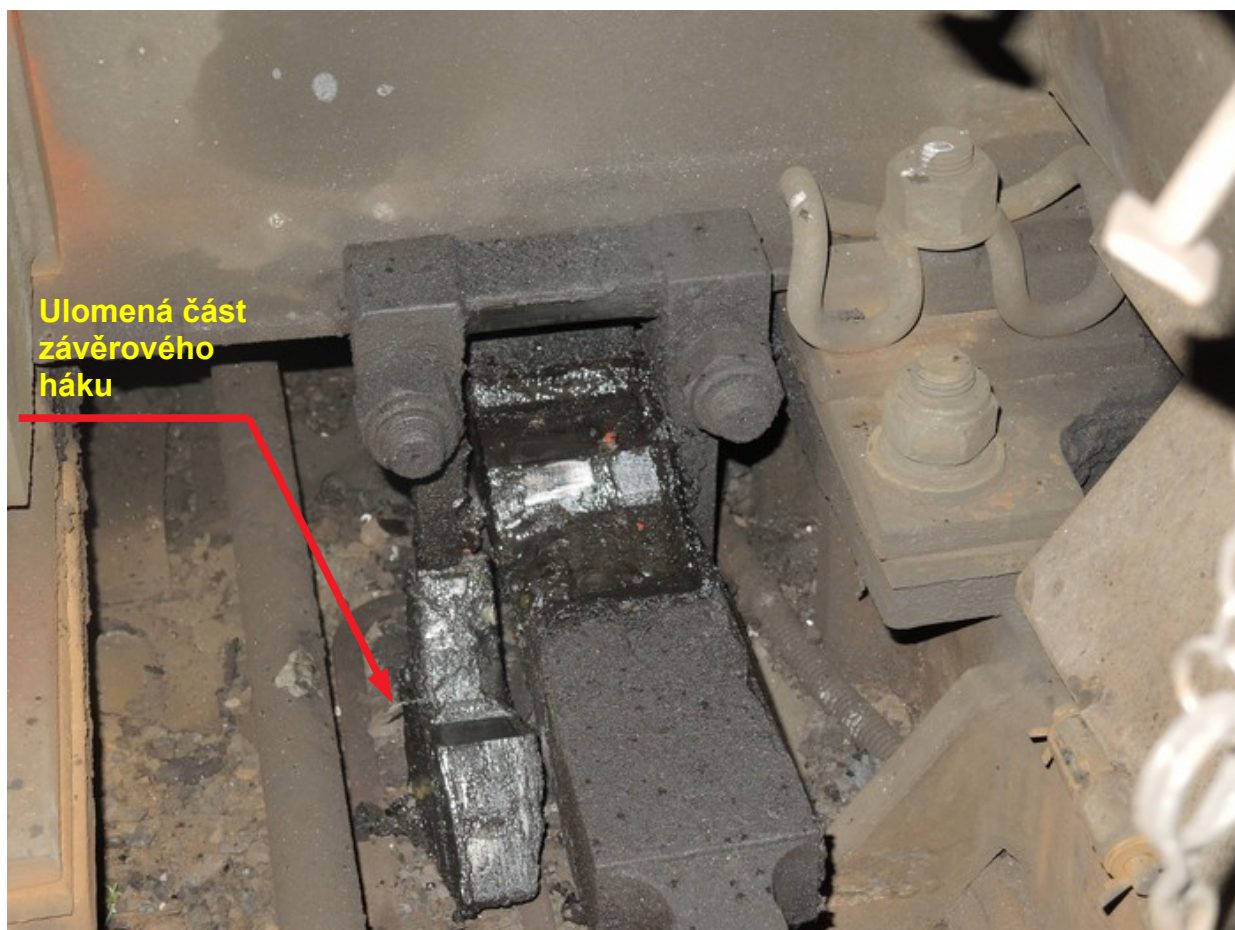
Obr. č. 4: Postavení jazyků na výhybce č. 169a po vzniku MU

Zdroj: DI

- v době ohledání místa mimořádné události byla výhybka č. 169ab přestavena pro požadovaný směr jízdy, tedy pro jízdu vedlejším směrem zleva doleva, přičemž

pravý vnitřní ohnutý jazyk byl přilehnut k opornici. Po zasunutí šroubováku mezi hrot pravého vnitřního ohnutého jazyka a opornici bylo možné s tímto jazykem volně pohybovat;

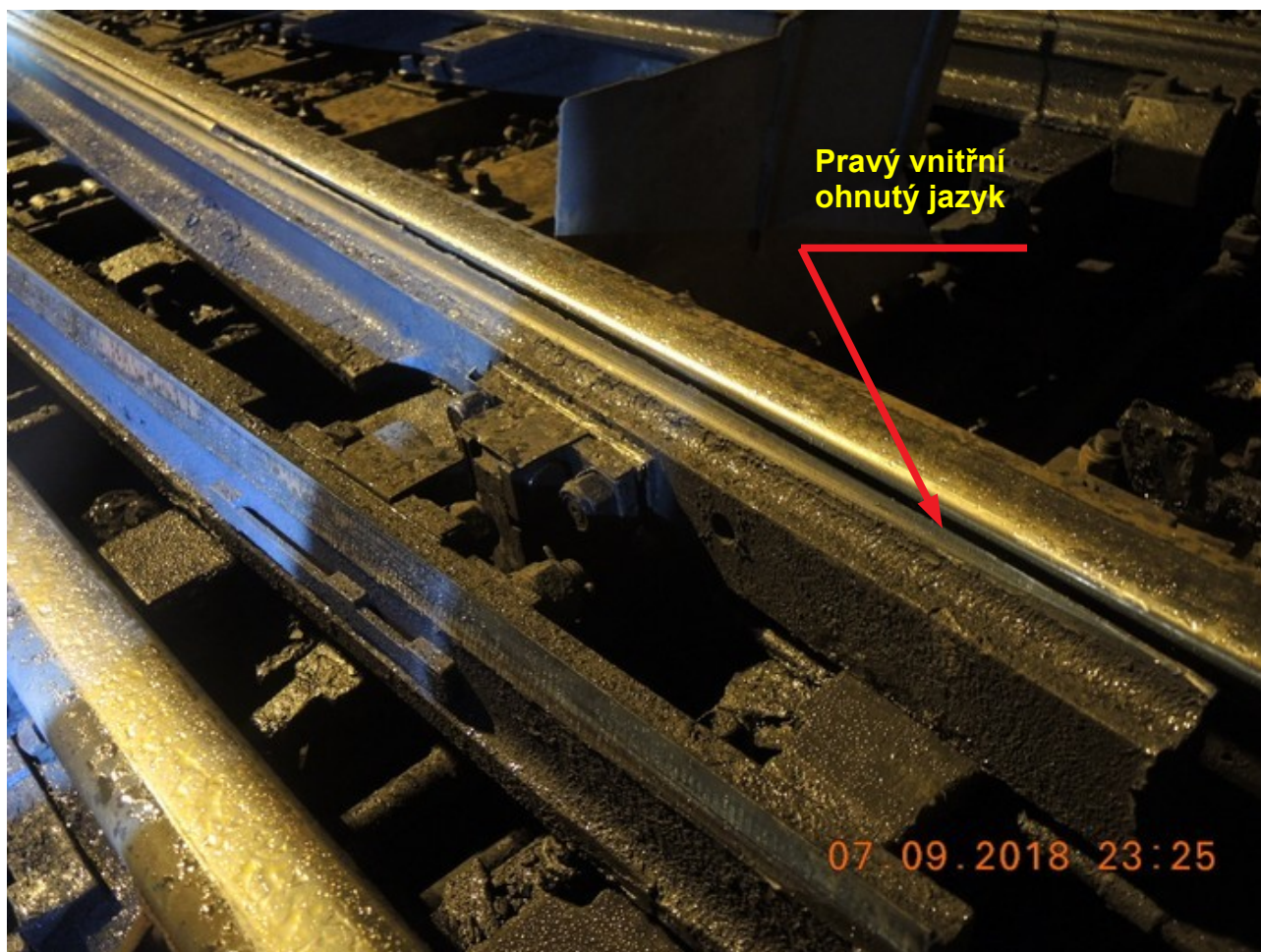
- po sejmutí krytů spojovacích tyčí čelistového výměnového závěru výhybky č. 169a byl zjištěn pod patou opornice lom závěrového háku čelistového výměnového závěru pravého vnitřního ohnutého jazyka;



Obr. č. 5: Zlomený závěrový hák pravého vnitřního ohnutého jazyka výhybky č. 169a

Zdroj: DI

- pravý vnitřní ohnutý jazyk byl ve vzdálenosti 1 m od hrotu poškozen, tzv. „vyštípán“ („vydrolen“) ve svislém směru o cca 5 – 7 mm, hrot jazyka byl viditelně naražen, vnitřní nepojížděná hrana jazyka přiléhající k opornici nenesla stopy od průjezdu kol drážních vozidel;
- obě lomové plochy zlomeného závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka čelistového výměnového závěru byly zadokumentovány a zajištěny za účelem dalšího zkoumání;
- následkem vykojení byl značně poškozen železniční svršek (výhybky č. 169ab a 171ab, dotčený úsek staniční koleje č. 112a a 116d a konstrukce železničního přejezdu), přičemž došlo k narušení geometrické polohy u kolejí č. 112a a 116d;
- poslední TDV vlaku Sv 10220 narazilo do sloupu trakčního vedení č. 275.



Obr. č. 6: Stav pravého vnitřního ohnutého jazyka výhybky č. 169a po vzniku MU

Zdroj: DI

Stav drážních vozidel (viz také bod 2.2.2 této ZZ):

- přední čelo vlaku Sv 10220 (HDV ev. č. CZ-ČD 91 54 7 163 062-3 dále také jako 163 062-3) zastavilo na koleji č. 112b v úrovni začátku železničního mostu přes řeku Labe (tj. ve vzdálenosti 310 m za bodem „0“ – místem vzniku MU). Konec vlaku zastavil ve vzdálenosti 97 m za bodem „0“ a byl řádně označen návěstí „Konec vlaku“;
- ze záznamu bezpečnostní kamery, která je označena názvem „osecké zhlaví“ a je umístěna v prostoru místa MU, bylo zjištěno, že vlak tvořilo celkem 1 HDV a 8 TDV, přičemž při průjezdu konce 4. TDV a začátku 5. TDV přes předmětnou výhybku je patrné, že u nich dochází k nestandardnímu chodu a vzájemnému ovlivňování, což lze přičíst krátkodobému vykolejení a opětovnému nakolejení těchto TDV v průběhu nehodového děje. Následně je na záznamu zřejmé postupné vykolejení 6., 7. a 8. TDV vlaku;
- HDV 163 062-3 bylo řízeno ze stanoviště č. 1, vybaveného elektronickým rychloměrem LT METRA BLANSKO, zapnutým VZ a radiostanicí zapnutou v režimu GSM-R (CZ). Ovladač brzdiče DAKO BSE samočinné vlakové brzdy byl v poloze

„Z“ (závěr). Ovladač brzdiče DAKO BP přímočinné lokomotivní brzdy byl v poloze zabrzděno;

- osoba řídící DV (dále jen strojvedoucí) byla v kabině strojvedoucího sama, v pozorování tratě a návěstí, tj. ve výhledu před a do stran HDV, jí nic nebránilo;
- HDV 163 062-3 nebylo následkem MU poškozeno. Ohledáním HDV nebyly zjištěny skutečnosti svědčící, že HDV bylo dopravcem používáno v technickém stavu neodpovídajícím schválené způsobilosti;
- na stanovišti strojvedoucího byl „Všeobecný rozkaz pro vlak číslo 10220“, č. 333/493, (pro úsek trati související s danou MU nebyly strojvedoucímu uděleny žádné pokyny), tabelární jízdní řád vlaku, kniha oprav HDV a kniha předávky HDV;
- souprava vlaku byla sestavena z 8 TDV řad „A“, „B“, „BDs“, „Bpee“ a „ABpee“. Vlak nebyl určen pro přepravu cestujících. Rukojeti tlakové brzdy u všech 8 TDV byly v poloze „Zapnuto“, rukojeti přestavovačů režimu brzdění u všech 8 TDV byly v poloze „R“;
- průběžné potrubí tlakové brzdy bylo propojeno mezi všemi TDV a HDV, ve spojení nebyly viditelné závady;
- ve svěšení vlaku nebyly zjištěny žádné nedostatky, ale vlivem MU došlo v soupravě vlaku k tzv. „přenárazníkování“ (zaklesnutí nárazníků TDV přes sebe při vykolejení), mezi vykolejenými TDV vlaku;
- vlivem MU došlo k níže uvedenému poškození tažených drážních vozidel:
 - 1. až 3. TDV za HDV bylo v nevykolejeném stavu bez zjevného poškození;
 - 4. TDV ev. č. 64 54 20-70 020-0 řady Bpee²³⁷ se nacházelo v průjezdném profilu SK č. 112a. Všechna kola dvojkolí se nacházela na kolejnici. TDV bylo mírně poškozeno v důsledku „přenárazníkování“ mezi 4. a 5. TDV. Kola dvojkolí u zadního podvozku nesla lehké stopy poškození;
 - 5. TDV ev. č. 61 54 20-70 031-7 řady Bpee²³⁷ se nacházelo v průjezdném profilu SK č. 112a. TDV bylo vykolejeno zadním podvozkem, kdy vykolejená kola dvojkolí byla zabořena ve šterkovém loži vlevo ve směru jízdy a plochy kol byly viditelně poškozeny. Kola dvojkolí předního podvozku byla na kolejnici, ale na jízdních plochách byly stopy po jízdě mimo kolejnici (znečištění a poškození), což svědčí o jejich vykolejení a opětovném nakolejení během nehodového děje. Bylo zjištěno poškození čela TDV a skříně nad nárazníky. Došlo k „přenárazníkování“ mezi 5. a 6. TDV;
 - 6. TDV ev. č. 61 54 20-70 026-7 řady Bpee²³⁷ se nacházelo v průjezdném profilu SK č. 112a a stálo v prostoru železničního přejezdu P3575. TDV bylo vykolejeno zadním podvozkem, kdy vykolejená kola dvojkolí byla přibližně uprostřed přejezdové vozovky vlevo ve směru jízdy a plochy kol byly viditelně poškozeny. Kola dvojkolí předního podvozku byla na kolejnici, ale na jízdních plochách byly stopy po jízdě mimo kolejnici (znečištění a poškození), což svědčí o jejich vykolejení a opětovném nakolejení během nehodového děje. Došlo k deformaci čela TDV a dalším drobným poškozením v této části.
 - 7. TDV ev. č. 51 54 82-40 419-8 řady BDs⁴⁴⁹ se nacházelo v průjezdném profilu SK č. 112a. TDV bylo vykolejeno zadním podvozkem, kdy vykolejená kola dvojkolí byla zabořena ve šterkovém loži vlevo ve směru jízdy a plochy kol byly viditelně poškozeny. Kola dvojkolí předního podvozku byla na kolejnici, ale na

jízdních plochách byly stopy po jízdě mimo kolejnici (znečištění a poškození), což svědčí o jejich vykolejení a opětovném nakolejení během nehodového děje. Došlo k deformaci přechodových můstků. Došlo k „přenárazníkování“ mezi 7. a 8. TDV.

- 8. TDV ev. č. 61 54 30-30 007-4 řady ABpee³⁴⁷ se nacházelo v průjezdném profilu SK č. 112 a č. 116d. TDV bylo vykolejeno všemi dvojkolími, zadní část vozu byla vychýlena do průjezdného profilu staniční koleje č. 116d. TDV mělo poškozené oba podvozky a bok skříně vlivem najetí do sloupu trakčního vedení.



Obr. č. 7: Tzv. „přenárazníkování“, a to mezi 4. a 5. TDV
Zdroj: DI

Při MU byl aktivován IZS.



Obr. č. 8: Poškození a znečištění jízdních ploch kol dvojkolí u předního podvozku TDV č. 61 54 20-70 031-7

Zdroj: DI



Obr. č. 9: Vykolejená kola dvojkolí u zadního podvozku TDV č. 61 54 20-70 031-7

Zdroj: DI

2.1.3 Rozhodnutí o zahájení šetření, složení týmu odborně způsobilých osob pro šetření a způsob vedení šetření

MU oznámena na COP DI:	7. 9. 2018, ve 21.10 h (tj. 21 min po vzniku MU).
Způsob oznámení:	telefonicky.
Oznámeno pověřenou osobou za:	provozovatele dráhy (SŽDC) a dopravce (ČD).
Souhlas DI s uvolněním dráhy:	8. 9. 2018, v 0.00 h (tj. 3 h 11 min po vzniku MU).

Oznámení MU za provozovatele dráhy a dopravce bylo v souladu s ustanovením § 49 odst. 3 písm. a) zákona č. 266/1994 Sb. a § 7 odst. 3 vyhlášky č. 376/2006 Sb.

Rozhodnutí DI o zahájení šetření:	7. 9. 2018, a to na základě závažnosti mimořádné události.
Šetření DI na místě MU:	4x inspektor ÚI Brno a 2x inspektor ÚI Čechy, pracoviště Praha.
Sestavení vyšetřovacího týmu:	nebylo nutno sestavovat.
Externí spolupráce:	byla využita, a to se společnostmi:

- VÍTKOVICE TESTING CENTER, s. r. o.;
- ZKL – Výzkum a vývoj, a. s.;
- České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská;
- Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Regionální technologický institut.

Následným šetřením příčin a okolností vzniku MU byl v rámci DI pověřen ÚI Brno.

Při šetření příčin a okolností vzniku MU vycházela DI z vlastních poznatků a zjištění, z vlastní fotodokumentace, vlastní dokumentace pořízené při šetření, informací týkajících se předmětné MU vyžádaných od provozovatele dráhy SŽDC, dopravce ČD, výrobce čelistového výměňového závěru společnosti AŽD a z dokumentů:

- „METALOGRAFICKÁ ZPRÁVA“, č. M/25/18, ze dne 18. 12. 2018, vypracovanou společností VÍTKOVICE TESTING CENTER, s. r. o. (dále jen Metalografická zpráva);
- „ODBORNÝ POSUDEK 145.18“, ze dne 19. 12. 2018, vypracovaný společností ZKL – Výzkum a vývoj, a. s. (dále jen Odborný posudek);
- znalecký posudek „Fraktografická analýza porušeného závěrného háku čelistového závěru výhybky č. 169aI“, č. 17/1/19, ze dne 19. 2. 2019, vypracovaný soudním znalcem v technických oborech, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze (dále jen Fraktografická analýza);
- „Analýza pevnosti a zatížení pro výhybkový závěrový hák 031510207“, ze dne 27. 5. 2019, vypracovanou Regionálním technologickým institutem Západočeské univerzity v Plzni (dále jen Technická zpráva 1);

- „Analýza možností zvýšení životnosti pro výhybkový závěrový hák 031510207“, ze dne 26. 8. 2019, vypracovanou Regionálním technologickým institutem Západočeské univerzity v Plzni (dále jen Technická zpráva 2).

Šetření příčin a okolností vzniku MU bylo prováděno podle zákona č. 266/1994 Sb. a vyhlášky č. 376/2006 Sb.

2.2 Okolnosti mimořádné události

2.2.1 Zúčastnění zaměstnanci, osoby ve smluvním poměru a další zúčastnění a svědci

Zúčastněné osoby za:

Provozovatele dráhy (SŽDC):

- traťový dispečer CDP Praha, zaměstnanec SŽDC, CDP Praha.

Dopravce (ČD):

- strojvedoucí vlaku Sv 10220, zaměstnanec ČD, Oblastní centrum provozu Střed.

Ostatní osoby, svědci:

- mistr, zaměstnanec SŽDC, TO Kolín;
- mistr, zaměstnanec SŽDC, TO Kolín;
- vrchní mistr, zaměstnanec SŽDC, TO Kolín;
- vedoucí provozního střediska, zaměstnanec SŽDC, TO Kolín.

2.2.2 Vlaky a jejich řazení, včetně registračních čísel jednotlivých drážních vozidel

Vlak:	Sv 10220	Sestava vlaku:		Režim brzdění:
Délka vlaku (m):	213	HDV:	91 54 7 163 062 – 3	
Počet náprav:	36	TDV (za HDV):		
Hmotnost (t):	410	1.	51 54 19 41 089 – 6	R
Potřebná brzdící procenta (%):	103	2.	51 54 20 41 608 – 0	R
Skutečná brzdící procenta (%):	139	3.	51 54 20 41 653 – 6	R
Chybějící brzdící procenta (%):	0	4.	64 54 20 70 020 – 0	R
Nejvyšší dovolená rychlost vlaku v místě MU (km.h ⁻¹):	50	5.	61 54 20 70 031 – 7	R
Způsob brzdění:	I.	6.	61 54 20 70 026 – 7	R
		7.	51 54 82 40 419 – 8	R
		8.	61 54 30 30 007 – 4	R

Pozn. k vlaku Sv 10220:

- výchozí stanicí vlaku byla žst. Hradec Králové hl. n., cílovou byla žst. Poděbrady;
- vlak nebyl určen pro přepravu cestujících a ve vlaku se tak nacházel pouze strojvedoucí;

- strojvedoucí vlaku byl prokazatelným způsobem seznámen s písemným rozkazem „Všeobecný rozkaz pro vlak číslo 10220“, č. 333/493, vydaným dne 7. 9. 2018 v žst. Pardubice hl. n. (dále jen Všeobecný rozkaz);
- držitelem všech DV byly ČD.

Skutečný stav vlaku zjištěný na místě MU odpovídal vlakové dokumentaci.

2.2.3 Popis součástí dráhy a zabezpečovacího systému (tj. zejména stav koleje, výhybky, stavědla, návěstidla a vlakového zabezpečovacího zařízení)

Část kolejí zhlaví, po kterém jel vlak Sv 10220 od km 298,388 do km 298,594, tedy i v místě vzniku MU v km 298,425, je v rovině a má sklon 0 ‰. Železniční svršek v tomto úseku byl tvořen kolejnicemi tvaru UIC 60 uložených na betonových pražcích B91. Výše uvedená část zhlaví byla vložena jako nová a svařena do bezстыkové koleje s uvedením do provozu v roce 2010. Kolejové lože je tvořeno šterkem. V místě zhlaví je trať elektrifikována s nejvyšší povolenou rychlostí 50 km.h⁻¹.

SZZ typu ESA 11 v žst. Kolín je staniční zabezpečovací zařízení 3. kategorie s dálkovým ovládáním z JOP CDP Praha s možností předání na místní ovládání z JOP v žst. Kolín.

Nejvyšší dovolená rychlost vlaku Sv 10220 v místě vzniku MU byla v souladu s návěstí „Rychlost 40 km/h a očekávejte rychlost 40 km/h“ doplněná „Indikátorovou tabulkou s číslicí 5“, návěstěnou cestovým návěstidlem Lc108, stanovená na 50 km.h⁻¹. Pokyny stanovené ve Všeobecném rozkaze se na daný úsek nevztahovaly.

Ve směru jízdy vlaku Sv 10220, který v žst. Kolín odjížděl ze SK č. 108, byla výhybka č. 169ab pojížděna proti hrotu jazyků v části „a“, a k vykolejení vlaku došlo na části „a“.

Označení výhybky na štítku bylo „C 60 E 1:11/1:9/300 PHS·A·CZP·B·KS·ZP“, rok výroby 2010. Jedná se o celou křižovatkovou výhybku soustavy UIC 60, v základním tvaru 1:11/1:9 – 300, na betonových pražcích, kdy na výhybce byly osazeny čelistové výměňové závěry a byly ústředně stavěné. Na výhybce byly mj. přestavitelné hroty dvojitých srdcovek a byly na ní osazeny čelistové výměňové závěry typu VZ 200, které byly ovládány a zabezpečeny pomocí elektromotorických přestavníků typu EP 600.

2.2.4 Použití komunikačních prostředků

V souvislosti se vznikem předmětné MU nebyly komunikační prostředky použity. Komunikační prostředky byly použity až po vzniku MU k jejímu ohlášení:

- 20.50 h použil posunovač v žst. Kolín radiostanici k ohlášení MU na CDP Praha;
- 20.50 h traťový dispečer přijal informaci o vzniku MU, kterou mezitím sám zjistil z kamerového systému. MU následně oznámil záložnímu dispečerovi, který ji ohlásil dle ohlašovacího rozvrhu;
- 20.51 h použil strojvedoucí vlaku Sv 10220 služební komunikační prostředek k informování traťového dispečera o zastavení vlaku;
- 20.51 h traťový dispečer přijal informaci od strojvedoucího vlaku Sv 10220,

informoval jej o vykolejení.

Komunikace v rámci oznamování vzniku předmětné MU byla zaznamenávána.

2.2.5 Práce prováděné na místě a v jeho blízkosti

V místě MU nebyly bezprostředně před jejím vznikem vlastníkem, provozovatelem dráhy ani jinými osobami prováděny žádné opravné nebo údržbové práce. Provoz v místě MU a jeho okolí byl v běžném režimu.

2.2.6 Aktivace plánu pro případ mimořádné události na dráze a návazných postupů

- 20.49 h vznik MU, vykolejení pěti TDV za jízdy vlaku Sv 10220;
- 20.50 h vznik MU ohlásil posunovač v žst. Kolín, který MU zjistil, traťovému dispečerovi;
- 20.51 h použil strojvedoucí vlaku Sv 10220 služební komunikační prostředek k informování výpravčího žst. Kolín o zastavení vlaku a výpravčí žst. Kolín jej informoval o vykolejení;
- 21.00 h dispečer CDP Praha ohlásil MU na O18 SŽDC;
- 21.07 h vznik MU ohlášen HZS SŽDC, JPO Nymburk;
- 21.10 h vznik MU ohlášen pověřenou osobou O18 SŽDC na COP DI;
- 21.11 h vznik MU ohlášen HZS Kolín;
- 21.14 h příjezd HZS Kolín na místo MU;
- 21.27 h příjezd HZS SŽDC, JPO Nymburk, na místo MU;
- 22.45 h obnovení provozu v 1. TK;
- 22.50 h začátek ohledání zaměstnanci DI;
- 0.00 h (dne 8. 9. 2018) přítomným inspektorem DI udělen souhlas s uvolněním dráhy;
- 1.30 h (dne 8. 9. 2018) ukončení ohledání DI;
- 3.00 h (dne 8. 9. 2018) přerušení provozování drážní dopravy mezi žst. Kolín a žst. Velký Osek;
- 8.32 h (dne 8. 9. 2018) obnovení provozování drážní dopravy mezi žst. Kolín a žst. Velký Osek.

2.2.7 Aktivace plánu integrovaného záchranného systému, policejních a zdravotnických záchranných služeb a návazných postupů

Plán IZS byl vzhledem k charakteru MU aktivován ve 21.07 h, tj. 18 minut po jejím vzniku, záložním dispečerem CDP Praha.

Na místě MU zasahovaly následující složky IZS:

- PČR, obvodní oddělení Kolín;
- Hasičská záchranná služba SŽDC, která provedla zajištění místa a návazně

- odstraňování trosek, resp. následků MU;
- HZS Kolín.

2.3 Úmrtí, zranění a způsobená škoda

2.3.1 U cestujících a třetích osob, zaměstnanců provozovatele dráhy a dopravce, včetně osob ve smluvním poměru

Při MU nedošlo k újmě na zdraví u zaměstnanců provozovatele dráhy, dopravce, osob ve smluvním poměru a ani u cestujících a třetích osob.

2.3.2 Na přepravovaných věcech, zavazadlech a jiném majetku

Škoda na přepravovaných věcech, zavazadlech a jiném majetku nevznikla.

2.3.3 Na drážních vozidlech, součástech dráhy a životním prostředí

Provozovatelem dráhy a dopravcem byla vyčíslena škoda na:

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| • TDV (vlak Sv 10220) | 5 000 000 Kč; *) |
| • zařízení dráhy | 13 090 000 Kč; *) |
| • životním prostředí | 0 Kč. |

*) Výše škody ke dni zveřejnění ZZ nebyla konečná.

Při MU byla škoda vzniklá na drážních vozidlech, součástech dráhy a životním prostředí vyčíslena **celkem na 18 090 000 Kč.** *)

2.4 Vnější okolnosti

2.4.1 Povětrnostní podmínky a geografické údaje

Povětrnostní podmínky: noční doba, oblačno s občasnými přeháňkami, + 18 °C, slabý vítr, viditelnost nesnížena.

3 ZÁZNAM O VYŠETŘOVÁNÍ A PODANÝCH VYSVĚTLENÍCH

3.1 Souhrn podaných vysvětlení (podléhá ochraně identity osob)

3.1.1 Zaměstnanci provozovatele dráhy a dopravce včetně osob ve smluvním vztahu

- strojvedoucí vlaku Sv 10220 – ze Zápisu se zaměstnancem mimo jiné vyplývá:
 - při odjezdu z koleje č. 108 byla na návěstidle návěst 40 km/h a výstraha;
 - za přejezdem chtěl zvýšit rychlost z cca 35 km/h a souprava začala zpomalovat;
 - z tohoto důvodu zastavil a spojil se s „výpravčím“, který jej informoval

- o vykolejení;
 - následně provedl pochůzku kolem soupravy a zjistil rozsah vykolejení.
- traťový dispečer – ze Zápisu se zaměstnancem mimo jiné vyplývá:
 - z koleje 108 byl připraven k odjezdu Sv 10220;
 - při přípravě vlakové cesty z koleje č. 108 na kolej č. 114 se výhybka č. 169a nedostala do krajní polohy;
 - z tohoto důvodu zadal variantní vlakovou cestu z koleje č. 108 na kolej č. 112;
 - vlaková cesta byla řádně postavena se závěrem vlakové cesty;
 - při odjezdu vlaku si všiml záblesku na záběru z kamery a následně jej posunovač informoval o vzniku MU.
- vedoucí provozního střediska, zaměstnanec SŽDC, TO Kolín – ze Záznamu o podaném vysvětlení DI mimo jiné vyplývá:
 - nevzpomíná si, že by se v průběhu dne 7. 9. 2018 nebo ve dnech předcházejících udály nějaké mimořádnosti týkající se výhybky č. 169;
 - prohlídky výhybky prováděl v rozsahu své funkce a v souladu s vnitřními předpisy;
 - nenapadá jej, jak mohlo dojít k poškození závěrových háků z čelistových výměnových závěrů výhybek č. 169 a 171, na kterých byly Dražní inspekcí zjištěny stopy po úderech neznámými předměty.
- vrchní mistr, zaměstnanec SŽDC, TO Kolín – ze Záznamu o podaném vysvětlení DI mimo jiné vyplývá:
 - nevybavilo se mu, že by se v průběhu dne 7. 9. 2018 nebo ve dnech předcházejících udály nějaké mimořádnosti, které se týkaly výhybky č. 169;
 - prohlídky a údržbu výhybky prováděl v rozsahu své funkce a v souladu s vnitřními předpisy a návodem na údržbu;
 - nenapadá jej, jak mohlo dojít k poškození závěrových háků z čelistových výměnových závěrů výhybek č. 169 a 171, na kterých byly Dražní inspekcí zjištěny stopy po úderech neznámými předměty.
- mistr, zaměstnanec SŽDC, TO Kolín; – ze Záznamu o podaném vysvětlení DI mimo jiné vyplývá:
 - nevzpomíná si, že by se v průběhu dne 7. 9. 2018 nebo ve dnech předcházejících udály nějaké mimořádnosti týkající se výhybky č. 169;
 - neprováděl běžnou údržbu a opravy výhybky, nicméně je možné, že v minulosti prováděl tyto úkony mimořádně, a to v souladu s vnitřními předpisy a návodem na údržbu;
 - nenapadá jej, jak mohlo dojít k poškození závěrových háků z čelistových výměnových závěrů výhybek č. 169 a 171, na kterých byly Dražní inspekcí zjištěny stopy po úderech neznámými předměty.
- mistr, zaměstnanec SŽDC, TO Kolín; – ze Záznamu o podaném vysvětlení DI mimo jiné vyplývá:
 - nevzpomíná si, že by se v průběhu dne 7. 9. 2018 nebo ve dnech předcházejících udály nějaké mimořádnosti, které se týkaly výhybky č. 169;

- prováděl běžnou údržbu a opravy výhybky, a to v souladu s vnitřními předpisy a návodem na údržbu;
- nenapadá jej, jak mohlo dojít k poškození závěrových háků z čelistových výměnových závěrů výhybek č. 169 a 171, na kterých byly Dražní inspekci zjištěny stopy po úderech neznámými předměty.

3.1.2 Jiní svědci

Jiné osoby k MU vysvětlení nepodávaly.

3.2 Systém zajišťování bezpečnosti

3.2.1 Rámcová organizace a způsob udělování a provádění pokynů

Provozovatel dráhy a dopravce mají přijatý systém zajišťování bezpečnosti na základě ustanovení zákona č. 266/1994 Sb.

V přijatém systému zajišťování bezpečnosti provozování dráhy provozovatele dráhy SŽDC, souvisejícím s okolnostmi vzniku předmětné MU, byl shledán nedostatek mimo příčinnou souvislost se vznikem MU:

Zjištění:

- provozovatel dráhy nezajistil kontrolu jakosti dodávek výrobků pro provozování dráhy s vlivem na bezpečnost, v daném případě u sortimentu čelistových výměnových závěrů pro křížovatkové výhybky. Čelistové výměnové závěry na křížovatkových výhybkách tak byly provozovány bez příslušného schválení pověřeným útvarem a v rozporu s technologickými postupy provozovatele dráhy stanovenými ve Směrnici SŽDC č. 67. V provozu tak byly provozovány čelistové výměnové závěry na křížovatkových výhybkách, a to aniž by byly schváleny příslušné „Technické podmínky dodací (TPD)“, kdy součástí tohoto dokumentu mají být technické parametry výrobku (v daném případě se odlišovaly od technických parametrů čelistových výměnových závěrů pro jednoduché výhybky), ale i návod na jeho údržbu. Tato skutečnost následně přinášela problémy v aplikační praxi, kdy například provozní zaměstnanci provozovatele dráhy SŽDC, provádějící měření parametrů na čelistových závěrech křížovatkových výhybek, neměli k dispozici příslušné tiskopisy k zaznamenávání naměřených hodnot a využívali tiskopisů, které byly určeny k zaznamenávání hodnot u čelistových výměnových závěrů jednoduchých výhybek.

V přijatém systému zajišťování bezpečnosti provozování drážní dopravy dopravce ČD, souvisejícím s okolnostmi vzniku předmětné MU, nebyl shledán nedostatek.

3.2.2 Požadavky na zaměstnance provozovatele dráhy a dopravce a uplatňování těchto požadavků

Požadavky na zaměstnance provozovatele dráhy a dopravce, zejména požadavky na jejich odbornou a zdravotní způsobilost, jsou stanoveny zákonem č. 266/1994 Sb.,

vyhláškou č. 173/1995 Sb., vyhláškou č. 101/1995 Sb., vyhláškou č. 16/2012 Sb. a vnitřními předpisy provozovatele dráhy a dopravce.

V době vzniku předmětné MU byla osoba provozovatele dráhy SŽDC, zúčastněná na MU a provádějící činnosti při provozování dráhy, odborně způsobilá k výkonu zastávané funkce.

V době vzniku předmětné MU byla osoba dopravce ČD, zúčastněná na MU a provádějící činnosti při provozování drážní dopravy, odborně způsobilá k výkonu zastávané funkce.

3.2.3 Postupy vnitřní kontroly bezpečnosti a auditu a jejich výsledky

Doprovce před vznikem dané MU provedl poslední kontrolu strojvedoucího vlaku Sv 10220 zaměřenou na bezpečné provozování drážní dopravy a s tím související dodržování jednotných technologických postupů dne 25. 7. 2018, a to bez zjištěných nedostatků.

Provozovatel dráhy před vznikem dané MU provedl v roce 2018 u zaměstnance pracujícího ve funkci úsekový dispečer CDP Praha celkově 13 kontrol zaměřených na činnosti při provozování dráhy a dodržování technologických postupů. Těmito kontrolami nebyly provozovatelem dráhy zjištěny nedostatky.

Provozovatel dráhy pro zajištění provozuschopnosti dráhy a bezpečnosti drážní dopravy má v souladu s ustanovením § 26 a přílohy č. 1 k vyhlášce č. 177/1995 Sb. stanoveny časové intervaly prohlídek a měření stavby dráhy.

Z níže uvedených dokumentů provozovatele dráhy o prováděných prohlídkách a měřeních stavby dráhy a provozní dokumentace stavby dráhy v místě vzniku MU, před vznikem MU, vyplývá, že:

- v dokumentu „VÝHYBKOVÝ LIST“ výhybky č. 169a, který byl provozovatelem dráhy zpracován při měření výhybky v letech 2017 a 2018:
 - byly uvedeny hodnoty u parametrů „Xa“, které ovšem na výhybkách s pohyblivými hroty srdcovek nejdou už ze své podstaty měřit;
 - u parametrů výhybky „Šířka žlábků přídržnice“, „L“, „A“, „Šířka žlábků srdcovky“ byla uváděna pouze jedna hodnota (přestože na jednoduché srdcovce jsou měřitelné dvě).

Byly zjištěny nedostatky v dokumentu „VÝHYBKOVÝ LIST“.

Zjištění:

v dokumentu „VÝHYBKOVÝ LIST“ výhybky č. 169a byly nesprávně zapisovány a vyhodnocovány hodnoty výše uvedených parametrů, které byly na výhybce naměřeny.

- v dokumentu „KNIHA KONTROL NADŘÍZENÝCH ORGÁNŮ PS TO Kolín“, ve které jsou vedeny zápisy o provedení kontroly nadřízených orgánů v obvodu PS TO Kolín:
 - je uveden zápis o provedení společné prohlídky výhybek v žst. Kolín, a to ve dnech 10., 11. a 12. července 2018;
- v dokumentu „KNIHA KONTROL VEDOUCÍHO PROVOZNÍHO STŘEDISKA TO Kolín“, jsou vedeny záznamy o provádění kontrolní činnosti VPS a zápisy

o závadách zjištěných při společných prohlídkách výhybek v žst. Kolín, kdy:

- společná prohlídka výhybek byla v žst. Kolín provedena ve dnech 10., 11. a 12. července 2018, přičemž u výhybky č. 169ab nebyla zjištěna závada;
- v dokumentu „K3 – Kniha příhod (přehlídek) žst. Kolín“ jsou vedeny záznamy o provedení měření a společné prohlídky výhybek a kolejí v žst. Kolín. Tyto byly prováděny v časovém intervalu 3 měsíce, kdy:
 - při společné prohlídce dne 10., 11. a 12. července 2018 nebyly shledány závady ohrožující bezpečnost;
- v dokumentech „HLÁŠENKA VAD KOLEJNIC ZJIŠTĚNÝCH ULTRAZVUKOVÝM DEFEKTOSKOPEM NEBO VIZUÁLNĚ“, č. 100112A, který se vztahuje ke kontrole ze dne 23. 4. 2018, „HLÁŠENKA VAD JAZYKŮ VÝHYBEK ZJIŠTĚNÝCH ULTRAZVUKOVÝM DEFEKTOSKOPEM NEBO VIZUÁLNĚ“, č. 2079C, která se vztahuje ke kontrole ze dne 16. 10. 2017, jsou uváděny údaje o provedení nedestruktivní kontroly kolejnic, srdcovek a jazyků výhybek, přičemž při kontrole dne 16. 10. 2017 byla na jazyku výhybky č. 169a zjištěna vada č. 2223/C;
- v dokumentu „Zpráva o provedené komplexní prohlídce tratí u TO Kolín – 2018“, ze dne 25. 4. 2018, jsou uvedeny údaje o provedené poslední komplexní prohlídce žst. Kolín, která proběhla dne 23. 4. 2018, přičemž u výhybky č. 169ab nebyla zjištěna závada;
- v dokumentu „Služební knížka“, kterou vede příslušný obchůzkář a vztahuje se mimo jiné i k žst. Kolín, jsou uvedeny údaje o provedení příslušných obchůzek, kdy poslední obchůzka v žst. Kolín byla uskutečněna dne 7. 9. 2018, přičemž u výhybky č. 169ab nebyla zjištěna závada.

Vyhláška č. 177/1995 Sb. stanovuje v § 26 provádění pravidelných prohlídek a měření staveb drah, přičemž časový interval prohlídek a měření je následně uveden v příloze č. 1 této vyhlášky. V daném případě se jedná zejména o obchůzku tratí podle odst. 2 písm. a) vyhlášky č. 177/1995 Sb., o prohlídku výhybky, při níž se zjišťuje celkový stav výhybky, podle odst. 2 písm. e) této vyhlášky, a nedestruktivní kontrolu kolejnic, srdcovek a jazyků výhybek a vizuální prohlídkou jejich svarů za účelem zjištění lomů nebo vad podle odst. 2 písm. f) vyhlášky č. 177/1995 Sb.

V příloze č. 1 část 1 vyhlášky č. 177/1995 Sb. „Prohlídky a měření na dráze celostátní a dráze regionální s rychlostí do 200 km/h včetně“ se u bodu 7 vyjmenovávají pouze vybrané součásti výhybky, konkrétně kolejnice, srdcovky, jazyky výhybek a také jejich svary. Součástí výhybkového závěru tak mezi jmenovanými nejsou.

V příloze č. 6 část B vyhlášky č. 177/1995 Sb. „Dovolené opotřebení výhybek, kolejových křižovatek, výhybkových konstrukcí“ jsou poté stanoveny parametry hodnot měřených u výměnové části.

Prohlídky výhybek a kolejí jsou provozovatelem dráhy prováděny podle vnitřního předpisu SŽDC S2/3. Kontrola výhybkových součástí je předpisem SŽDC S2/3 stanovena obecně.

Zjišťování skrytých vad na výhybkách se provádí prostřednictvím nedestruktivního (defektoskopického) zkoušení. Jeho metodiku na dráhách provozovaných provozovatelem dráhy SŽDC stanovuje vnitřní předpis SŽDC (ČD) S3/4. Zmíněný předpis stanovuje zásady nedestruktivního zkoušení kolejnic, srdcovek a jazyků výhybek, jejich svarů

a návarů. Neřeší tedy nedestruktivní zkoušení dalších součástí, např. součástí výhybkových závěrů.

Ustanovení předpisu SŽDC S3, díl IX. Výhybky a výhybkové konstrukce, převážně popisují konstrukci, vybavení, ovládání výhybek a řeší technické požadavky. Obsahuje tedy části, kde jsou stanoveny kontrolní míry pro čelistové výměnové závěry na křižovatkových výhybkách. V čl. 89 předpisu SŽDC S3, díl IX, je stanoveno, že „V provozu nesmějí být ponechány bez zvláštních bezpečnostních opatření výhybky, které mají i jen jednu z těchto závad:

...

f) lom, deformace nebo jiné viditelné poškození spojovací nebo závorovací tyče; ...“.

Lze tedy konstatovat, že technologické postupy neřeší případné lomy na jiných částech výhybkových závěrů.

Prohlídkami a měřením výhybek se zabývá také směrnice SŽDC č. 51 pro provádění prohlídek a měření výhybek. Její zaměření cílí na sjednocení pravidel provádění prohlídek a měření výhybek a výhybkových konstrukcí včetně vyhotovování záznamů o měření. Tento dokument neřeší vznik lomu na částech výhybkových závěrů.

Ustanovení předpisu SŽDC (ČSD) T100 stanovují základní pravidla pro provozování, obsluhu, provozní ošetřování, provádění kontrol, údržby, opravy a rekonstrukce zabezpečovacích zařízení používaných na dráhách provozovatele dráhy SŽDC, a to včetně provádění tzv. západkové zkoušky, kdy se jedná opět o měření parametrů výhybkových závěrů.

V dokumentu U 03 111 jsou dány podmínky pro provádění kontroly, seřízení a údržby čelistových výměnových závěrů. Tento dokument neřeší vznik lomů na částech výhybkových závěrů.

Shrnutí: právní předpisy a vnitřní předpisy provozovatele dráhy SŽDC stanovují pravidelné prohlídky a jejich náplň. Nicméně žádný z těchto dokumentů se výslovně nezabývá zjišťováním trhlin, nálomů a lomů u závěrových háků čelistových výměnových závěrů na výhybkách.

3.2.4 Rozhraní mezi různými zúčastněnými subjekty a součástmi dopravní cesty dráhy

Vlastníkem dráhy železniční, kategorie celostátní, Kutná Hora hl. n. – Lysá nad Labem, je Česká republika. Právo hospodařit s majetkem státu vykonává SŽDC, se sídlem Dlážďená 1003/7, Praha 1, PSČ 110 00.

Provozovatelem dráhy železniční, kategorie celostátní, Kutná Hora hl. n. – Lysá nad Labem, byla SŽDC.

Dopravcem vlaku Sv 10220 byly ČD, se sídlem Nábřeží L. Svobody 1222, Praha 1, PSČ 110 15.

Drážní doprava byla provozována na základě smlouvy uzavřené mezi provozovatelem dráhy SŽDC a dopravcem ČD, ze dne 21. 8. 2013, s účinností od 21. 8. 2013.

V rozhraní mezi zúčastněnými subjekty nebyl zjištěn nedostatek.

3.3 Právní a jiná úprava

3.3.1 Příslušné vnitrostátní právní předpisy a předpisy Evropské unie

Při šetření bylo zjištěno porušení právních předpisů v příčinné souvislosti se vznikem MU:

- § 22 odst. 1 písm. a) zákona č. 266/1994 Sb., kde je uvedeno:
„Provozovatel dráhy je povinen provozovat dráhu pro potřeby plynulé a bezpečné drážní dopravy podle pravidel pro provozování dráhy a úředního povolení,“;
- § 25 odst. 3 vyhlášky č. 177/1995 Sb., kde je uvedeno:
„U výhybek musí být zabezpečena funkce pohyblivých částí, jejich ovládání a zajištění v koncových polohách.“;

Při šetření MU bylo zjištěno, že žádný právní předpis nestanovuje za povinnost provozovateli dráhy, aby prováděl nedestruktivní kontrolu všech součástí výhybkových závěrů výhybek, a to včetně závěrových háků.

3.3.2 Jiné předpisy, např. provozní řád, pracovní řád, předpisy údržby, použitelné technické normy a další vnitřní předpisy

Při šetření nebylo zjištěno porušení vnitřních předpisů v příčinné souvislosti se vznikem MU.

3.4 Činnost drážních vozidel a dalších technických zařízení

3.4.1 Systém řízení, signalizace a zabezpečení, včetně zařízení pro automatické zaznamenávání dat

SZZ typu ESA 11 v žst. Kolín má platný Průkaz způsobilosti určeného technického zařízení, ev. č.: PZ 1755/09-E.45, vydaný DÚ dne 8. 1. 2010, s platností na dobu neurčitou.

Rozborem staženého archivu dat ze dne 7. 9. 2018 bylo zjištěno:

- 19.10.24 h – vlak R 976 byl posledním před vznikem MU, který projel přes výhybku č. 169a proti hrotu;
- 20.47.03 h – volba vlakové cesty pro vlak Sv 10220 od cestového návěstidla Lc38 na SK č. 108;
- 20.47.06 h – volba vlakové cesty pro vlak Sv 10220 od cestového návěstidla Lc108 na SK č. 114d;
- 20.47.24 h – vydání povelu k přestavení výhybky č. 169a do polohy „-“;
- 20.47.46 h – ukončení času čekání na koncovou polohu výhybky č. 169a;
- 20.47.48 h – vydání povelu k pohybu výhybky č. 169a zpět do polohy „+“;
- 20.47.59 h – výhybka č. 169a zpět v koncové poloze;
- 20.48.12 h – volba vlakové cesty pro vlak Sv 10220 od cestového návěstidla Lc108

- na SK č. 112d;
- 20.48.18 h – postavena vlaková cesta pro vlak Sv 10220 od cestového návěstidla Lc108 na SK č. 112d;
 - 20.49.16 h – obsazení koleje č. 108 vlakem Sv 10220;
 - 20.49.38 h – obsazení úseku „V160“ za cestovým návěstidlem Lc108;
 - 20.49.39 h – změna návěstního znaku návěstidla Lc108 na návěst „Stůj“;
 - 20.49.45 h – obsazení úseku „V164“;
 - 20.49.49 h – obsazení úseku „V169“;
 - 20.50.04 h – uvolnění SK č. 108 vlakem Sv 10220;
 - 20.50.05 h – obsazení úseku „112aK“;
 - 20.50.05 h – ztráta kontroly koncové polohy výhybky č. 169a;
 - 20.50.06 h – obnovena kontrola koncové polohy výhybky č. 169a (od tohoto okamžiku se jedná o reakci SZZ na průběh vykolejení);
 - 20.50.07 h – ztráta kontroly koncové polohy výhybky č. 169a;
 - 20.50.08 h – ztráta kontroly koncové polohy výhybky č. 169 část „b“ (dále jen výhybka č. 169b);
 - 20.50.10 h – uvolnění úseku „V160“;
 - 20.50.11 h – ztráta kontroly koncové polohy výhybky č. 171 část „a“ (dále jen výhybka č. 171a) a obnovena kontrola koncové polohy výhybky č. 169a;
 - 20.50.11 h – ztráta kontroly koncové polohy výhybky č. 169a a obnovena kontrola koncové polohy výhybky č. 169b;
 - 20.50.11 h – obnovena kontrola koncové polohy výhybky č. 169a;
 - 20.50.12 h – ztráta kontroly koncové polohy výhybky č. 169a;
 - 20.50.12 h – obnovena kontrola koncové polohy výhybky č. 169a a obsazení úseku 112bK;
 - 20.50.12 h – ztráta kontroly koncové polohy výhybky č. 171 část „b“ (dále jen výhybka č. 171b);
 - 20.50.14 h – uvolnění úseku „V164“;
 - 20.50.19 h – obnovena kontrola koncové polohy výhybky č. 171b;
 - 20.50.20 h – ztráta kontroly koncové polohy výhybky č. 171b;
 - 20.50.20 h – obnovena kontrola koncové polohy výhybky č. 171b;
 - 20.50.25 h – zhasnutí modrého světla na návěstidle Se103;
 - 20.50.25 h – rozsvícení modrého světla na návěstidle Se103;
 - 20.50.25 h – obsazení úseku „116dK“;
 - 20.50.26 h – zhasnutí modrého světla na návěstidle Se103;
 - 20.50.28 h – rozsvícení modrého světla na návěstidle Se103;
 - 20.50.28 h – zhasnutí modrého světla na návěstidle Se103.

Z rozboru stažených dat ze SZZ vyplývá, že vykazovalo normální činnost a že technický stav SZZ a způsob jeho obsluhy nebyl v příčinné souvislosti se vznikem MU (s výjimkou závady na předmětné výhybce).

Zjištění:

- před vznikem MU projížděly přes výhybku č. 169a vlaky:
 - Pn 48359 – který jel ze směru Velký Osek po koleji č. 112d na kolej č. 108, a to přes výhybku č. 169a „po hrotu“;
 - Os 5839 – který jel ze směru Velký Osek po koleji č. 112d na kolej č. 112, a to přes výhybku č. 169a „po hrotu“;
 - Sv 10253 – který jel ze směru Velký Osek po koleji č. 112d na kolej č. 108, a to přes výhybku č. 169a „po hrotu“;
 - R 991 – který jel ze směru Velim po koleji č. 101c na kolej č. 112, a to přes výhybku č. 169a „po hrotu“;
 - Os 5837 – který jel ze směru Velký Osek po koleji č. 112d na kolej č. 112, a to přes výhybku č. 169a „po hrotu“;
 - R 976 – který jel ze směru Kutná Hora hl. n. po koleji č. 112 na kolej č. 102b, a to přes výhybku č. 169a „proti hrotu“ (jako poslední před vznikem MU);
 - Pn 42341 – který jel ze směru Velký Osek po koleji č. 112d na kolej č. 110, a to přes výhybku č. 169a „po hrotu“.

Vzhledem k prověření možnosti, že lom závěrového háku čelistového výměnového závěru výhybky č. 169a byl způsoben určitou nekorektností v jízdě drážních vozidel (například vlivem plochy na jízdni ploše kola dvojkolí), byly staženy informace a výpisy k výše uvedeným vlakům ze zařízení diagnostiky kolejových vozidel „ROSA-TDS“ umístěných před žst. Kolín. U žádného z výše uvedených vlaků nebyly zaznamenány hodnoty týkající se nekorektnosti jízdy drážních vozidel, které by vyžadovaly zásah ze strany provozovatele dráhy.

Z důvodu zjištění zatížení výhybky č. 169a provozem byly Drážní inspekci staženy archivy dat ze SZZ typu ESA 11 v žst. Kolín, a to za období od 18. 12. 2014 do 8. 9. 2018. Rozborem stažených archivů dat z tohoto období (v každém roce byl analyzován obdobný rozsah dat) bylo zjištěno:

	Vlaků za den (průměr za rok)	Počet přestavení za den (průměr za rok)
2015	107	33
2016	100	34
2017	114	42
2018	122	42
Celkový průměr	110,75	37,75

Vezme-li v úvahu, že k předání výhybky č. 169 po provedení montáže čelistového výměnového závěru došlo dne 30. 8. 2010, tak lze na základě výše uvedených průměrných hodnot uvést, že:

- čelistový výměnový závěr byl v provozu více než 8 let;
- za tuto dobu mohlo teoreticky přes výhybku č. 169a projet až 323 390 vlaků;
- za tuto dobu mohla být teoreticky výhybka č. 169a přestavena až 109 500krát.

Lze tedy uzavřít, že výhybka č. 169a byla intenzivně provozně zatížená jízdou drážních vozidel. Výrobce čelistového výměnového závěru uvádí, že při předepsané údržbě je pravděpodobná doba bezporuchového provozu čelistového závěru na

křížovatkové výhybce 5 let (2×10^5 přestavení) a střední technický život čelistového závěru na křížovatkové výhybce je 25 let (2×10^6 přestavení). Z tohoto pohledu již byla překročena pravděpodobná doba bezporuchového provozu čelistového závěru na křížovatkové výhybce č. 169a, a to jak z časového hlediska, tak i počtem přestavení, protože již byla v provozu více než 8 let a mohla být teoreticky přestavena více než 100 000krát.

3.4.2 Součásti dráhy

Mimořádná událost vznikla na křížovatkové výhybce č. 169a, která se nachází na zhlaví stanice ve směru do žst. Velký Osek, která byla uvedena do provozu v roce 2010.

Jedná se o celou křížovatkovou výhybku soustavy UIC 60, na betonových pražcích, kdy na výhybce byly osazeny čelistové výměnové závěry, a to i na pohyblivých hrotech dvojitého srdcovky, a všechny byly ústředně stavěné.

DI provedla nebo zajistila ve spolupráci s provozovatelem dráhy SŽDC po vzniku MU na výhybce č. 169a měření jejich parametrů, kdy při:

- měření prostorovou šablonou PŠR-3 (šablonky „-17 mm“, „q_R 6,5“ a „55“) nebylo zjištěno překročení předepsaných hodnot;
- měření rozchodu a převýšení ruční rozchodkou, a to v měřičských bodech „+30“ až „-5“ s krokem 1 m, tj. 30 m před a 5 m za bodem „0“, nebylo zjištěno překročení předepsaných hodnot;
- měření přestavné a přídržné síly elektromotorického přestavníku EP 600 měřicím čepem bylo zjištěno:
 - poloha výhybky „+“ : přestavná síla: 3,26 kN, přídržná síla: 8,25 kN;
 - poloha výhybky „-“ : přestavná síla: 3,2 kN, přídržná síla: 7,45 kN.

Byly zjištěny nedostatky mimo příčinnou souvislost s MU.

Zjištění: v případě rozřezného systému je požadována přídržná síla 7 kN s tolerancí 15 %, v daném případě byla tato hodnota překročena o 0,2 kN u polohy výhybky „+“;

- měření vybraných funkčních parametrů zbývajících tří závěrových háků čelistového výměnového závěru na výhybce č. 169a nebylo zjištěno překročení předepsaných hodnot.



Obr. č. 10: Měření prostorovou šablonou PŠR-3 na výhybce č. 169a

Zdroj: DI



Obr. č. 11: Měření prostorovou šablonou PŠR-3 na výhybce č. 169a a stopy po jízdě okolů kol drážních vozidel na jazyku

Zdroj: DI

DI rovněž provedla vizuální ohledání pravého vnitřního ohnutého jazyka, kdy bylo zjištěno:

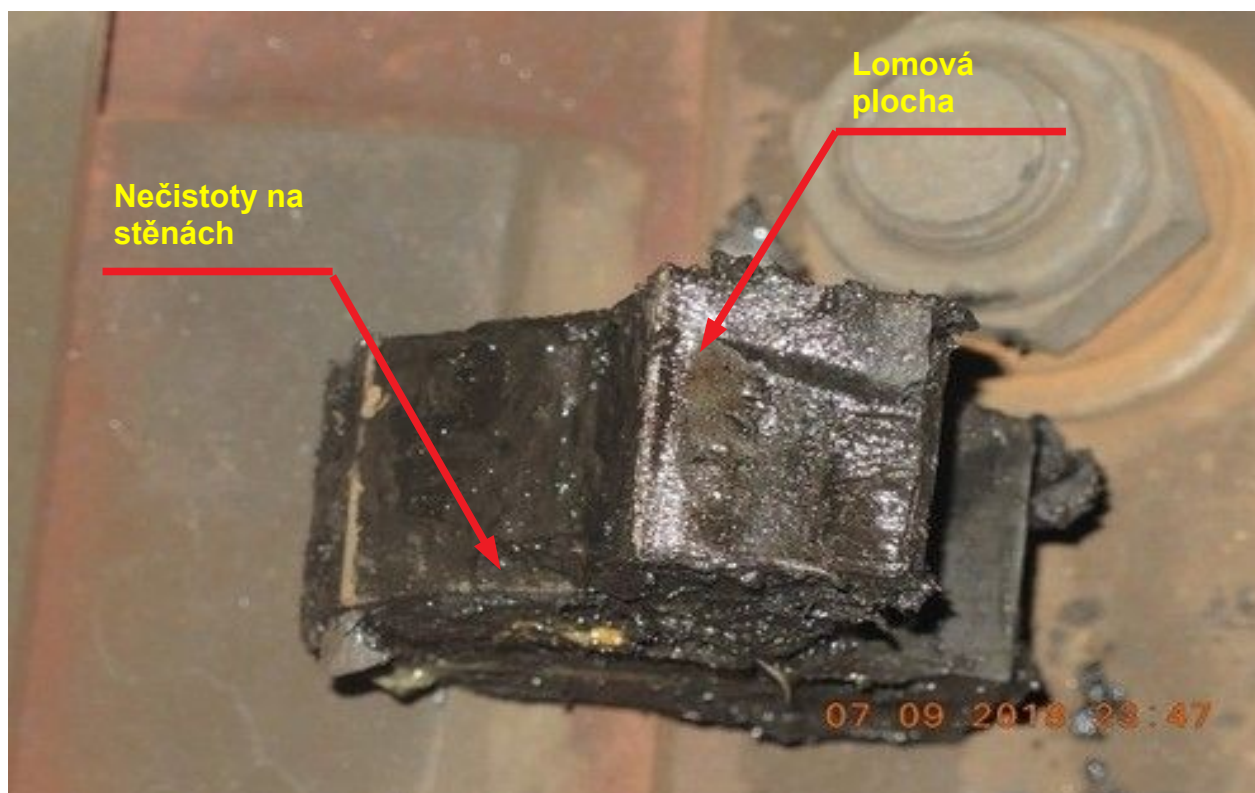
- jazyk byl ve vzdálenosti 1 m od hrotu tzv. „vyštípán“ („vydrolen“) ve svislém směru o cca 5 – 7 mm;
- hrot jazyka byl viditelně naražen;
- vrchní pojížděná hrana jazyka nenesla stopy od průjezdů okolků kol drážních vozidel, takže jazyk v těchto místech přenášel svislé a boční síly vyvolané jízdou drážních vozidel;
- jazyk byl v místech, kde nepřichází do kontaktu s jinými tělesy, obalen vrstvou nečistot.

Vizuálním ohledáním čelistového výměnového závěru, který ovládá jazyky výhybky č. 169a, bylo zjištěno:

- celý čelistový výměnový závěr byl zanesen vrstvou nečistot. Vrstva nečistoty ulpěla na zlomeném závěrovém háku pravého vnitřního ohnutého jazyka se v jeho jednotlivých částech lišila, a to vzhledem k možnostem jejího ulpívání (například větší vrstva byla na horní stěně háku a bez nečistot byly části, které jsou v přímém kontaktu s jinými částmi čelistového výměnového závěru);
- v místě lomu závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka byla zjištěna menší vrstva plastické nečistoty, kdy se jednalo o mazivo, které bylo znečištěno blíže neurčenými látkami. Detaily viz Obr. č. 12 a č. 13;

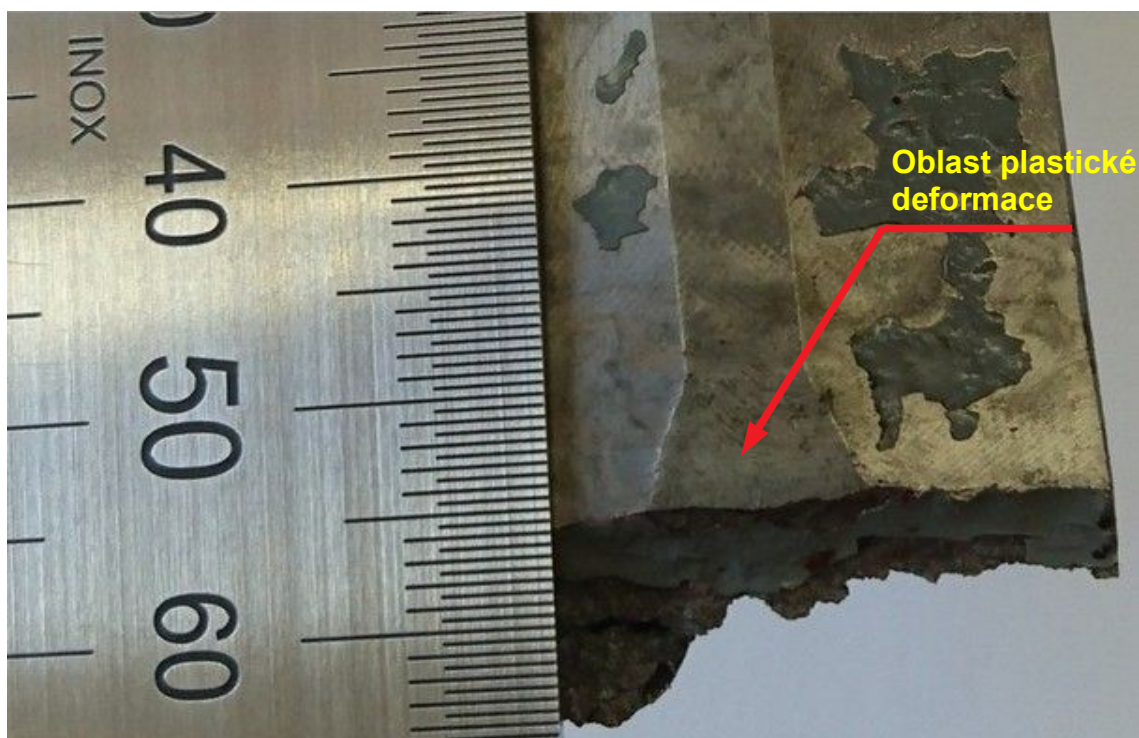


Obr. č. 12: Pohled na nečistoty na povrchu zlomeného závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka čelistového výměnového závěru výhybky č. 169a Zdroj: DI



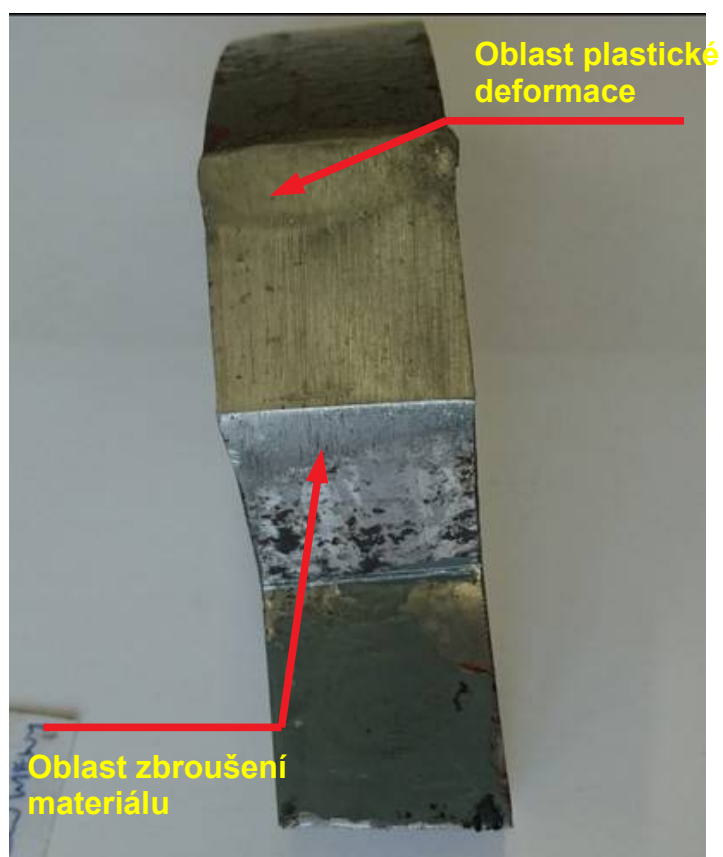
Obr. č. 13: Pohled na nečistoty na povrchu zlomeného závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka čelistového výměnového závěru výhybky č. 169a a pohled na lom po vzniku MU
Zdroj: DI

- násilné poškození zlomeného závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka, a to ve třech oblastech:
 - první oblastí násilného poškození bylo zakončení zešikmení na horní stěně zlomeného závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka, kdy byla plasticky zdeformována jeho část o rozměrech cca 6 x 9 mm. K tomuto poškození při běžném provozu čelistového výměnového závěru na křížovatkových výhybkách nedochází (viz Obr. č. 14);



Obr. č. 14: Plastická deformace na konci zešíkvení na horní stěně zlomeného závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka
Zdroj: DI

- druhá oblast poškození se nachází na spodní části zlomeného závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka, kdy došlo k plastické deformaci a zbroušení materiálu, a to v části, která je v kontaktu se závorovací tyčí. K této deformaci a zbroušení dochází při běžném provozu čelistových výměnových závěrů na křížovatkových výhybkách, protože předmětné části jsou v kontaktu se závorovací tyčí při přestavování, čímž dochází ke vzájemnému opotřebení (viz Obr. č. 15);
- třetí oblast poškození byla na horní hraně v blízkosti lomu závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka. Jedná se o trvalou plastickou deformaci, která byla způsobena nárazem nezjištěného předmětu. Podle charakteru deformace k ní došlo jednorázově. Hrana závěrového háku byla trvale plasticky zdeformována v délce 14 mm. Jedná se o nestandardní poškození, ke kterému by nemělo při běžném provozu dojít.



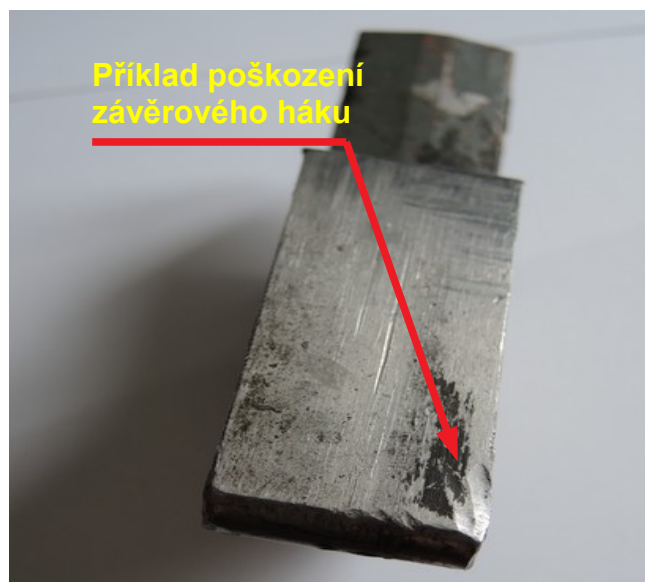
Obr. č. 15: Plastická deformace a zbroušení materiálu na spodní straně při MU zlomeného závěrového háku
Zdroj: DI



Obr. č. 16: Trvalá plastická deformace horní hrany zlomeného závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka
Zdroj: DI

Za účelem dalšího zkoumání DI zajistila další součásti z čelistových výměnových závěrů výhybek č. 169ab a 171ab. Část z těchto zajištěných součástí (celkově 5 kusů různých typů závěrových háků čelistových výměnových závěrů) byla podrobena odbornému zkoumání, kdy u nich mělo být mimo jiné zjištěno, zda se v použitém materiálu závěrového háku nenacházejí trhliny. Závěry byly shrnuty v Odborném posudku, přičemž vybraná související část je uvedena následně v Příloze č. 2. Z tohoto dokumentu mimo jiné vyplývá, že u výše uvedených zkoumaných součástí bylo zjištěno:

- na povrchu žádného z háků nebyly nalezeny trhliny vzniklé za provozu;
- na povrchu horní plochy funkční části všech háků byly různě velké záseky. Některé tvarem odpovídaly rázům od kladiva, jiné měly tvar pruhů směřovaných kolmo na osu háku. Na ostatních plochách háků nebylo mechanické poškození povrchu nalezeno;
- k tepelnému zahřátí háků nedošlo;
- na žádném z háků nebyly nalezeny žádné znaky navařování materiálu;
- závěrový hák používaný v čelistovém výměnovém závěru křížovatkových výhybek u vnějších jazyků, byl vyroben jako výkovek s následným tepelným zpracováním (zušlechtěním). Mikrostruktura sorbit, tvrdost 230 HV (218 HB). Použitý materiál je jakostní tvářená ocel s velmi dobrou mikročistotou;
- závěrový hák používaný v čelistovém výměnovém závěru křížovatkových výhybek u vnitřních jazyků, byl vyroben jako odlitek, s následným tepelným zpracováním (normalizačně žíhán). Mikrostruktura ferit – perlit, tvrdost 154 HV (147 HB). Mikročistota a vnitřní vady odpovídají technologii výroby odléváním. Vyskytují se shluky drobných vměstků a dutin.



Obr. č. 17: Příklad poškození horní stěny závěrového háku z výhybky č. 169a
Zdroj: DI

DI se po vzniku předmětné MU také podařilo zjistit, že v předchozím období došlo ke dvěma lomům závěrových háků, avšak u čelistového výměnového závěru na PHS

u výhybky č. 171ab v žst. Kolín. Lom závěrového háku se projevil jako porucha zabezpečovacího zařízení (v podrobnostech viz bod 3.7 této ZZ). Zlomené závěrové háky byly v těchto případech vyměněny výrobcem, který je uložil a na základě žádosti je DI předal za účelem dalšího zkoumání.



Obr. č. 18: Zlomený závěrový hák z čelistového výměnového závěru PHS výhybky č. 171ab Zdroj: DI

Vzhledem k tomu, že se jedná o typově obdobné závěrové háky jako v případě předmětné MU, bylo rozhodnuto, že oba dva budou podrobeny odbornému zkoumání, kdy závěry byly shrnuty v Odborném posudku. Vzhledem k tomu, že nebylo možné přiřadit konkrétní zlomený závěrový hák ke konkrétní události, tak byly za účelem dalšího zkoumání vzorky označeny jako „XX“ a „YY“. S tímto označením následně pracuje i Odborný posudek, kdy vybraná související část je uvedena následně v Příloze č. 2. Z tohoto dokumentu mimo jiné vyplývá, že u výše uvedených zkoumaných součástí (závěrových háků označených jako „XX“ a „YY“) bylo zjištěno:

- funkční část závěrových háků byla odlomena v místě zúžení;
- barevný nátěr závěrových háků byl většinou celistvý, případně byl občas odloupený;
- u závěrových háků nebyl zjištěn znaky tepelného ovlivnění;
- funkční plocha háků byla se záďery, záseky a vyhlazení tvaru;
- v blízkosti lomu byla horní plocha háků nárazem plasticky deformována.

Za účelem dalšího zkoumání DI zajistila mj. zlomený závěrový hák pravého vnitřního ohnutého jazyka čelistového závěru výhybky č. 169a. Háček byl podroben odbornému zkoumání a závěry byly shrnuty v Metalografické zprávě, ze které vyplývá:

„... Zápis o zkoušení

1) kontrolní chemický rozbor – viz Protokol o zkoušení č. 2018/51718.

...

Háček vnitřní z hrotů jazyků výhybky č. 169a1 svým chemickým složením odpovídá požadavkům na ocel jakosti ČSN 42 2712.

2) Mechanické vlastnosti – viz Protokol o zkoušení č. 9536E18

...

Hák vnitřní z hrotů jazyků výhybky č. 169a1 svými mechanickými vlastnostmi odpovídá požadavkům na ocel jakosti ČSN 42 2712

3) Metalografické šetření – viz Protokol o zkoušení č. M 231/2018

K metalografickému šetření byl dodán hák vnitřní z hrotů jazyků výhybky č. 169a1 s poruchou celistvosti. Fraktografickým rozbořem bylo zjištěno, že lomová plocha je křehkého charakteru. Jedná se o náhlý lom, který vznikl rázovým, lokálním zatížením. Mikrostruktura v oblasti lomu je feriticko – perlitická s výskytem drobných globulárních vměstků na bázi MnS a sulfidů. V oblasti iniciace poškození a v oblasti lomové plochy nebyly nalezeny známky tepelného ovlivnění ani svarů. Mimo lomovou plochu byl zjištěn výskyt povrchových a podpovrchových vad nerozpuštěných legu, které však neměly vliv na iniciaci a průběh lomu. ...“.

Popisem lomové plochy zlomeného závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka čelistového výměnového závěru výhybky č. 169a se zabývala Metalografická zpráva uvádějící mimo jiné, že „... Fraktografickým rozbořem bylo zjištěno, že lomová plocha je křehkého charakteru. Jedná se o náhlý lom, který vznikl rázovým lokálním zatížením. ...“, nicméně tento závěr nesouhlasil se zjištěním, které měla DI po vizuálním posouzení předmětné lomové plochy a z prvotních zjištění po vzniku předmětné MU. Rovněž závěry týkající se popisu lomových ploch závěrových háků označených jako „XX“ a „YY“, které jsou uvedeny v Odborném posudku, rovněž zcela nesouhlasily se zjištěním, které měla DI po vizuálním posouzení předmětných lomových ploch a z Metalografické zprávy.

Z tohoto důvodu bylo pro vyloučení pochybností v této otázce zadáno nezávislé nové zkoumání lomové plochy závěrového háku z výhybky č. 169a, a to přímo soudním znalcem v odvětví železniční doprava, se specializací „fraktografická analýza, zkoušky a posuzování vlastností materiálů, analýza mechanických poruch strojů, zařízení a konstrukcí“. Pro sjednocení výsledků a získání dalších informací bylo požádáno posouzení a srovnání výsledků týkající se popisu lomových ploch uvedených v dokumentech Metalografická zpráva a Odborný posudek. Závěry byly shrnuty v dokumentu Fraktografická analýza, přičemž vybraná související část je uvedena následně v Příloze č. 3. Z tohoto dokumentu mimo jiné vyplývá:

- na povrchu lomu zlomeného závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka čelistového výměnového závěru výhybky č. 169a jsou zcela jasně zřetelné postupové čáry. Dále je zřejmé, že lom je důsledkem vzniku a rozvoje řady dílčích únavových trhlin, které iniciovaly na horní stěně háku;
- charakter morfologie nepoškozených částí lomu zlomeného závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka čelistového výměnového závěru výhybky č. 169a prokazuje, že v této oblasti iniciovalo několik dílčích únavových trhlin, jejichž postupným rozvojem a propojováním došlo k porušení celého nosného průřezu háku. Pásmo přiléhající k horní stěně háku je značně členité, což je důsledkem toho, že dílčí únavové trhliny se šířily v různých rovinách a při jejich propojení vznikly na lomové ploše různě vysoké stupně;
- rozvojem únavových trhlin bylo porušeno cca 93 % nosného průřezu zlomeného závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka čelistového výměnového

závěru výhybky č. 169a a byl u něj prokázán výskyt slévárenských vad (bublin, či staženin);

- makroskopický charakter lomu zlomeného závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka čelistového výměnového závěru výhybky č. 169a vede k závěru, že únavové porušování háku je důsledkem cyklického ohybového zatěžování. Rovina ohybového momentu leží v rovině kolmé k rovině lomu a rovnoběžné s bočními stěnami háku;
- z výskytu celé řady nepřilíš výrazných postupových čar na lomu zlomeného závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka čelistového výměnového závěru výhybky č. 169a plyne, že v zatěžovacím režimu se vyskytovaly přetěžovací cykly. Tyto cykly však nevedly k výraznému nárůstu rychlosti šíření trhliny.

Na základě výše uvedeného lze uzavřít, že DI pro analýzu a závěry uvedené v této závěrečné zprávě týkající se popisu lomových ploch předmětných závěrových háků použila zjištění uvedená ve znalecké posudku Fraktografická analýza, který byl zpracován soudním znalcem v daném oboru a jehož závěry jsou řádně podloženy, zdokumentované a logické, odpovídají zjištěním, která má DI k dispozici po vizuálním posouzení předmětných lomových ploch (tedy, že se jedná o tzv. „únavový lom“), a ze zjištění po vzniku předmětné MU, kdy například nebylo prokázáno působení rázového lokálního zatížení na závěrový hák.

Pro zajištění provozuschopnosti dráhy a bezpečnosti drážní dopravy byly před vznikem MU provozovatelem dráhy prováděny prohlídky a měření staveb drah v souladu s § 26 odst. 1 vyhlášky č. 177/1995 Sb.

Součástí dráhy byly v příčinné souvislosti se vznikem MU.

3.4.3 Sdělovací a informační zařízení

Použití sdělovacích, komunikačních a informačních zařízení nemělo souvislost se vznikem MU.

3.4.4 Drážní vozidla, včetně zařízení pro automatické zaznamenávání dat

HDV 163.062-3 mělo platný Průkaz způsobilosti drážního vozidla, ev. č.: PZ 481/02-V.01, vydaný DÚ dne 18. 2. 2002. Poslední pravidelná technická kontrola před vznikem MU byla provedena dne 2. 8. 2018 s výsledkem, že vozidlo vyhovuje podmínkám provozu na dráhách.

HDV 163.062-3 bylo v době vzniku MU vybaveno zařízením pro automatické zaznamenávání dat – typu ELEKTRONICKÁ RYCHLOMĚROVÁ SOUPRAVA LT, výrobce Metra Blansko, č. 4004.

Ze zaznamenaných dat vyplývá:

- 20.49.33 h průjezd vlaku Sv 10220 kolem návestidla Lc108 v km 347,705, a to při rychlosti 33 km.h⁻¹;
- 20.49.57 h dochází k MU v km 298,425, a to při rychlosti 31 km.h⁻¹. Následně vlak

Sv 10220 zvyšuje rychlost a na dráze 155 metrů dosáhne rychlosti $39 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$; následuje jízda výběhem. Ve vzdálenosti 216 metrů od místa vykolejení je registrováno stažení sběrače a vypnutí vlakového topení (ztráta napětí);

- 20.50.39 h vlak Sv 10220 zastavil ve vzdálenosti 310 m od bodu „0“;
- mobilní část vlakového zabezpečovače byla zapnutá a strojvedoucím řádně periodicky obsluhována;
- nejvyšší dovolená rychlost vlaku nebyla v místě vzniku MU překročena.

Odborně způsobilými osobami dopravce byla dne 11. 9. 2018 za účasti DI provedena komisionální prohlídka poškozených TDV. Poškození všech TDV vznikla jako následek MU a jejich technický stav nebyl v příčinné souvislosti se vznikem této MU. TDV vlaku Sv 10220 měla platnou technickou kontrolu.

Nedostatek nebyl zjištěn.

3.5 Dokumentace o provozním systému

3.5.1 Opatření přijatá zaměstnanci provozovatele dráhy a dopravce, pokud jde o řízení a zabezpečení dopravy

Pro vjezd vlaku Sv 10220 do žst. Kolín provedl traťový dispečer přípravu jízdní (vlakové) cesty a normální obsluhou SZZ žst. Kolín postavil jízdní (vlakovou) cestu z TK č. 2 Zábory nad Labem – Kolín přes SK č. 38a na SK č. 38 obvodu seřadovacího nádraží. V rámci řízení drážní dopravy následně určil pro další jízdu vlaku v žst. Kolín, tzn. z obvodu seřadovacího nádraží do obvodu osobního nádraží, úsek koleje od cestového návěstidla Lc38 na SK č. 108. Proto následně provedl přípravu jízdní (vlakové) cesty a ve 20.47.22 h normální obsluhou SZZ žst. Kolín postavil jízdní (vlakovou) cestu ze SK č. 38 na SK č. 108, kam vjel vlak Sv 10220 ve 20.46.16 h. Z této koleje traťový dispečer zamýšlel postavit vlakovou cestu na kolej č. 114d, a proto zadal přípravu vlakové cesty na tuto kolej. Nicméně výhybka č. 169a se nepřestavila do koncové polohy pro danou vlakovou cestu a z tohoto důvodu byla následně zadána příprava variantní vlakové cesty na kolej č. 112d. Vlaková cesta na kolej č. 112d byla poté řádně postavená a zabezpečená závěrem vlakové cesty, kdy další jízda vlaku ze SK č. 108 byla povolena návěstí „Rychlost 40 km/h a očekávejte rychlost 40 km/h“, doplněná „Indikátorovou tabulkou s číslicí 5“, návěstěnou cestovým návěstidlem Lc108 situovaným v km 298,263. Za cestovým návěstidlem Lc108 pokračoval vlak v jízdě přes zhlaví na kolej č. 112a, přičemž vlaková cesta vedla přes výhybky č. 160, 164, 169ab a 171ab.

Strojvedoucí vlaku Sv 10220 řídil HDV 163.062-3, pozoroval trať a návěsti, ze stanoviště strojvedoucího 1, tzn. předního ve směru jízdy vlaku, a tedy stanoviště (kabiny) strojvedoucího, z něhož měl nejlepší rozhled. Na základě pokynů dovolujících jízdu vlaku, vyjádřených návěstmi vjezdového návěstidla 2L a cestových návěstidel Lc38a a Lc38, vjel strojvedoucí s vlakem ve 20.46.16 h na SK č. 108, přičemž cestové návěstidlo Lc108 minul ve 20.49.38 h. Strojvedoucí vznik MU sám nezjistil, pouze zaznamenal snižování rychlosti soupravy vlaku, které bylo vyvolané vykolejením posledních pěti TDV v průběhu nehodového děje. Z tohoto důvodu vlak zastavil ve 20.50.39 h, a to předním čelem HDV na SK č. 112b žst. Kolín, ve vzdálenosti 310 m od bodu „0“.

Nebyl zjištěn nedostatek.

3.5.2 Výměna ústních hlášení v souvislosti s mimořádnou událostí, včetně údajů ze záznamového zařízení

V souvislosti s MU neproběhla verbální komunikace mající vliv na její vznik.

3.5.3 Opatření přijatá k ochraně a zabezpečení místa mimořádné události

Místo MU bylo pověřenou odborně způsobilou osobou provozovatele dráhy a dopravce zabezpečeno v souladu s vyhláškou č. 376/2006 Sb.

3.6 Pracovní, zdravotní a provozní podmínky

3.6.1 Pracovní doba zaměstnanců provozovatele dráhy a dopravce, kteří byli účastníky mimořádné události

- strojvedoucí vlaku Sv 10220, ve směně dne 7. 9. 2018 od 12.27 h, odpočinek před směnou 22:13 h, přestávka na jídlo a oddech byla čerpána v průběhu směny;
- traťový dispečer, ve směně dne 7. 9. 2018 od 17.20 h, odpočinek před směnou 35:25 h, v době vzniku MU nárok na přestávku na jídlo a oddech nevznikl a měla být čerpána v průběhu směny.

Zaměstnavatelé zajistili podmínky pro odpočinek před směnou a v průběhu směny, v souladu se zákonem č. 262/2006 Sb., resp. s nařízením vlády č. 589/2006 Sb., kterým se stanoví odchylná úprava pracovní doby a doby odpočinku zaměstnanců v dopravě.

3.6.2 Zdravotní stav a osobní situace, které měly dopad na mimořádnou událost, včetně fyzického nebo psychického stresu

Zúčastnění zaměstnanci provozovatele dráhy a dopravce byli v době vzniku MU zdravotně způsobilí k výkonu zastávané funkce. Šetřením nebylo zjištěno, že by na vznik MU měla vliv osobní situace nebo psychický stav osob zúčastněných na MU.

Zaměstnanci provozovatele dráhy a dopravce se podrobovali pravidelným lékařským prohlídkám v souladu s ustanovením vyhlášky č. 101/1995 Sb. Zdravotní stav a osobní situace, které by mohly mít vliv na vznik MU, včetně fyzického a psychického stresu, nebyly zjištěny.

3.6.3 Uspořádání vybavení řídicího pracoviště nebo drážního vozidla, které má vliv na jeho ovládání a užívání

Uspořádání a vybavení pracoviště zaměstnanců provozovatele dráhy a dopravce nemělo souvislost se vznikem MU.

3.7 Předchozí mimořádné události obdobného charakteru

Obdobná MU není DI evidována. Vzhledem k tomu, že v době před vznikem předmětné MU došlo v žst. Kolín ke dvěma lomům háků čelistových závěrů na PHS na vedlejší výhybce č. 171ab, a tato skutečnost je v ZZ zmíněna v souvislosti s odborným zkoumáním těchto lomů, jsou zde oba tyto případy pro dokreslení stavu uvedeny, přestože při těchto mimořádnostech nedošlo ke vzniku MU:

Dne 11. 3. 2016 v 6.17 h došlo k poruše na výhybce č. 171ab, kdy se část výhybky „b“ nedostala do koncové polohy. Porucha na výhybce byla způsobena lomem závěrového háku čelistového výměnového závěru na PHS.

Dne 4. 2. 2018 v 7.17 h došlo k poruše na výhybce č. 171ab, kdy se část výhybky „b“ nedostala do koncové polohy. Porucha na výhybce byla způsobena lomem závěrového háku čelistového výměnového závěru na PHS.

Zlomené závěrové háky byly v obou případech vyměněny výrobcem, který je uložil do skladu a nikdo se problematikou vzniku těchto lomů již dále nezabýval.

4 ANALÝZA A ZÁVĚRY

4.1 Konečný popis mimořádné události

4.1.1 Vyhotovení závěrů o mimořádné události založených na skutečnostech zjištěných v bodě 3

Dne 7. 9. 2018 vlak Sv 10220 v žst. Kolín vjel na SK č. 108. Z této koleje traťový dispečer zamýšlel postavit vlakovou cestu na kolej č. 114d a zadal přípravu vlakové cesty na tuto kolej. Výhybka č. 169a se však nepřestavila do koncové polohy pro požadovanou vlakovou cestu a z tohoto důvodu zadal variantní vlakovou cestu na kolej č. 112d. Tato vlaková cesta byla řádně postavená a zabezpečená závěrem vlakové cesty, a další jízda vlaku ze SK č. 108 byla dovolena návěstí „Rychlost 40 km/h a očekávejte rychlost 40 km/h“, doplněná „Indikátorovou tabulkou s číslicí 5“, návěstěnou cestovým návěstidlem Lc108. Za cestovým návěstidlem Lc108 pokračoval vlak v jízdě přes zhlaví na kolej č. 112a, přičemž vlaková cesta vedla přes výhybky č. 160, 164, 169ab a 171ab.

V blíže nezjištěnou dobu došlo k lomu závěrového háku u pravého vnitřního ohnutého jazyka v čelistovém výměnovém závěru výhybky č. 169a, a proto nebyl při postavení vlakové cesty a po celou dobu jízdy vlaku Sv 10220 přílehlý jazyk držen a zapevněn v krajní poloze u opornice. Za jízdy vlaku Sv 10220 přes výhybku č. 169a následně došlo k odlehnutí nezapevněného jazyka od opornice pod 4. TDV za HDV a jeho vykolejení. 4. TDV vykolejilo zadním podvozkem v prostoru výhybky č. 169, ale v průběhu další jízdy došlo opět k jeho nakolejení, proto v době ohledání stálo na koleji. Následně vykolejilo 5. až 8. TDV vlaku.

4.2 Rozbor

4.2.1 Zhodnocení skutečností zjištěných v bodě 3 a uvedení závěrů o příčině mimořádné události a činnosti záchranných služeb

Výhybka č. 169ab v žst. Kolín byla v souladu s nastaveným systémem provozovatele dráhy SŽDC pravidelně prohlížena a byly u ní měřeny příslušné parametry, a to včetně čelistového závěru, který byl umístěn na hrotech jazyka č. 169a. Nicméně celistvost nebo porušení závěrových háků čelistových závěrů není při těchto činnostech nijak zvlášť posuzováno a prakticky se v provozu neprovádí, protože před takovou kontrolou by musely být závěrové háky zbaveny nečistot, které na nich ulpívají, a teprve poté důkladně vizuálně, případně jinak, prohlédnuty. Vzhledem k nánosům nečistot na hácích čelistového závěru, které na nich byly zjištěny po vzniku MU, lze konstatovat, že ani u nich nebyla v předcházejících měsících prováděna podrobná prohlídka neporušenosti závěrových háků. Ostatně i sám výrobce ve svém vyjádření uvedl, že „*Při předepsané údržbě uživatel zjistí, že čelistový závěr není možno již používat, pokud při provádění kontroly a seřízení základních parametrů nelze vyhovět hodnotám uvedeným v kap. 2 dokumentu U 03 111.*“. Z výše uvedeného vyplývá, že s možností lomu závěrového háku výrobce ani provozovatel dráhy SŽDC asi nepočítal, a tato závada ani není zjištělná běžnými prohlídkami prováděnými podle postupů provozovatele dráhy.

Dle informací získaných od výrobce se v čelistových závěrech jednoduchých a křížovatkových výhybek používá několik různých typů závěrových háků, a to s ohledem na konkrétní technické řešení. V daném případě byly v čelistovém závěru představujícím hroty jazyků výhybky č. 169a použity dva odlišné typy háků. První typ je použit u vnějších jazyků, a ten je vyráběn jako zápustkový výkovek, u kterého byla zjištěna hodnota tvrdosti použitého materiálu 230 HV (218 HB). Jednalo se o jakostní tvářenou ocel s velmi dobrou mikročistotou. U vnitřních jazyků jsou použity závěrové háky upravené konstrukce, které jsou vyráběny jako odlitek, u kterého byla zjištěna hodnota tvrdosti použitého materiálu 154 HV (147 HB). Mikročistota a vnitřní vady odpovídaly technologii výroby odléváním (vyskytující se shluky drobných vměstků a dutin).

K lomu závěrového háku došlo u vnitřního jazyka, kde byl použit závěrový hák upravené konstrukce (který je konstrukčně zeslabený z prostorových důvodů) a navíc je vyroben jako odlitek, který má horší mechanické vlastnosti než závěrové háky vyráběné jako zápustkový výkovek. Vzájemné vizuální porovnání závěrových háků, použitých v čelistovém výměnovém závěru křížovatkové výhybky, je na Obr. č. 19.

Vzhledem k informacím obsaženým ve Fraktografické analýze DI požádala výrobce závěrových háků o zapůjčení neopracovaného odlitku za účelem dalšího zkoumání (viz Obr. č. 20). Při vizuálním ohledání neopracovaného odlitku bylo DI zjištěno:

- povrch odlitku byl očištěný otryskáním ocelovými broky a nálitky rovnoměrně obroušeny (bez zabroušení pod povrch), celý odlitek měl stříbřito-šedou barvu;
- na boční stěně odlitku bylo přebroušené místo, kde byla vyražena značka, která se dle sdělení výrobce vztahuje k provedení kontroly jakosti daného odlitku;
- povrch celého odlitku byl různorodý a vyskytovala se na něm řada míst s různými povrchovými vadami typickými pro odlitky (například drsný povrch nebo zvrásnění odlitku atd.).



Obr. č. 19: Pohled na závěrové háky použité v čelistovém výměnovém závěru křížovatkové výhybky č. 169a. Závěrový hák umístěný vlevo označený jako „1“ je tzv. „vnější“ a je vyráběn jako zápusťkový výkovek. Závěrový hák umístěný vpravo označený jako „2“ je tzv. „vnitřní“, je zeslabený a je vyráběn jako odlitek.

Zdroj: DI

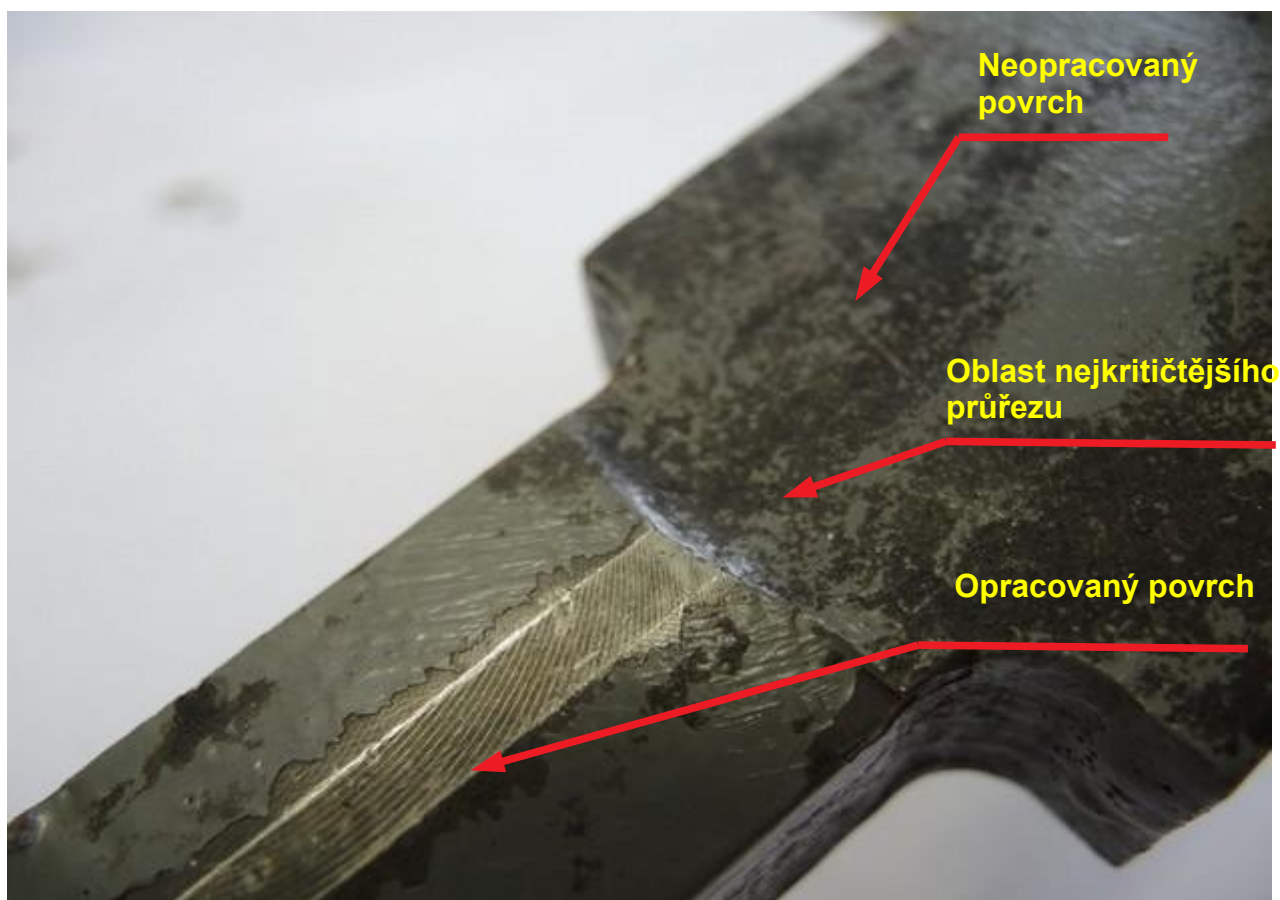


Obr. č. 20: Celkový pohled na odlitek háku z boční strany

Zdroj: DI

Dále byl výrobce požádán o poskytnutí informací, které se týkají výroby závěrových háků. Co se týká technologie výroby závěrového háku pro tzv. „vnitřní jazyky“ křížovatkových výhybek, tak z odlitků, tedy polotovarů, jsou závěrové háky obráběny na „NC“ strojích dle zavedených technologických postupů.

Při obrábění je podstatná část odlitku opracována, nicméně i po dokončení všech technologických úkonů zůstává na výsledném závěrovém háku několik neobrobených míst, která mají stále původní povrch. Jedno z těchto míst je i horní stěna závěrového háku pro vnitřní jazyky křížovatkových výhybek v nejkritičtějším průřezu, tedy v místě, kde došlo k lomu závěrového háku na výhybce č. 169a. Už z důvodu samotné podstaty technologie odlévání je povrch u každého kusu mírně odlišný a originální.



Obr. č. 21: Pohled na horní stěnu zeslabeného závěrového háku

Zdroj: DI

Výše uvedené tak odpovídá závěrům z Fraktografické analýzy, která uvádí, že příčinou iniciace dílčích únavových trhlin na horní stěně háku byly konstrukční vruby (oblast výrazného snížení velikosti nosného průřezu háku, kde dochází k nárůstu napětí vyvolaného vnějším zatížením při běžném provozu), a vruby tvořené strukturními nehomogenitami.

Při konstrukci čelistového výměnového závěru (závěrových háků) výrobce uvažoval o délce životnosti jednotlivých prvků, o středním technickém životu tohoto výrobku a rovněž o jeho pravděpodobné době bezporuchového provozu. V této souvislosti nechal zpracovat technickou zprávu, která se těmito problémy zabývá. Výsledkem tohoto

posouzení byla nulová kumulace poškození jak pro závěrový hák z odlitku, tak i pro zápusťkový výkovek závěrového háku. Ve výpočtu byl zohledněn mimo jiné i součinitel zahrnující vruby a jakost povrchu. Z hlediska únavového napětí byla shledána jejich životnost prakticky neomezená. Dle sdělení výrobce má větší negativní vliv opotřebení háku otěrem a případně korozí.

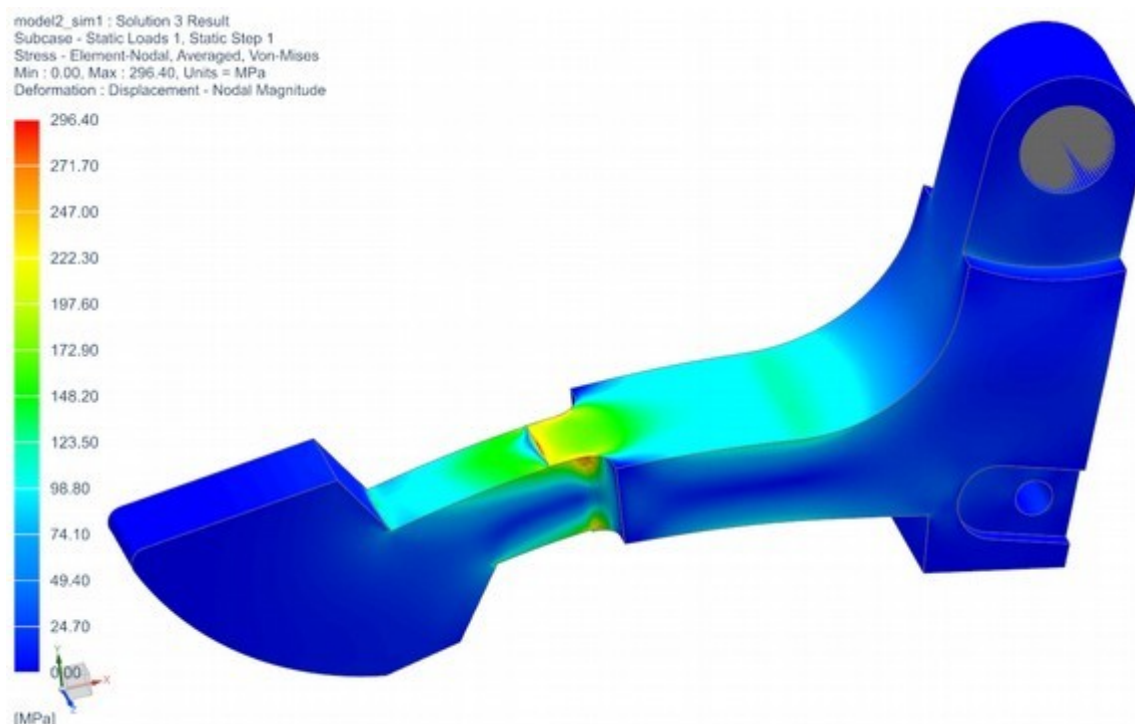
Při běžném zatěžování závěrového háku tak, i přes výše uvedené vruby, nedochází ke vzniku trhlin v závěrových hácích, a to ani při dlouhodobém zatížení v provozu. Tento závěr byl potvrzen při odborném zkoumání, které je uvedeno v Odborném posudku, kdy nebyly v materiálu zkoumaných závěrových háků nalezeny trhliny. Lze tedy shrnout, že při běžném dlouhodobém zatěžování by nemělo k porušení celistvosti závěrového háku dojít, což je potvrzeno jak výpočty, tak i ověřeno v praktickém provozu.

Výrobce rovněž zpracoval výpočet předpokládané pevnosti typově stejného závěrového háku čelistového výměnového závěru, který souvisel s předmětnou MU. Závěrový hák byl při tomto výpočtu jednoduše zatěžován. Z výpočtu vyplývá rezerva závěrových háků pro napětí blízké mezi kluzu a mezi pevnosti, přičemž v jeho závěru bylo uvedeno, že předmětný závěrový hák se začíná deformovat (natahovat) od síly větší 13 kN a k destrukci od síly větší 30 kN. Z tohoto výpočtu pak na základě těchto hodnot vycházejí následující koeficienty bezpečnosti:

- při standardním přestavování, síla 6 kN:
napětí blízké mezi kluzu – koeficient bezpečnosti = $13/6=2,16$
napětí blízké mezi pevnosti – koeficient bezpečnosti = $30/6=5$
- rozřez, síla 7 kN:
napětí blízké mezi kluzu – koeficient bezpečnosti = $13/7=1,85$
napětí blízké mezi pevnosti – koeficient bezpečnosti = $30/7=4,28$

Pro ověření výpočtů dodaných výrobcem čelistového závěru byl zadán a vypracován kontrolní výpočet zatížení na modelu předmětného závěrového háku, a to v systému „Siemens NX“, přičemž výpočet provádělo specializované akademické pracoviště. Výsledky byly shrnuty v dokumentu Technická zpráva 1. Z této zprávy vyplývá, že při zatížení závěrového háku stejným způsobem, jaký použil ve výpočtu výrobce, dosahovalo maximální napětí v místech porušení hodnoty 296 MPa, což korespondovalo s dodaným výpočtem.

Při této příležitosti se zpracovatel zabýval i otázkou dalších možných variant zatěžování, které mohly vést k porušení celistvosti závěrového háku výhybky č. 169a. Zpracoval proto a posoudil celkově další 3 teoretické zátěžové stavy. Tento teoretický výpočet vycházel z údajů obsažených ve Fraktografické analýze, kde bylo uvedeno, že „... únavové porušování háku je důsledkem cyklického ohybového zatěžování. Rovina ohybového momentu leží v rovině kolmé k rovině lomu a rovnoběžné s bočními stěnami háku.“. Rovněž bylo zohledněno, že rozvojem únavových trhlin bylo porušeno 93 % nosného průřezu háku.



Obr. č. 22: Zobrazení napětí Von-Mises na závěrovém háku výhybky č. 169a

Zdroj: DI

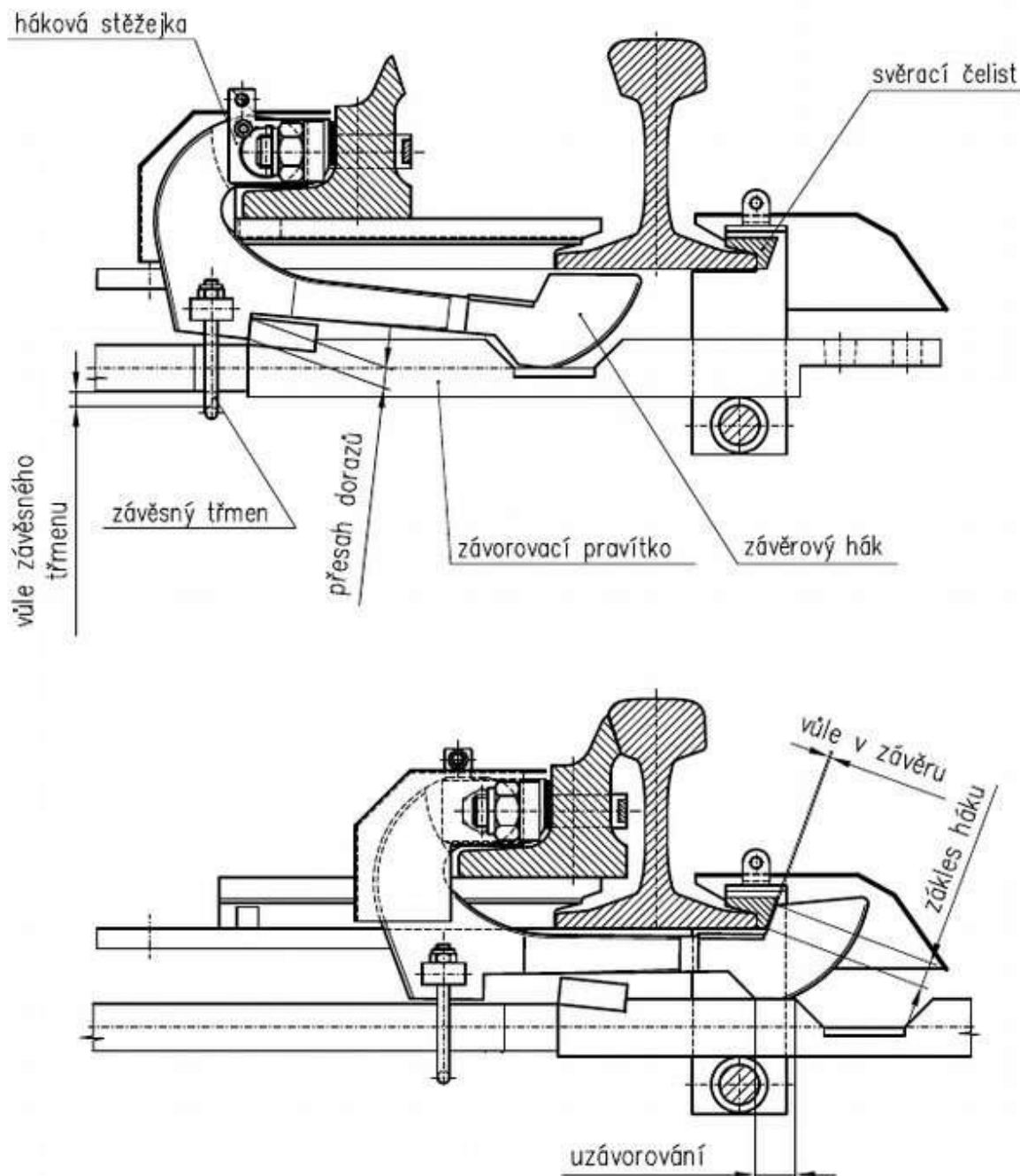
Analytickým výpočtem uvedeným v dokumentu Technická zpráva 1 bylo zhruba odhadnuto, že k dolomení tělesa s trhlinou dosahující 93 % nosného průřezu zatíženého čistým ohybem postačuje maximální ohybové napětí 30 MPa. Na základě simulace tzv. „metodou konečných prvků (MKP)“ byl nalezen teoretický zátěžný stav, který dospěl k podobným výsledkům jako analytický výpočet namáhání háku na základě informací o jeho dolomení. Nicméně tyto analytické i numericky vypočtené hodnoty napětí jsou pod mezí únavy materiálu a nevysvětlují vznik únavové trhliny. Při vzniku trhliny dostatečné délky však toto napětí postačuje k jejímu šíření a následnému dolomení. Jak již bylo uvedeno, tak se jednalo o teoretické výpočty, protože za současných podmínek nelze s jistotou stanovit, k jakému zátěžnému stavu skutečně došlo. V dokumentu Fraktografická analýza je také uvedeno, že „Z výskytu celé řady nepříliš výrazných postupových čar na lomu plyne, že v zatěžovacím režimu se vyskytovaly přetěžovací cykly.“

Všechny zajištěné závěrové háky z výhybek č. 169ab a 171ab nesly nejrůznější stopy po poškození. Obecně by se dala tato poškození rozdělit na opotřebení způsobená provozem čelistového závěru a násilná vnější poškození. Z hlediska šetření předmětné MU je významné zaměřit se na násilná poškození závěrových háků, protože v běžném provozu by k těmto poškozením vůbec nemělo dojít. V dokumentu U 03 111 je výslovně uvedeno: „Je zakázáno používat při seřizování závěru jakékoliv „klasické“ kovářské náčiní, jakožto i násilné způsoby manipulace.“

Jakým způsobem vznikla poškození zajištěných závěrových háků, zda například od úderů kladivem, se Drážní inspekci nepodařilo zjistit. Otázkou vlivu násilného mechanického poškození daného závěrového háku se také zabývala Fraktografická analýza, kde je uveden závěr, že z hlediska fraktografického nálezu však nelze

jednoznačně prokázat, jaký vliv tyto údery měly na iniciaci a rozvoj únavového porušení háků.

Vedle stop po úderech byla u všech tří zlomených závěrových háků z výhybek č. 169ab a 171ab zjištěna podobná plastická deformace, a to na konci zešíkmení na horní stěně (viz např. Obr. č. 14). Charakter deformace vůbec nenaznačoval, že by byl způsoben například jednorázovým úderem, přičemž k tomuto poškození závěrových háků při běžném provozu nedochází. Dle výkresové dokumentace a dalších zjištění DI by toto místo nemělo přicházet do kontaktu s jinými součástmi čelistového závěru, případně součástmi výhybky.

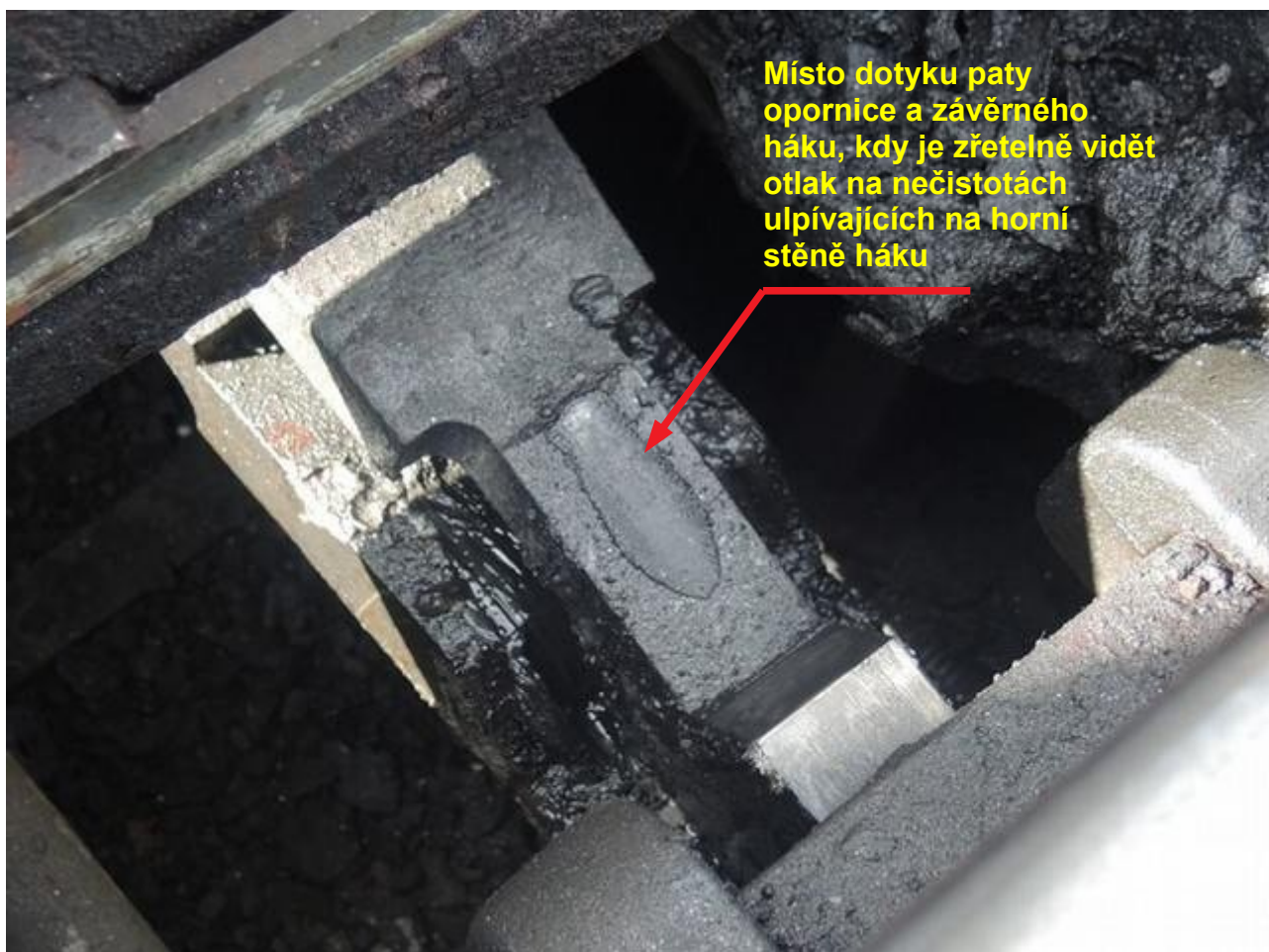


Obr. č. 23: Základní stavy čelistového výměnového závěru

Zdroj: SŽDC

Jedinou logickou a v úvahu připadající variantou, jak k této plastické deformaci mohlo dojít, tak je, že předmětné místo závěrového háku bylo v kontaktu s patou opornice a právě důsledkem jejich vzájemného působení k této deformaci došlo.

Tato skutečnost byla následně za přítomnosti zástupců provozovatele dráhy SŽDC ověřena přímo na zprovozněné výhybce č. 169a v žst. Kolín. Ve své podstatě tato výhybka zůstala po vzniku MU téměř úplně v původním stavu (její poškození při vykolejení bylo mnohem menší na rozdíl od výhybky č. 171ab, která musela být celá vyměněna), a následně byla opětovně uvedena do provozu, ale s nově namontovanými čelistovými výměnovými závěry a drobnými opravami. Při dodatečném ohledání nově namontovaných čelistových závěrů na jaře roku 2019 bylo zjištěno, že u závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka na výhybce č. 169a opětovně dochází ke vzniku nestandardního kontaktu mezi koncem zešíkmení na horní stěně závěrového háku a patou kolejnice. Plastická deformace v tomto místě zatím byla minimální (viz fotodokumentace na obr. č. 24 a č. 25).



Obr. č. 24: Pohled na horní stěnu závěrového háku pravého vnitřního ohnutého jazyka na výhybce č. 169a za provozu

Zdroj: DI



Obr. č. 25: Pohled na horní stěnu závěrného háku pravého vnitřního ohnutého jazyka na výhybce č. 169a za provozu
Zdroj: DI

Je tedy zřejmé, že u závěrného háku čelistového závěru opětovně dochází k nestandardnímu stavu, což vede ve svém důsledku k jeho nestandardnímu zatěžování v kritickém místě, a to jak při přestavování výhybky, tak i při průjezdu drážních vozidel.

Za provozu na celou soustavu čelistového výměnového závěru působí síly související s jeho přestavováním, kdy základní jsou:

- přestavný odpor výhybky;
- přestavná síla (jedná se o maximální hodnotu síly vyvíjené přestavníkem při chodu pohyblivých částí výhybky, přestavná síla přestavníku u rozřezného systému výhybky je standardně 6 kN);
- přídržná síla přestavníku (jedná se o sílu vyvíjenou přestavníkem k tomu, aby pohyblivé části výhybky zůstaly během průjezdu vozidla ve svých koncových polohách, přídržná síla přestavníku u rozřezného systému výhybky je standardně 7 kN).

Dále na soustavu čelistového výměnového závěru působí síly vyskytující se při průjezdu drážních vozidel. Tyto síly jsou mimo jiné v různé míře přenášeny také na závěrové háky čelistových závěrů. Už ze své podstaty je velikost těchto sil dána mnoha

faktory, jakými například jsou rychlost vozidel a jejich hmotnost, jejich technický stav, a to včetně jízdních ploch dvojkolí, geometrie výhybky, její technický stav atd. Ke zjištění jejich skutečných hodnot by bylo nutné provést dlouhodobé experimentální měření přímo v provozu. Nicméně v oblasti hrotů jazyka výhybky č. 169a docházelo ke kontaktu okolů kol a vrchní pojížděné hrany, čímž v tomto místě bylo přenášeno svislé a boční zatížení na jazyk, a tím pádem i na předmětný čelistový výměnový závěr (viz například Obr. č. 11).

Lze tak konstatovat, že zlomený závěrový hák pravého vnitřního ohnutého jazyka čelistového závěru výhybky č. 169a byl v provozu dlouhodobě nestandardně a také proměnlivě zatěžován, a to zvláště ohybem, což vedlo ke vzniku a rozvoji únavových trhlin háku. Nelze ovšem zpětně s jistotou stanovit, k jakému konkrétnímu způsobu zatěžování u závěrového háku docházelo.

Obecně lze říci, že závěrový hák plní zásadní funkci při zabezpečení jízdy vlaku, tedy drží přilehlý jazyk u opornice. Jak ale bylo výše uvedeno, není tento prvek během svého života kontrolován jinak než nepřímo při měření parametrů závěru. Závěrový hák u čelistových závěrů je rovněž garantem správného přestavení jazyka do koncové polohy, protože v daném případě není kontrolována poloha předmětného jazyka například pomocí tzv. „kontrolních tyčí“. Je tedy tak dána velká míra důležitosti tohoto prvku v provozu.

Z těchto důvodů je nutné uvažovat o tom, jak předejít situaci, kdy dojde k lomu závěrového háku, což může vést v krajním případě až k tzv. vidlicové jízdě a vykolejení projíždějících drážních vozidel. Z Fraktografické analýzy vyplývá, že předmětný hák se porušil po cca 10^5 zatěžovacích cyklech. Z toho je zřejmé, že ke vzniku lomu docházelo v delším časovém období. Takže existuje prostor, kdy by teoreticky mohlo být možné počínající lom závěrového háku odhalit.

V první řadě se nabízí k předcházení úplného lomu předmětného prvku upravit systém a metodiku kontrol. Z tohoto důvodu byl osloven provozovatel dráhy SŽDC s dotazem na možnosti provádění kontroly celistvosti závěrových háků čelistových výměnových závěrů křížovatkových výhybek, a to v jeho podmínkách. Z odpovědi provozovatele dráhy ze dne 29. 4. 2019 vyplývá:

- uvedená kontrola by musela být prováděna za provozu, proto není možné uvažovat s metodami, u kterých by bylo nutné předmětné háky demontovat;
- muselo by se provést dokonalé očištění kontrolované oblasti háku od nečistot, což je u provozovaných konstrukcí komplikované, a to nejen z hlediska provozu, ale i hlediska časového.

Provozovatel dráhy dle svého vyjádření používá následující metody kontrol:

- vizuální kontrola:
 - předmětem zájmu by byla část závěrového háku, kde dochází ke změně průřezu, přičemž toto místo je při přestavení výhybky relativně přístupné. Horní plocha háku je dobře přístupná, nicméně spodní plocha již není přímo viditelná, protože se nachází už v konstrukci čelistového výměnového závěru, a to pod úrovní přilehlých kluzných stoliček. Pomocí pomůcek, například pomocí inspekčního zrcátka, přenosné svítilny atd., by bylo možné tuto kontrolu provádět. Nicméně výsledky této metody jsou omezeny její samotnou podstatou, kdy by byly pouze odhaleny vady vystupující na povrch a v určitém stádiu pokročilosti, přičemž by bylo nutné zohlednit, že samotný závěrový hák má ochrannou vrstvu nátěru. Samozřejmě vizuálně není možné zjistit vnitřní vady;

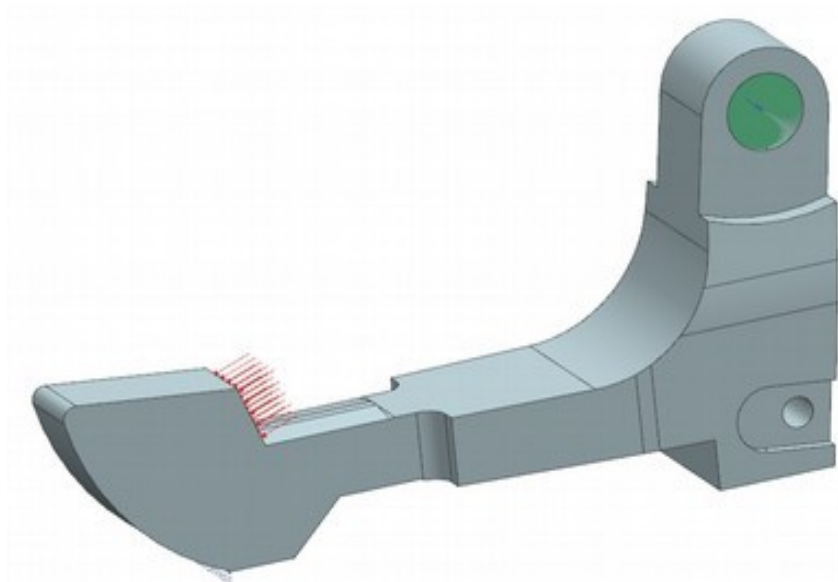
- ultrazvuková kontrola:
 - předmětem zájmu by byla část závěrového háku, kde dochází ke změně průřezu, přičemž toto místo je při přestavení výhybky relativně přístupné, nicméně pro úspěšné vyhodnocení ultrazvukové zkoušky je potřeba zajistit okolo zkoumaného místa dostatečný prostor pro příslušnou sondu a manipulaci s ní. Předmětný závěrový hák je vyroben jako odlitek z manganové oceli, kdy horní plocha těchto háků je opracovaná v několika sklonech a navíc v kritickém místě dochází k přechodu z opracovaného povrchu na neopracovaný, který není vhodný ke zkoumání touto metodou. Z důvodu hladké plochy připadá v úvahu provádět kontroly z boční plochy háku. Ovšem pro manganovou ocel je v současnosti možné použít pouze přímé sondy, které nejsou vhodné pro danou orientaci lomové plochy.
- magnetická prášková metoda:
 - předmětem zájmu by byla část závěrového háku, kde dochází ke změně průřezu. K provedení zkoušky je nutné na místo dopravit mobilní zdroj magnetizačního proudu, což s sebou nese problémy se samotnou manipulací s tímto zařízením v provozované koleji a taktéž problémy týkající se zajištění napájení tohoto zařízení, protože zhlaví nejsou standardně vybavena stojany s přívodem elektřiny. Dále je nutné vzít v úvahu i velikost magnetizačního přípravku a zajištění dostatečného prostoru pro jeho vložení. K vyhodnocování se používá fosforeskující prášek, což je spojeno s tím, že pro vyhodnocování musí být zajištěno pouze minimální osvětlení, což může být přes den problém. Existují i prášky pro vyhodnocování za denního světla, ale práce je s nimi složitější.
- kapilární (penetrační) zkouška:
 - předmětem zájmu by byla část háku, kde dochází ke změně průřezu. Je nutné zajistit suchý a očištěný povrch, na který se nanáší kontrastní (fluorescenční) tekutina, přičemž těchto podmínek nemusí být v provozu vždy dosaženo. I přes jednoduchost této metody je nutné počítat s její větší časovou náročností, která se počítá v řádech desítek minut na jedno zkoušené místo. Ke správnému hodnocení je rovněž nutné zajistit dostatečné osvětlení. Po nanesení vývojky je pro správné hodnocení nutné, aby byla po celou dobu vyhodnocování předmětná plocha vizuálně sledována, proto není v tuto dobu možné výhybku přestavovat ani přes ní dovolit jízdu vozidel.

Z uvedeného plyne, že čistě technicky je možné kontroly těchto prvků v provozu provádět některou z výše uvedených metod, nicméně v praxi má každá z nich určitá omezení nebo nevýhody, se kterými je nutné počítat a které významně snižují jejich použitelnost.

Dále se nabízí k předcházení úplného lomu předmětného prvku upravit závěrové háky takovým způsobem, aby měly lepší vlastnosti týkající se únavové životnosti a lépe odolávaly i nestandardnímu zatížení v provozu.

Pro posouzení možností vlivu teoretických změn geometrie závěrového háku použitého u pravého vnitřního ohnutého jazyka v čelistovém závěru výhybky č. 169a a souvisejících změn materiálu a technologie výroby byl zadán výpočet, který se touto problematikou zabýval. Výsledky byly shrnuty v dokumentu Technická zpráva 2, který byl z důvodu přehlednosti rozdělen na dvě části.

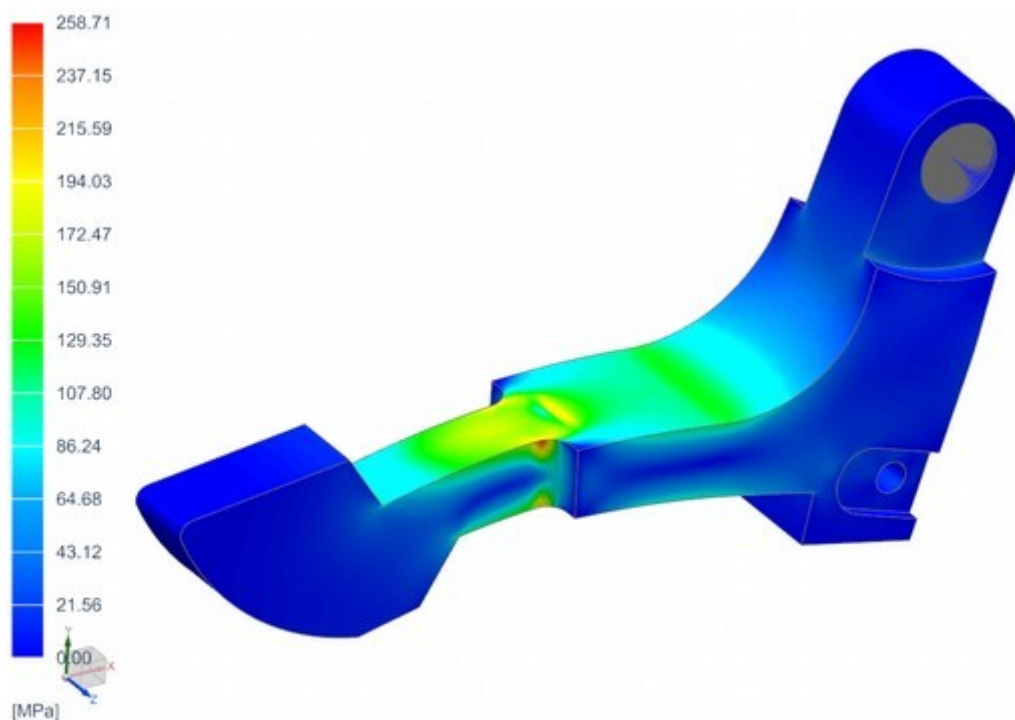
V první části byl proveden výpočet namáhání závěrového háku použitého u pravého vnitřního ohnutého jazyka v čelistovém závěru výhybky č. 169a, a to při zatížení silou na funkční plochu háku, kdy síla 13 kN působí kolmo na opěrnou plochu háku (viz červené šipky na Obr. č. 26).



Obr. č. 26: Okrajové podmínky a směr působení síly

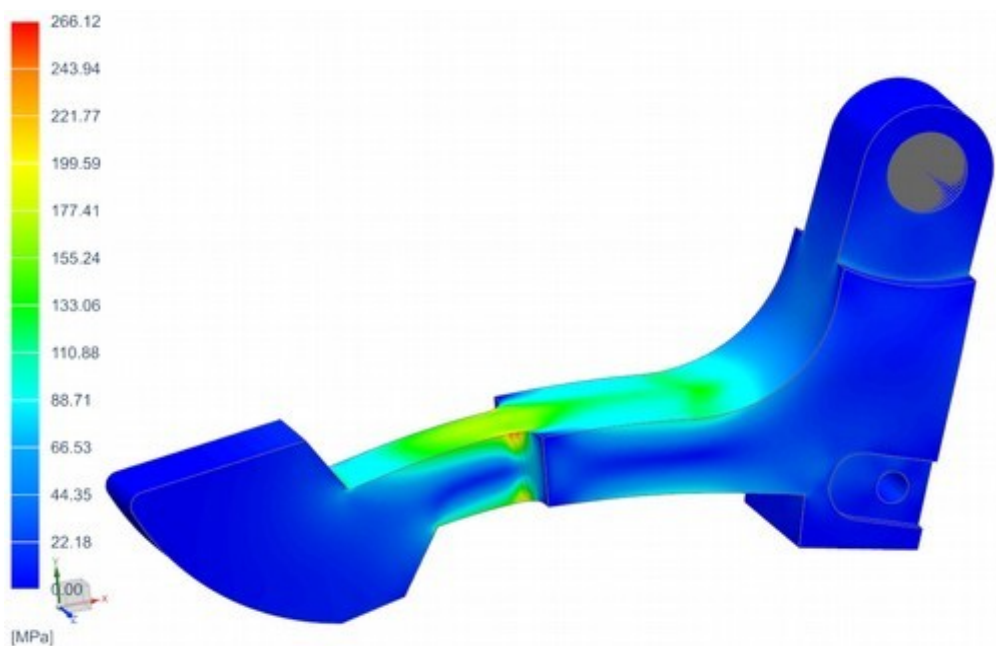
Zdroj: DI

Tato tzv. „původní geometrie“ závěrového háku vykazovala maximální napětí 296 MPa (viz také Obr. č. 22). Následně byla provedena jednoduchá úprava tzv. „původní geometrie“ závěrového háku použitého u pravého vnitřního ohnutého jazyka v čelistovém závěru výhybky č. 169a, a to ve 4 variantách, kdy:



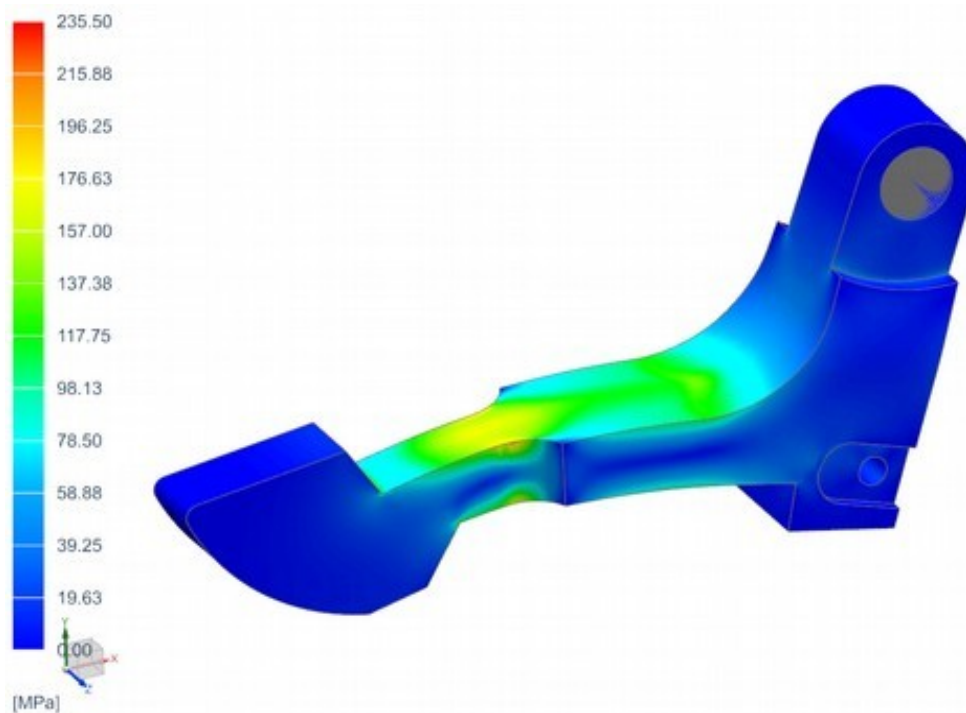
Obr. č. 27: Přesun vrubu z oblasti maximálního ohybu – průběh napětí [MPa] Zdroj: DI

- první variantou byl přesun vrubu umístěného na horní ploše závěrového háku. Ten byl posunut z úzké části závěrového háku do široké, tak aby vrub nebyl v místě namáhaném maximálním ohybem. Přesunem vrubu z oblasti maximálního ohybu dojde ke snížení maximálního napětí na hodnotu 259 MPa (viz Obr. č. 27). To znamená pokles o 12,5 % oproti původnímu řešení;



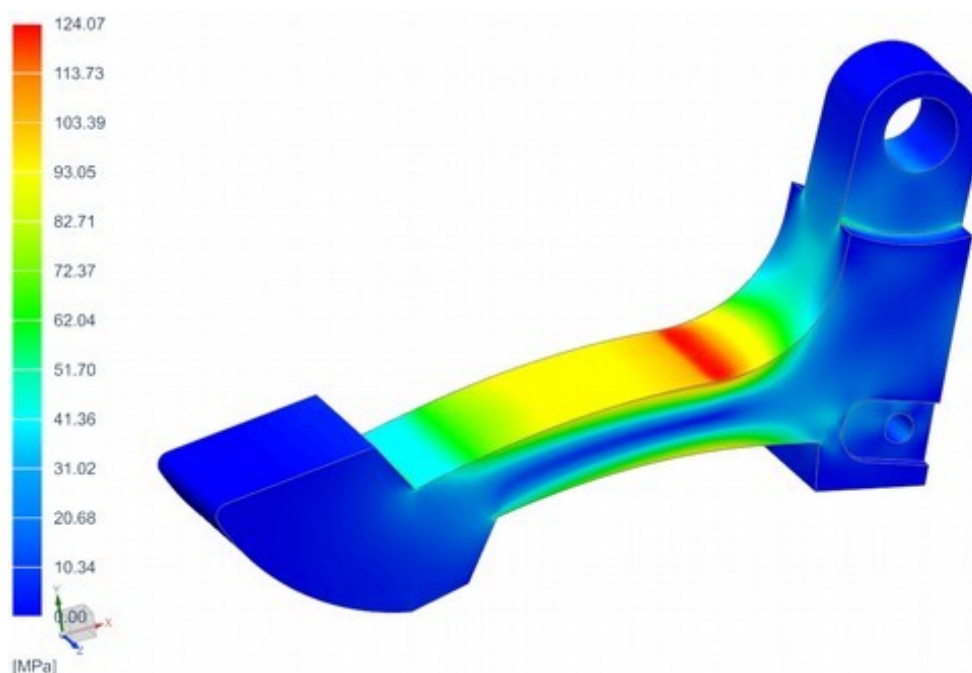
Obr. č. 28: Odstranění vrubu a protažení související plochy – průběh napětí [MPa]
Zdroj: DI

- druhou variantou bylo celkové protažení zešikmené plochy na horní ploše háku tak, aby vrub byl úplně odstraněn. Úplným odstraněním vrubu dojde ke snížení maximálního napětí na hodnotu 266 MPa (viz Obr. č. 28). Jedná se o snížení o 11 % oproti původnímu řešení. V rámci výpočtu bylo zjištěno, že tato a předchozí varianta nemají větší rozdíly (rozdíl je pouze v rámci nepřesnosti výpočtu a průběh napětí je naprosto totožný). Následně budou tyto dvě varianty sjednoceny do jedné nazvané „posun vrubu“;



Obr. č. 29: Odstranění vrubu spolu se zvětšením rádiusu z R8 na R20 – průběh napětí [MPa]
Zdroj: DI

- třetí variantou bylo celkové protažení zešikmené plochy na horní ploše háku tak, aby vrub byl úplně odstraněn (výpočty bylo zjištěno, že stačí posun vrubu přes kritický průřez, další posun již nemá význam), a zvětšením bočního rádiusu zaoblených částí z poloměru 8 mm na poloměr 20 mm. Těmito změnami dojde ke snížení maximálního napětí na 235 MPa (viz Obr. č. 29). To znamená pokles o 21 % oproti původnímu řešení. Následně bude tato varianta označena jako „větší R“;



Obr. č. 30: Zvětšení tloušťky na konstantních 65 mm – průběh napětí [MPa]
Zdroj: DI

- čtvrtou variantou bylo zvětšení tloušťky závěrového háku na konstantních 65 mm. Těmito změnami dojde ke snížení maximálního napětí na 124 MPa (viz Obr. č. 30). To znamená pokles o 58 % oproti původnímu řešení.

V druhé části byla vypracována teoretická studie mapující vliv zvoleného materiálu a technologie výroby na životnost předmětného závěrového háku. Zejména byly srovnány dvě varianty materiálů: odlitek dle „ČSN 42 2712“ a výkovek „13240.6 dle ČSN 41 3240“, přičemž zátěžový stav byl stejný, jako v předcházející části (viz Obr. č. 26). Z dokumentu Technická zpráva 2 vyplývá:

„... Pro orientační výpočty byly vygenerovány konzervativní syntetické SN křivky. SN křivka či také Wöhlerova křivka je grafické znázornění únavových dat. Představuje vztah mezi únavovou životností a aplikovanou amplitudou napětí při harmonickém zatěžování.

...

Zkušební vzorky zkoušené v laboratoři vykazují bezpečné napětí, pod kterým nedochází k selhání. Tato hodnota se nazývá mez únavy a pro různé materiály se pohybuje od 10^6 do 10^7 cyklů. Software nCode pracuje se smluvní mezí únavy 10^6 cyklů, pro počet cyklů větší než 10^6 dochází konzervativně jen ke snížení sklonu SN křivky. Základní mez únavy a SN křivka materiálu odpovídá zkušebnímu vzorku, který je připraven v souladu s normou ČSN 42 0363 Zkoušky únavy kovů – metodika zkoušení. Tato norma určuje jak geometrii, tak kvalitu povrchu zkušebnímu vzorku (leštění, požadovaná drsnost $R_a = 0,2$). Se zhoršující se kvalitou opracování povrchu součásti se snižuje mez únavy reálného tělesa. V mikrovrubech vzniká lokální koncentrace napětí, čímž se zvyšuje pravděpodobnost iniciace únavové trhliny.

...

Vliv snížené kvality povrchu oproti leštěnému vzorku se zvyšuje se zvyšující se

pevností materiálu. Mez únavy tělesa s jiným než leštěným povrchem se získá vynásobením meze únavy SN křivky leštěného vzorku faktorem „ η_p “.

...

Snížení meze únavy broušením a obráběním souvisí především s drsností povrchu a zbytkovým pnutím. U odlitků a výkovků se navíc přidává vliv změny v mikrostruktuře a chemickém složení, což dále snižuje pevnost povrchových vrstev.

Tab. 1 Vliv kvality povrchu na smluvní mez únavy

Materiál	Odlitek (ČSN 42 2712)	Výkovek (13240.6)
Minimální mez pevnosti R_m	500 MPa	690 MPa
Mez únavy		
Leštěný povrch	179 MPa	246 MPa
Povrch odlitku	142 MPa	X
Povrch výkovku	X	179 MPa
Povrch po obrábění	147 MPa	188 MPa

Vliv na smluvní mez únavy (únavovou pevnost pro 10^6 zatěžných cyklů) je zpracován v Tab. 1. Dle výstupů z výpočetního software nCode dojde změnou technologie výroby výhybkového závěrového háku z odlitku ČSN 42 2712 na výkovek z materiálu 13240.6 ke zvýšení smluvní meze únavy ze 142 MPa na 179 MPa. ...“.

Pro výše uvedený zatěžný stav (viz Obr. č. 26) byly v dokumentu Technická zpráva 2 provedeny výpočty životnosti a výpočty koeficientu bezpečnosti pro tři vybrané geometrie závěrového háku. Koeficient bezpečnosti udává poměr mezi vypočteným napětím a smluvní mezí únavy. Jedná se tedy o jinou hodnotu, než která je uvedena v podkladech od výrobce, kde je uvedena bezpečnost vůči mezi kluzu a mezi pevnosti. Životnost udává, kolikrát může teoreticky výše uvedený zatěžný stav nastat, než dojde k iniciaci tzv. „makrotrhliny“. Výsledky shrnuje následující tabulka.

Geometrie	Odlitek (ČSN 42 2712)		Výkovek (13240.6)	
	Koeficient bezpečnosti	Životnost	Koeficient bezpečnosti	Životnost
„Původní geometrie“	0,89	223 000 cyklů	1,22	2 866 000 cyklů
„Posun vrubu“	0,91	289 000 cyklů	1,24	4 967 000 cyklů
„Větší R“	1,16	8 246 000 cyklů	1,56	$5 \cdot 10^8$ cyklů

Obecně lze říci, že konstrukce, které jsou namáhané časově proměnlivým zatěžováním, je třeba navrhovat na únavovou životnost. Pro součásti, u nichž se nepředpokládá jejich výměna během projektované životnosti, se využívá dimenzování vůči smluvní mezi únavy. To znamená, že odezva maximální provozní zatěžování působící na konstrukci musí být nižší než přípustné napětí.

Lze tedy uzavřít, že u závěrového háku použitého u pravého vnitřního ohnutého jazyka v čelistovém výměnovém závěru výhybky č. 169a lze docílit zlepšení jeho únavové životnosti, a to kombinací změn jeho geometrie, změn materiálu a technologie výroby.

Nicméně pro konkrétní řešení je nutné provést důkladné komplexní posouzení a vyhodnocení všech hlavních faktorů, majících vliv na únavovou pevnost a životnost, a to při respektování všech omezujících podmínek.

4.3 Závěry

4.3.1 Přímé a bezprostřední příčiny mimořádné události, včetně faktorů, které k ní přispěly, a které souvisely s jednáním zúčastněných osob nebo se stavem drážních vozidel nebo technických zařízení

Bezprostřední příčinou mimořádné události byl:

- lom závěrového háku a odlehnutí nezapevněného jazyka výhybky č. 169a od opornice za jízdy vlaku Sv 10220 (tzv. „vidlicová jízda“).

Přispívající faktor mimořádné události:

- nebyl Drážní inspekci zjištěn.

4.3.2 Zásadní příčiny související s kvalifikací, postupy a údržbou

Zásadními příčinami mimořádné události byly:

- vznik a postupný rozvoj dílčích únavových trhlin v místě snížení nosného průřezu závěrového háku čelistového výměnového závěru, zapříčiněných konstrukčními vruby a strukturními nehomogenitami, vedoucí až k úplnému lomu, a to při dlouhodobém nestandardním a proměnlivém působení vnějších sil na závěrový hák čelistového výměnového závěru;
- dlouhodobé nestandardní a proměnlivé působení součástí výhybky na prvky čelistového výměnového závěru výhybky č. 169a, a to při intenzivním provozním zatížení jízdou drážních vozidel;
- nezjištění únavových trhlin prohlídkami prováděnými podle postupů provozovatele dráhy.

4.3.3 Příčiny mající původ v právním rámci a v používání systému zajišťování bezpečnosti

Příčina v systému bezpečnosti:

- nebyla Drážní inspekci zjištěna.

4.4 Doplnující zjištění

4.4.1 Nedostatky a opomenutí zjištěné během šetření, které se nevztahují k závěrům o příčinách

U provozovatele dráhy SŽDC:

- v návaznosti na ustanovení čl. 19 vnitřního předpisu SŽDC S2/3 a § 25 odst. 16 vyhlášky č. 177/1995 Sb. je nedodržením § 22 odst. 1 písm. a) zákona č. 266/1994 Sb., kdy byly nesprávně či nedostatečně zapisovány a vyhodnocovány hodnoty parametrů Xa, šířka žlábků přídržnice, L, A, šířka žlábků srdcovky, které byly na výhybce č. 169a měřeny;
- v návaznosti na ustanovení čl. 72 vnitřního předpisu SŽDC (ČSD) T121 došlo k překročení požadované přídržné síly (7 kN s tolerancí 15 %) u výhybky č. 169a o 0,2 kN, a to u polohy výhybky „+“;
- v návaznosti na ustanovení čl. 6.1 Směrnice SŽDC č. 67 a § 2 odst. 1 vyhlášky č. 376/2006 Sb. je nedodržením § 22 odst. 2 písm. d) zákona č. 266/1994 Sb., kdy výrobek podléhající systému podle této směrnice, tedy čelistový výměnový závěr pro křížovatkové výhybky, byl používán, i když přípustnost jeho použití nebyla schválena pověřeným útvarem.

5 PŘIJATÁ OPATŘENÍ

5.1 Seznam opatření, která byla v důsledku mimořádné události již učiněna nebo přijata

Provozovatel dráhy SŽDC vydal po vzniku MU následující opatření:

Z dopisu „Informace pro šetření mimořádné události“, č. j. 45533/2019-SŽDC-GŘ-O13, ze dne 30. 7. 2019 vyplývá:

„V současné době dochází k novelizaci TPD AŽD – 349, se kterou je spojena i tvorba samostatných TPD pro čelistové závěry křížovatkových výhybek. Proces novelizace a tvorby TPD se nyní nachází ve fázi připomínkového řízení a předpokládaný termín schválení příslušných TPD je do konce roku 2019.“

Z dokumentu „Vyhodnocení příčin a okolností vzniku mimořádné události“, č. j. S46023/2018-SŽDC-GŘ-O18, ze dne 25. 2. 2019 vyplývá:

„... 2. S příčinou, okolnostmi vzniku a odpovědností za vznik mimořádné události budou seznámeni všichni vedoucí zaměstnanci OŘ Praha. ...

3. S příčinou, okolnostmi vzniku a odpovědností za vznik mimořádné události budou seznámeni všichni vedoucí provozní zaměstnanci a zaměstnanci údržby správ tratí a správ sdělovací a zabezpečovací techniky v obvodu OŘ Praha ...

4. SŽDC O13 zahájí jednání s výrobcem čelistových závěrů o možnosti zvýšení a zajištění kvality předmětných závěrových háků primárně změnou materiálu, případně zpřísněním kontroly vstupního materiálu a výstupní kontroly výroby. ...“

Dopravce nepřijal a nevydal žádná opatření.

6 BEZPEČNOSTNÍ DOPORUČENÍ

Drážní inspekce na základě ustanovení § 53e odst. 1 zákona č. 266/1994 Sb. doporučuje s ohledem na předcházení mimořádným událostem:

Drážnímu úřadu:

- v rámci své činnosti jako národního bezpečnostního orgánu provést prověření celkového technického stavu výhybky č. 169a v žst. Kolín a technického stavu souvisejícího čelistového výměnového závěru, kde byl zjištěn zjevný nestandardní dotyk závěrového háku s patou opornice, a tento stav dále řešit s provozovatelem výhybky a výrobcí předmětných zařízení.
- v rámci své činnosti jako národního bezpečnostního orgánu přijetí opatření, které zajistí u provozovatele dráhy SŽDC aby:
 1. jím bylo vždy před zavedením nových prvků výhybkových konstrukcí a výměnových závěrů, na kterých přímo závisí bezpečnost drážní dopravy, do provozu vyžadováno od jejich výrobců mimo jiné provedení komplexního posouzení a vyhodnocení všech hlavních faktorů majících vliv na únavovou pevnost a životnost (například materiál, povrch, tvar, technologie, provozní zatížení a podmínky atd.), a to pomocí pokročilých analytických a numerických metod a modelování, při kterém bude vybráno takové řešení daného prvku, které by mělo nejlepší hodnocení z hlediska únavových vlastností (například konstruování na trvalou pevnost), a to za podmínky, že výběru tohoto řešení nebudou bránit jiné technické a konstrukční parametry, problémy a omezení;
 2. v případě, že budou nově montovány čelistové výměnové závěry u křižovatkových výhybek a PHS, byly použity u vnitřních jazyků křižovatkových výhybek a typově podobných závěrových háků používaných v čelistových výměnových závěrech pro PHS už jen závěrové háky konstrukčně upravené dle předchozího bodu, kdy u nich bude docíleno zlepšení jejich parametrů z hlediska únavových vlastností;
 3. byla provedena jednorázová kontrola všech křižovatkových výhybek a PHS s čelistovými závěry (cca 122 ks), která bude zaměřena na stav závěrových háků používaných u vnitřních jazyků křižovatkových výhybek a typově podobných závěrových háků používaných v čelistových výměnových závěrech pro PHS, kdy bude minimálně vizuálně zkontrolována vrchní stěna těchto závěrových háků, zda se na ní nenachází trhliny a zároveň bude zkontrolováno, zda předmětné závěrové háky nejsou viditelně násilně poškozeny. V případě, že budou při jednorázové kontrole zjištěny jakékoliv závěrové háky s trhlinami, tak je nutné zajistit bezpečnost na daném místě;
 4. na základě vyhodnocení a výsledků jednorázové kontroly dle předchozího bodu zajistil výměnu násilně poškozených závěrových háků používaných u vnitřních jazyků křižovatkových výhybek a typově podobných závěrových háků používaných v čelistových výměnových závěrech pro pohyblivé hroty srdcovek, a to za závěrové háky konstrukčně upravené dle bodu 1 (kdy u nich bude docíleno zlepšení jejich parametrů z hlediska únavových vlastností), a to přednostně ve výhybkách, které jsou provozně silně zatížené a je přes ně dovolena jízda drážních vozidel vyšší rychlostí;

5. na základě vyhodnocení a výsledků jednorázové kontroly dle bodu 3 zvážil případné doplnění nastaveného systému kontrol výhybek a výměnových závěrů, případně zvážit (zvláště s ohledem k jejich plánované životnosti) výměnu do této doby použitých závěrových háků u vnitřních jazyků křížovatkových výhybek a typově podobných závěrových háků používaných v čelistových výměnových závěrech pro PHS, a to za závěrové háky konstrukčně upravené dle bodu 1 (kdy u nich bude docíleno zlepšení jejich parametrů z hlediska únavových vlastností);
- přijetí vlastního opatření směřujícího k realizaci výše uvedených bezpečnostních doporučení i u ostatních provozovatelů drah v České republice.

Smyslem výše uvedeného bezpečnostního doporučení je systémově zajistit, aby při konstrukci prvků, na kterých přímo závisí bezpečnost drážní dopravy, byly pomocí pokročilých analytických a numerických metod vždy mimo jiné komplexně posouzeny a vyhodnoceny hlavní faktory mající vliv na únavovou pevnost a životnost. Následně by mělo být vybráno řešení, které bude mít nejlepší hodnocení z hlediska únavových vlastností, a to za podmínky zohlednění technických a konstrukčních parametrů, omezení a problémů, tak aby toto řešení bylo také realizovatelné v praxi. Konstruktor daného prvku by se tak neměl spokojit pouze s řešením, které dostačuje předpokládanému zatížení, ale měl by hledat přijatelné cesty, aby co nejvíce zlepšil parametry výrobku z hlediska únavových vlastností, tak aby daný prvek odolal i nestandardnímu zatížení. Cílem tak je zajistit maximální bezpečnost provozování dráhy a drážní dopravy, resp. zabránit vzniku obdobných mimořádných událostí.

Dalším smyslem výše uvedeného bezpečnostního doporučení je jednorázové řešení bezpečnosti u výhybky č. 169 v žst. Kolín, a s tím související případné zjištění a odstranění nestandardního stavu předmětné výhybky.

Dále je jím také řešeno jednorázové prověření a zajištění bezpečnosti na obdobných výhybkách a PHS v síti provozovatele dráhy, tj. prověření skutečného technického stavu obdobných závěrových háků, protože se na nich mohou vyskytnout závady (trhliny, stopy po násilné manipulaci), které nejsou přímo zjištělné v rámci běžných kontrol, ale které mohou za určitých okolností vést ke vzniku obdobné mimořádné události.

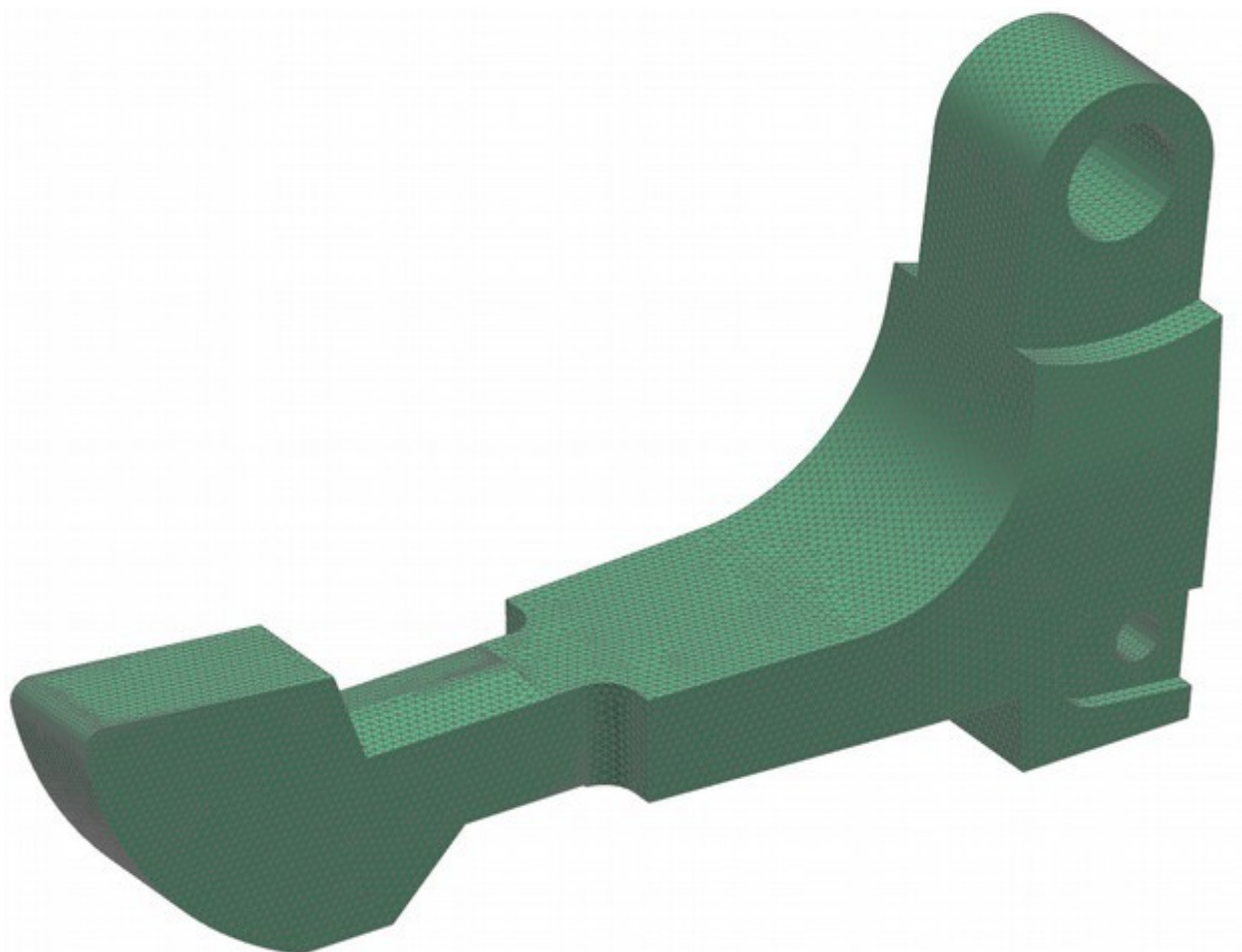
V poslední řadě také stanovuje, že pokud budou na křížovatkových výhybkách nebo PHS nově montovány čelistové výměnové závěry, tak by v nich již měly být použity závěrové háky upravené konstrukce.

V Praze dne 25. listopadu 2019

Ing. Michal Sívek v. r.
inspektor
Územního inspektorátu Brno

Bc. Josef Dvořák v. r.
ředitel
Územního inspektorátu Brno

7 PŘÍLOHY



Obr. č. 31: Grafické znázornění sítě pro tzv. „metodou konečných prvků (MKP)“

Zdroj: DI

Příloha č. 2

Výňatek textu z dokumentu Odborný posudek (kdy pro zjednodušení a přehlednost jsou následující obrázky převzaty s původními popisky a číslováním), kdy z něj mimo jiné vyplývá:

„... 2.1.1. Hák 169a1 vnější

Hák prohlédnut v dodaném stavu. Na jeho povrchu vrstva pevně ulpívajících, černě zbarvených nečistot (obr.1). Následně hák vyprán v benzinovém čističi a prohlídka jeho stavu opakována. Vizuální prohlídkou nebyly nalezeny žádné trhliny nebo deformace (obr. 2, 3, 4). Barva povrchu háku celistvě pokrývá (kromě oblastí ve styku se závěrovou tyčí), místně je odloupenuta. Na celém povrchu a v kritickém zúženém místě (obr. 5, 6) nebyl zaznamenán žádný opal barvy nebo porušení celistvosti nátěru působením tepla. Funkční plochy háku (obr. 7, 8, 9) nesou stopy používání, opotřebení je zanedbatelné, poškození funkčních ploch nebo trhliny nebyly nalezeny. Ze zúženého místa krčku háku byl vyříznut výřez a vypracován metalografický výbrus z plochy dle obr. 5 a 6. Na ploše metalografického výbrusu z kritické oblasti nebyly nalezeny žádné trhliny nebo významnější povrchové vady. Použitý materiál je jakostní tvářená ocel s velmi dobrou mikročistotou (obr. 10). Hák je vyroben jako výkovek s následným tepelným zpracováním (zušlechťením). Mikrostruktura sorbit (obr. 11, 12), tvrdost 230 HV (218 HB).

2.1.2. Hák 169a1 vnitřní

Hák prohlédnut v dodaném stavu. Na jeho povrchu vrstva pevně ulpívajících, černě zbarvených nečistot (obr. 1, 2). Následně hák vyprán v benzinovém čističi a prohlídka jeho stavu opakována. Vizuální prohlídkou nebyly nalezeny žádné trhliny nebo deformace (obr. 3, 4, 5). Barva povrchu háku celistvě pokrývá (kromě oblastí ve styku se závěrovou tyčí), místně je odloupenuta. Na celém povrchu a v kritickém zúženém místě (obr. 3, 4, 5) nebyl zaznamenán žádný opal barvy nebo porušení celistvosti nátěru působením tepla. Funkční plochy háku (obr. 6, 7, 8) nesou stopy používání, rýhy, záděra, záseky, zaoblení a vyhlazení povrchu, výrazné poškození ploch nebo trhliny nebyly nalezeny. Ze zúženého místa krčku háku byl vyříznut výřez a vypracován metalografický výbrus z plochy vyznačené na obr. 4. Na ploše metalografického výbrusu z kritické oblasti nebyly nalezeny žádné trhliny, výskyt povrchových vad v místě řezu do hloubky cca 1 mm (obr. 9). Hák je vyroben jako odlitek s následným tepelným zpracováním (normalizačně žíhán). Mikrostruktura ferit – perlit (obr. 12), tvrdost 154 HV (147 HB). Mikročistota a vnitřní vady odpovídají technologii výroby odléváním. Vyskytují se shluky drobných vměstků a dutin (obr. 10, 11). ...

2.2.1. Hák XX

Funkční část háku odlomena v místě zúžení (obr. 1). Těleso háku označeno jako část 1, zavírací část označena jako část 2. Barevný nátěr tělesa části 1 a v okolí lomu je celistvý, v těsné blízkosti lomové plochy odloupenutý a nenese znaky tepelného ovlivnění (obr. 2, 3). Lomová plocha části 1 ukazuje na lom náhlý, bez viditelných růstových čar (obr. 4).

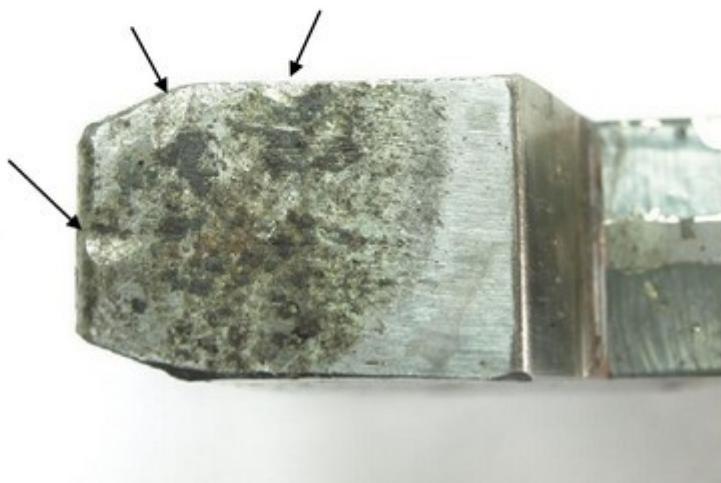


Čelistový výměnový závěr,
označení XX

Část 1

Lomová plocha hrubá, matná, bez
výrazných čar únavového šíření.

Obr.4



Čelistový výměnový závěr,
označení XX

Část 2

Horní plocha závěrného háku –
stopy po rázech kladivem.

Obr.5

Funkční plochy háku na části 2 se záděry, záseky a vyhlazením tvaru (obr. 5, 6, 7). V blízkosti lomu je horní plocha háku nárazem plasticky deformována (obr. 8). Horní okraj lomu bez známek plastické deformace (obr. 9) na spodním okraji lomové plochy mírná plastická deformace (obr. 11). Barevný nátěr háku části 2 je celistvý, v těsné blízkosti lomové plochy odloupený a nenese znaky tepelného ovlivnění (obr. 8, 10). Lomová plocha části 2 ukazuje na lom náhlý, bez viditelných růstových čar. Podle mírného oxidačního zabarvení okraje horní části lomu je možné tuto oblast považovat za iniciační (obr. 12, 13). Hrubší lom ve spodní části je oblast dolomení (obr. 14). ...

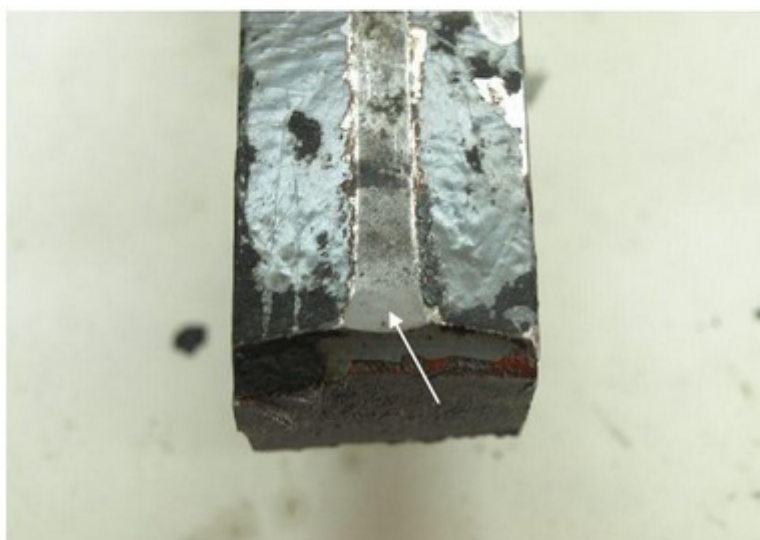


Čelistový výměnový závěr,
označení XX

Část 2

Spodní plocha závěrného háku –
plastická deformace hrany a
vyhlazení povrchu od styku se
závěrovou tyčí.

Obr.7



Čelistový výměnový závěr,
označení XX

Část 2

Okolí lomové plochy vrchní části
závěrného háku – otlačení
s plastickou deformací v těsné
blízkosti lomu, barva na povrchu
beze stop tepelného ovlivnění.

Obr.8



Tmavěji zabarvená primární
oblast lomu

Čelistový výměnový závěr,
označení XX

Část 2

Lomová plocha – primární oblast
lomové plochy tmavěji zabarvena
oxidy, bez viditelných únavových
čar šíření lomu.

Obr.12

2.2.2. Hák YY

Funkční část háku odlomena v místě zúžení (obr. 1). Těleso háku označeno jako část 1, odlomená zavírací část označena jako část 2. Barevný nátěr tělesa části 1 a v okolí lomu je celistvý, v těsné blízkosti lomové plochy odloupený s korozí a nenese znaky tepelného ovlivnění (obr. 2, 3). Lomová plocha části 1 ukazuje na lom náhlý, bez viditelných růstových čar (obr. 4).

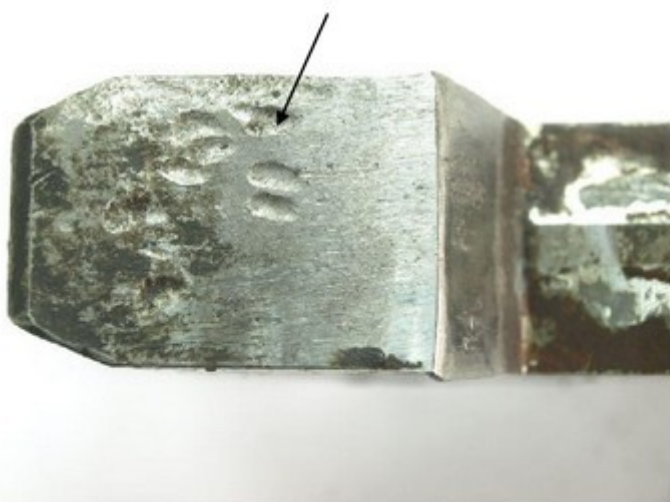


Čelistový výměnový závěr,
označení YY

Část 1

Lomová plocha hrubá, matná, bez
výrazných čar únavového šíření.

Obr.4



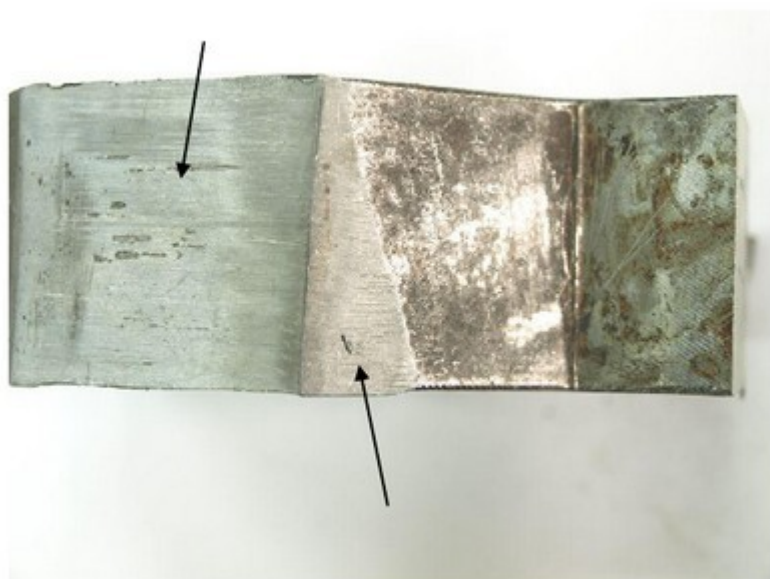
Čelistový výměnový závěr,
označení YY

Část 2

Horní plocha závěrného háku –
stopy po rázech kladivem.

Obr.5

Funkční plochy háku na části 2 se záděry, záseky a opotřebením tvaru (obr. 5, 6, 7). V blízkosti lomu je horní plocha háku nárazem plasticky deformována (obr. 8). Horní okraj lomu bez známek plastické deformace (obr. 9) na spodním okraji lomové plochy mírná plastická deformace (obr. 11). Barevný nátěr háku části 2 je celistvý, v těsné blízkosti lomové plochy a na spodní straně odloupený a nenese znaky tepelného ovlivnění (obr. 8, 10). ...



Čelistový výměnový závěr,
označení YY

Část 2

Spodní plocha závěrného háku –
výrazná plastická deformace
hrany a záděry na povrchu
vyhlazeném od styku se
závěrovou tyčí.

Obr.7



Čelistový výměnový závěr,
označení YY

Část 2

Okolí lomové plochy vrchní části
závěrného háku – otlačení
s plastickou deformací v těsné
blízkosti lomu, barva na povrchu
beze stop tepelného ovlivnění.

Obr.8



Čelistový výměnový závěr,
označení YY

Část 2

Lomová plocha – primární oblast
lomové plochy tmavěji zabarvena
oxidy, bez viditelných únavových
čar šíření lomu.

Ve spodní části lomové plochy
změna v pruzích změna vzhledu
lomu.

Obr.12

3. Odpovědi na otázky zadavatele

3.1. Zavírací háky skupiny č.1

1. Určit, zda se v použitém materiálu háku nenacházejí trhliny.

Trhliny vzniklé za provozu nebyly nalezeny na povrchu žádného z háků. Povrchová vada zjištěná v oblasti kritického místa háku 171b2 nebyla v tomto případě v místě řezu iniciačním místem trhliny, i když byl hák namáhán ohnutý.

2. Určit, zda došlo v minulosti k násilnému mechanickému poškození (popsat, určit stáří a mechanismus vzniku).

Na povrchu horní plochy funkční části všech háků jsou různě velké záseky. Některé tvarem odpovídají rázům od kladiva, jiné mají tvar pruhů směřovaných kolmo na osu háku a pocházejí pravděpodobně od nárazů na spodní okraj kolejnice. Na ostatních plochách háků nebylo mechanické poškození povrchu nalezeno. Záseky odpovídající rázům od kladiva jsou viditelné na místech, které nejsou za provozu ve styku s ostatními částmi závěru, a proto je možné se domnívat, že vznikly při montáži háku. Ostatní záseky vznikly za provozu a není možné určit jejich stáří.

3. Určit, zda došlo v minulosti k tepelnému zahřátí v místě trhlín.

K tepelnému zahřátí háků nedošlo. Nejsou na žádném z háků stopy opalu nátěru. Při metalografickém zkoumání mikrostruktury nebylo zaznamenáno její tepelné ovlivnění.

4. Určit, zda došlo v minulosti k navaření materiálu v místě trhlín.

Na žádném z háků nebyly nalezeny žádné znaky navařování materiálu.

5. Popsat případná další zjištění.

Uvedeno v závěru.

3.2. Zavírací háky skupiny č. 2

1. Určit charakter lomové plochy a příčiny jejího vzniku.

Charakter lomové plochy je křehký transkrystalický s malými oblastmi tvárného nebo smíšeného lomu. Lomová plocha prochází strukturními vadami typu vměstků, porezity,

ředin. Trhlin v lomové ploše je značné množství a probíhají jak transkrystalicky, tak interkrystalicky. Ve všech případech procházejí vměstky nebo jinými strukturními vadami. Příčina vzniku lomu je u obou háků shodná a souvisí s existencí vnitřních vad (vměstky, materiálové nehomogenity) v kritickém průřezu v kombinaci s cyklickým ohybovým namáháním a povrchovou vadou sloužící jako koncentrátor napětí.

2. Určit iniciační místo lomu a případných dalších trhlin.

V obou případech (hák XX, YY) je lom iniciován na horní ploše háku v oblasti zúžení průřezu, kde byla nalezena pravděpodobná místa iniciace na povrchových vadách. Žádné další trhliny na povrchu obou háků v okolí lomu nebo jinde nebyly nalezeny. ...

4. Závěr

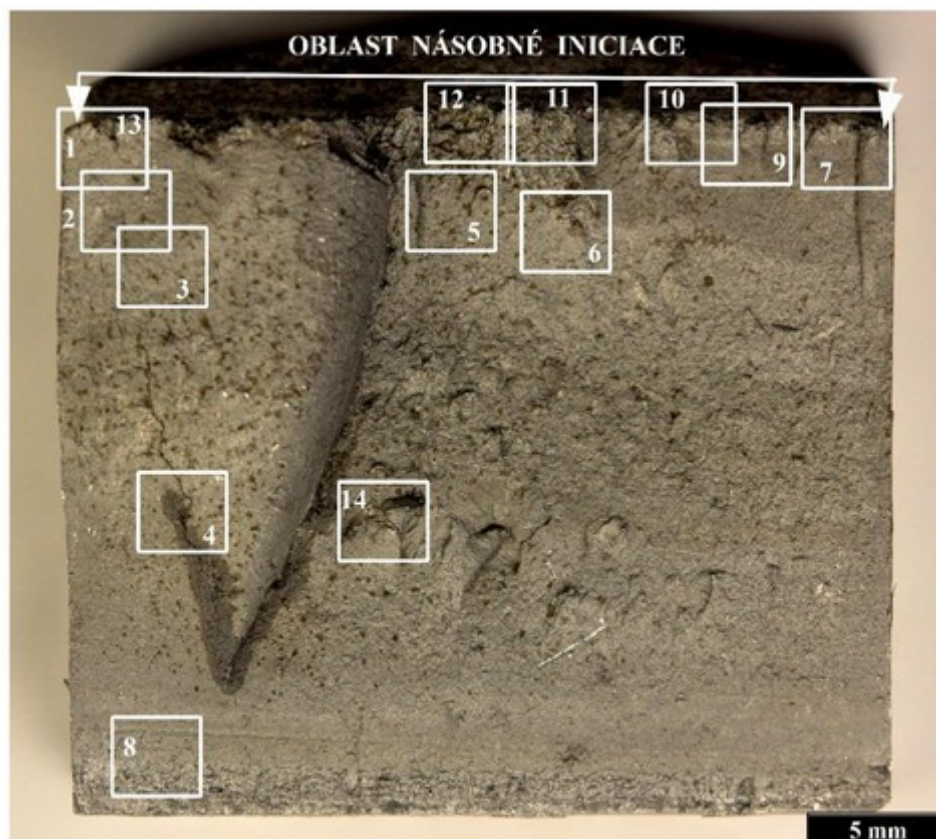
Z porovnání metalurgické kvality háku kovaného z tvářeného polotovaru (hák 169. vnější) a háků odlévaných (háky ostatní) jednoznačně vyplývá, že kovaný hák bude mít podstatně vyšší provozní odolnost. Metalurgická kvalita odlitků je všeobecně vždy nižší než výkovků kovaných z tvářených polotovarů. V materiálu odlitků je běžné větší množství vměstků a materiálových nehomogenit a tyto podstatně snižují množství energie potřebné k šíření trhliny. Vyšší provozní odolnost kovaného háku (hák 169. vnější) je také dána jeho tepelným zpracováním, materiál je po vykování zušlechťen, a proto je i výsledná tvrdost vyšší než háků odlévaných, které jsou tepelně zpracovány normalizačním žíháním. Vyšší tvrdost znamená i vyšší odolnost proti opotřebení funkčních ploch. Vyšší obsah rozpuštěných plynů, který je charakteristický pro ocelové odlitky ve srovnání s výkovkem z tvářeného polotovaru, má vliv i na odolnost proti postupnému snižování mechanických vlastností způsobené stárnutím a také na přechodovou křehkost, která může zvyšovat tranzitní teplotu do hodnot dosažitelných v zimních měsících. ... “.

Příloha č. 3

Výňatek textu z dokumentu Fraktografická analýza, kde byl dokument Odborný posudek označen jako podklad „[2]“ a dokument Metalografická zpráva označen jako podklad „[3]“ (kdy pro zjednodušení a přehlednost jsou následující obrázky převzaty s původními popisky a číslováním), kdy z něj vyplývá vyplývá:

„... 4. SHRNUÍ VÝSLEDKŮ

4.1 Fraktografický nález



Obr. 3 – Makroskopický charakter lomové plochy háku. Na snímku je vyznačena oblast násobné iniciace dílčích únavových trhlin (viz také obr. 2) a poloha oblastí, v kterých byla pořízena podrobná fotodokumentace.

Lomová plocha háku byla podrobně sledována světelným stereomikroskopem i řádkovacím elektronovým mikroskopem v rozsahu zvětšení 4x až 20 000x. Na základě tohoto pozorování a z rozboru pořízené fotodokumentace lze popsat proces porušování háku výhybky:

1) Makroskopický charakter sledovaného lomu je patrný z obr. 3, na povrchu lomu jsou zcela jasně zřetelné postupové čáry. Dále zřejmé, že lom je důsledkem vzniku a rozvoje řady dílčích únavových trhlin, které iniciovaly na horní stěně háku (viz také obr. 2).

2) Z mikromorfologického hlediska je lomová plocha charakterizována výskytem polí striací (viz snímky na obr. 4 až 7), které jsou základním fraktografickým znakem

únavového porušování.

3) K iniciaci dílčích únavových trhlin došlo na horní stěně háku v oblasti s výrazně zdeformovaným povrchem (patrně jde o důsledek tryskání či pískování odlitku – obr. 7 až 9). Původní povrch lomu v oblastech iniciace dílčích únavových trhlin (těsně pod horní stěnou háku) je jednak mechanicky poškozen, jednak je pokryt vrstvou korozních produktů.

4) Charakter morfologie nepoškozených částí lomu však prokazuje, že v této oblasti iniciovalo několik dílčích únavových trhlin, jejichž postupným rozvojem a propojováním došlo k porušení celého nosného průřezu háku. Pásmo přiléhající k horní stěně háku je značně členité, což je důsledkem toho, že dílčí únavové trhliny se šířily v různých rovinách a při jejich propojení vznikly na lomové ploše různě vysoké stupně. Nejvýrazněji jsou odděleny dílčí trhliny šířící se z (levé a pravé) hrany mezi horní a boční stěnou háku (obr. 3 a 7).

5) V oblastech iniciace byla lokálně nalezena pole striací. Jednotlivé striace však nebylo možné identifikovat.

6) V oblastech iniciace byly pozorovány fazety vytvořené interkrystalickou dekohezí (oddělení zrn bez plastické deformace – obr. 8a a obr. 9). Byl pozorován také interkrystalický lom, probíhající po hranicích perlitických zrn (mikromorfologie povrchu hranic je ovlivněna strukturou těchto zrn – obr. 10a).

7) Dále pak byl prokázán výskyt slévárenských vad (bublin, či staženin – obr. 9b).

8) Ve střední části průřezu háku byla na lomové ploše nalezena poměrně velká staženina (oblast 14 z obr. 3 – obr. 10b).

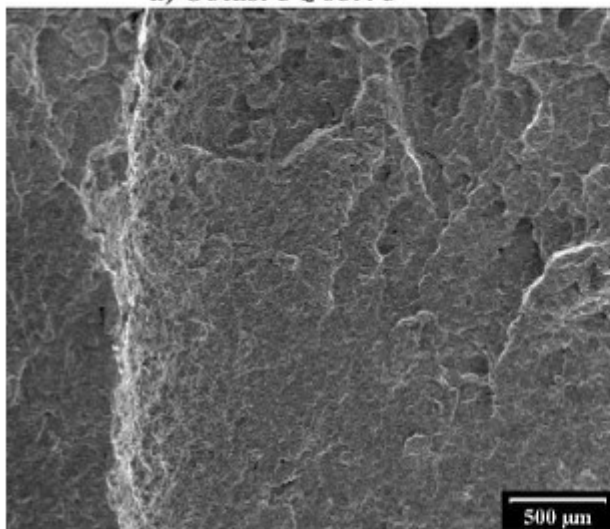
9) Na horní stěně háku (v blízkosti lomové plochy) byla nalezena řada mikrotrhlin, jejichž ústí jsou zhruba rovnoběžná s magistrální rovinou lomu (obr. 7 až 9).

10) Fraktografický nález dále prokázal, že na procesu únavového porušování se podílel rovněž tvárný důlkovitý lom. Na lomové ploše se lokálně vyskytují tvárné důlky (viz obr. 4 až 7). Tvárný charakter má rovněž mikromorfologie oblasti závěrečného dolomení zbytku nosného průřezu háku.

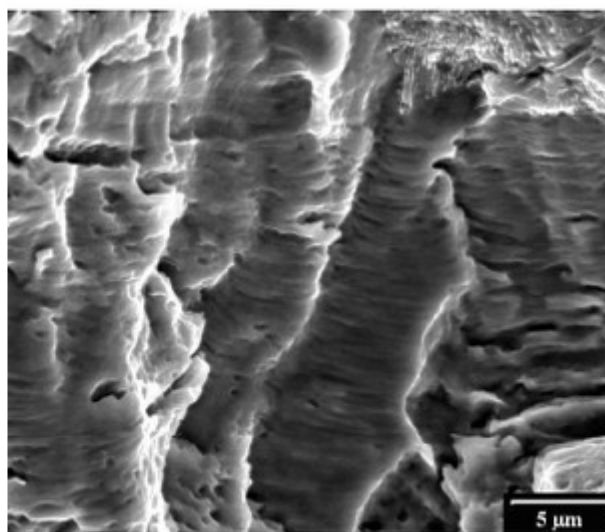
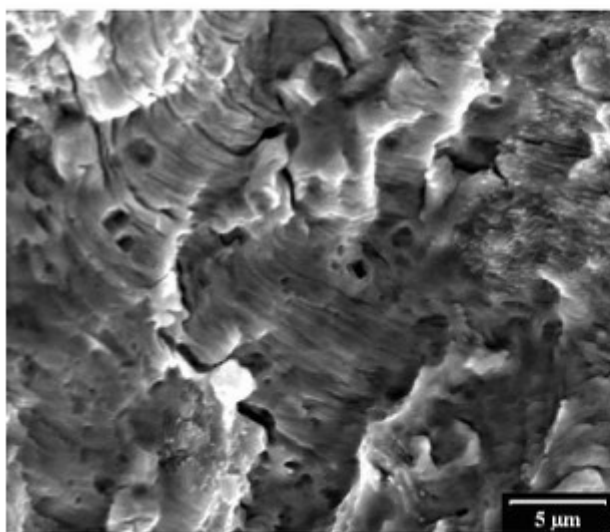
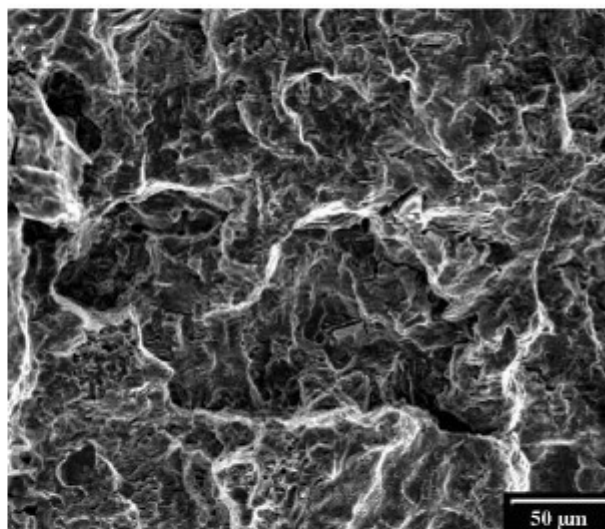
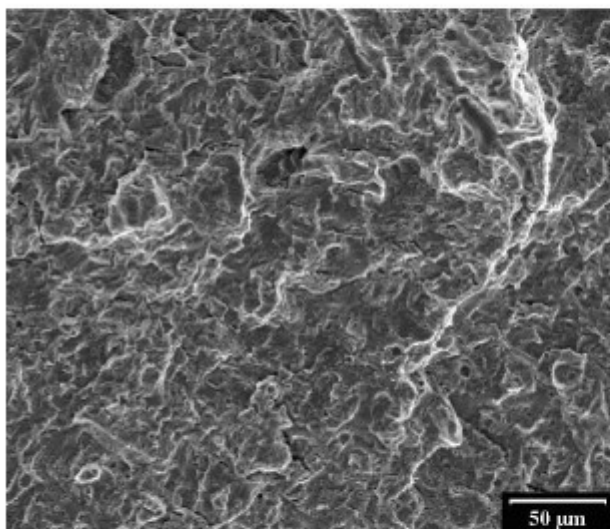
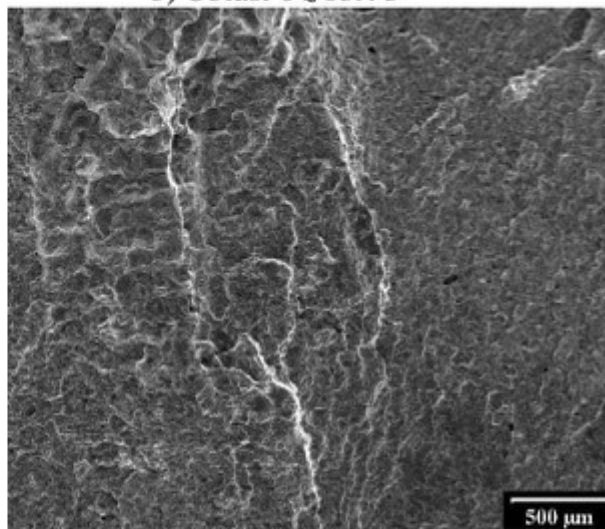
11) Rozvojem únavových trhlin bylo porušeno cca 93 % nosného průřezu háku.

...

a) Oblast 5 z obr. 3



b) Oblast 6 z obr. 3



Obr. 6 – Mikromorfologie únavového lomu.

...

5. SHRNUTÍ A DISKUSE VÝSLEDKŮ

Fraktografický nález byl doplněn orientačním metalografickým rozbohem. Kombinací těchto poznatků lze proces iniciace a rozvoje poruchy háku popsat takto:

Příčiny iniciace

- K iniciaci dílčích únavových trhlin došlo v oblasti výrazného snížení velikosti nosného průřezu háku. Změna nosného průřezu je výrazným konstrukčním vrubem, tj. místem, ve kterém dochází k nárůstu napětí vyvolaného vnějším zatížením při běžném provozu. Účinek snížení nosného průřezu je dále zesílen koncentrací napětí na hranách horní stěny háku.
- Povrch horní stěny háku odpovídá povrchu odlitku, tj. tento povrch byl čištěn (pískováním, či tryskáním). To vedlo jednak k protváření povrchových vrstev a ke vzniku defektů (např. obr. 8b a 11). Mikrostruktura materiálu háku těsně pod tímto povrchem je tvořena prakticky pouze feritickými zrnky. Hranice těchto zrn jsou v důsledku specifických podmínek tuhnutí výrazně oslabeny, a proto dochází k jejich dekohezi (oddělení - obr. 9). Při porušování lokálně se vyskytujících perlitických zrn dochází k obnažení perlitické mikrostruktury na jejich hranicích (srovnej obr. 10a a obr. 11).
- K iniciaci dílčích únavových trhlin došlo jednak na obou horních hranách háku, jednak na porušených strukturních vadách a nehomogenitách (obr. 4a, 7a, 9b, 10a).

Lze tedy konstatovat, že příčinou iniciace dílčích únavových trhlin na horní stěně háku byly jednak konstrukční vruby, jednak vruby tvořené strukturními nehomogenitami. Nelze vyloučit ani dílčí vliv koroze, která mohla dále oslabit hranice zrn.

Mechanismus porušování

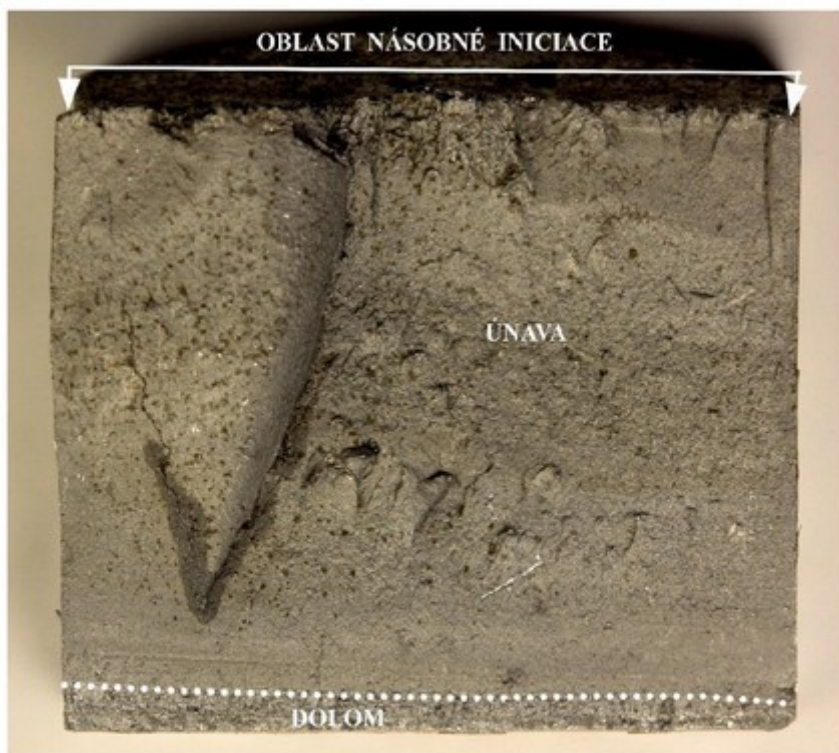
- Makroskopický charakter lomu vede k závěru, že únavové porušování háku je důsledkem cyklického ohybového zatěžování. Rovina ohybového momentu leží v rovině kolmé k rovině lomu a rovnoběžné s bočními stěnami háku.
- Průřez háku byl porušen transkrystalickým lomem, s výjimkou lokálních oblastí těsně pod horní stěnou porušených interkrystalickou dekohezí (oddělením) feritických zrn.
- Mikromorfologie převážné části lomu je charakterizována výskytem polí striací (viz snímky na obr. 4 až 7), které jsou základním fraktografickým znakem únavového porušování. Rozteče striací se v závislosti na rostoucí délce trhliny (vzdálenosti od místa iniciace) nevýrazně mění (srovnej snímky na obr. 4 až 7). Striace, jejichž rozteč by přesahovala 0,5 μm , nebyly na sledovaném lomu nalezeny. Tato skutečnost naznačuje, že amplituda cyklického zatěžování se s rostoucí délkou trhliny zmenšuje.
- Z výskytu celé řady nepříliš výrazných postupových čar na lomu plyne, že v zatěžovacím režimu se vyskytovaly přetěžovací cykly. Tyto cykly však nevedly k výraznému nárůstu rychlosti šíření trhliny.
- Na procesu únavového porušování se podílel rovněž tvárný důlkovitý lom. Na lomové ploše se lokálně vyskytují i pole tvárných důlků (viz obr. 4 až 7). Tvárný charakter má rovněž mikromorfologie oblasti závěrečného dolomení zbytku nosného průřezu háku.

- Ve sledovaném případě však nemáme dost podkladů, které by pomocí metodiky uvedené např. v práci [4], umožnily popsat kinetiku rozvoje trhlin na základě měření roztečí striací na rychlost šíření ani na dobu do vzniku trhliny. Lze pouze odhadnout, že počet efektivních cyklů zatížení (tj. cyklů vedoucích ke vzniku striací) je cca 10^5 .
- Rozvojem únavových trhlin bylo porušeno cca 93% nosného průřezu háku. To svědčí o tom, že nominální zatížení háku bylo velmi malé.

Zcela jednoznačně bylo prokázáno, že nosný průřez háku byl porušen iniciací a rozvojem únavových trhlin. Šíření probíhalo především mechanismem tvorby striací. Celkem bylo únavou porušeno více než 90 % nosného průřezu háku.

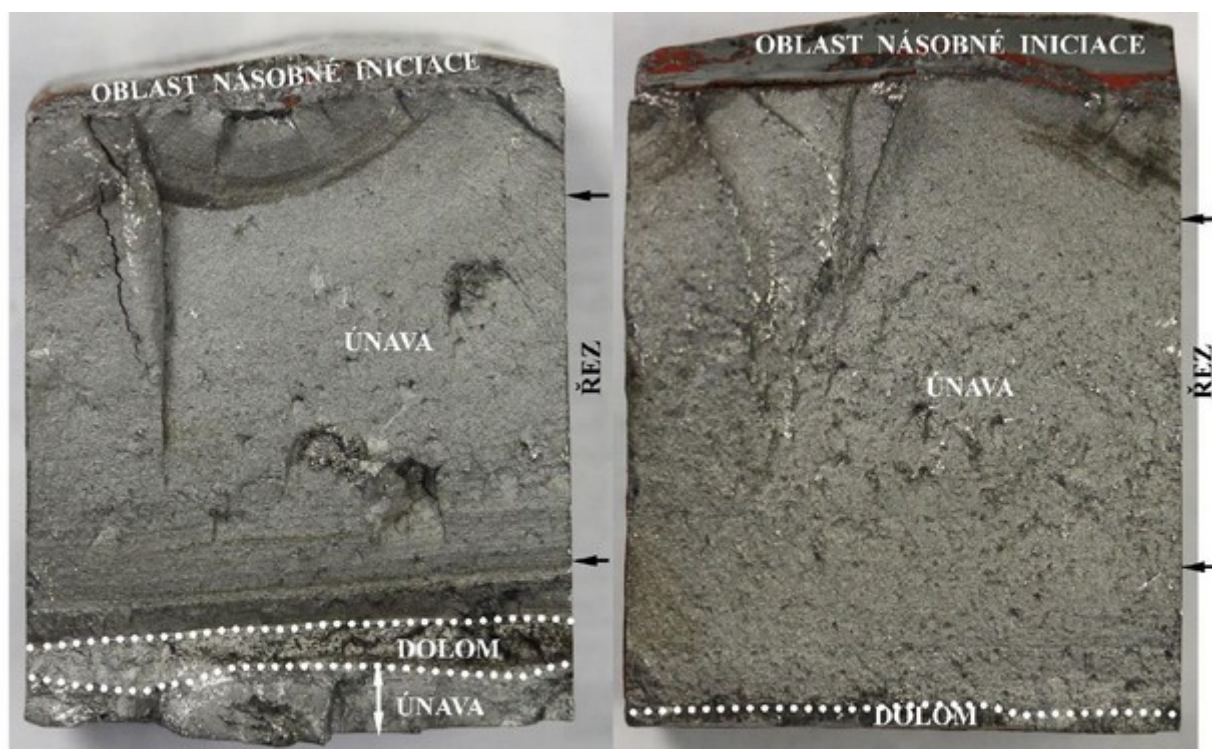
Srovnání s výsledky zpráv [2] a [3]

Pro získání dalších informací o procesu porušování háku byly orientačně sledovány i další dva lomy označené X2 a Y2. Jedná se o lomy háků, které byly analyzovány pod označením XX, respektive YY a získané výsledky jsou popsány ve zprávě [2]. Ve zprávě [3] jsou shrnuty výsledky analýzy stejného lomu jako v předkládaném posudku (analyzována však byla druhá líc lomu). Ze srovnání makrosnímků všech tří námi sledovaných lomových ploch (na obr. 13 a 14) je zřejmé, že z kvalitativního hlediska není mezi celkovým charakterem všech tří lomových ploch žádný zásadní rozdíl. Za jedinou výjimku lze považovat skutečnost, že u háku Y2 došlo v závěrečných etapách porušování k šíření dílčích únavových trhlin ze spodní stěny.



Obr. 13 – Shrnutí výsledků fraktografické analýzy háku 169a1.
(Druhá líc tohoto lomu byla analyzována ve zprávě [3]).

Z těchto informací vyplývá, že výsledky fraktografického rozboru ve zprávách [2] a [3] jsou špatně interpretovány:...



a) Hák Y2

b) Hák X2

Obr. 14 – Makroskopický charakter dodatečně sledovaných lomů. (V obou případech byly v průběhu předchozích prací odříznuty pravé části lomů na metalografický rozbor, tj. lomové plochy jsou užší). Výsledky analýzy těchto lomů jsou shrnuty ve zprávě [2]

ZÁVĚR

Předkládaný posudek shrnuje hlavní poznatky analýzy lomu závěrového háku čelistového závěru výhybky č. 169a1. Cíle stanovené zadavatelem byly splněny:

- Lokalizovat oblasti iniciace trhlin, jejichž rozvojem došlo k porušení háku.
Bylo prokázáno, že k iniciaci dílčích únavových trhlin došlo na horní stěně háku v důsledku běžného provozního zatížení.
- Na základě popisu mikromorfologie lomu určit mechanismus vzniku a rozvoje trhlin.
Příčinou iniciace byly jednak konstrukční vruby, jednak vruby tvořené strukturními nehomogenitami. V daném případě nelze určit, do jaké míry výskyt uvedených vrubů zkrátí dobu (počet zatěžovacích cyklů) do iniciace únavových trhlin. Šíření únavových trhlin probíhalo mechanismem tvorby striací. Celkem bylo únavou porušeno více než 90 % nosného průřezu háku.
- V případě únavového porušování se pokusit o odhad kinetiky rozvoje trhliny a počtu cyklů do lomu.
Na základě orientačního sledování rozteče striací lze provést pouze hrubý řádový odhad počtu efektivních cyklů zatížení vedoucích k lomu háku (cca 10^5).
- Mohl být vznik únavového lomu ovlivněn násilným mechanickým poškozením daného závěrového háku (například jednotlivý úder těžkým předmětem).
V případě háku sledovaného v předkládaném posudku žádné stopy po úderech kladivem zjištěny nebyly. Stopy po úderech byly nalezeny u háků X2 (XX) a Y2 (YY)

ve zprávě [2]. Z hlediska fraktografického nálezu však nelze jednoznačně prokázat, jaký vliv tyto údery měly na iniciaci a rozvoj únavového porušení háků.

- Lze na základě výsledku fraktografické analýzy navrhnout případné metody sledování, které by umožnily odhalit trhliny háků s dostatečným předstihem před vznikem finálního lomu.*

Z uvedených výsledků plyne, že sledovaný hák se porušil po cca 10^5 zatěžovacích cyklech. Podle zadavatele byl sledovaný hák v provozu několik let. Je tedy zřejmé, že pravidelné kontroly kritických oblastí horního povrchu háků by měly vést k včasnému nalezení trhlín. Otázkou však zůstává výběr vhodné nedestruktivní metody a stanovení periody prohlídek.“