

Česká společnost pro jakost, Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1



RAMS drážních aplikací Vybraná témata

**Materiály ze 79. semináře Odborného centra Spolehlivost
konaného dne 14. 9. 2021 na Univerzitě obrany v Brně**

**Odborní garanti semináře:
prof. Ing. Zdeněk VINTR, CSc., dr.h.c.
Ing. Michal VINTR, Ph.D.**

Obsah

Společná bezpečnostní metoda pro hodnocení a posuzování rizik u železničních systémů	3
---	----------

prof. Ing. Zdeněk VINTR, CSc., dr.h.c.

Fakulta vojenských technologií, Univerzita obrany

Udržovatelnost v kontextu RAMS drážních aplikací	12
---	-----------

Ing. Michal VINTR, Ph.D.

Nezávislý expert na spolehlivost, bezpečnost a RAMS/LCC

Očekávaná úroveň spolehlivosti kolejových vozidel a její hodnocení v rutinním provozu	25
--	-----------

Ing. Martin ELSTNER, Ph.D.

ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Společná bezpečnostní metoda pro hodnocení a posuzování rizik u železničních systémů

prof. Ing. Zdeněk Vintr, CSc., dr.h.c.

Fakulta vojenských technologií, Univerzita obrany

zdenek.vintr@unob.cz

1 Úvod

Železniční doprava se v převážné většině vyspělých zemí světa zásadním způsobem podílí na zajišťování přepravy osob a nákladů a případné nehody či selhání v této oblasti tak mohou mít velmi vážné důsledky. Proto jednotlivé státy i různá mezinárodní společenství věnují otázkám zajišťování bezpečnosti železniční dopravy velkou pozornost. Nejinak tomu je i v rámci Evropské unie (EU). Již v roce 2004 Evropský parlament schválil směrnici č. 2004/49/EC [6], která stanovila základní pravidla pro zajišťování bezpečnosti v oblasti železniční dopravy a zřídila Evropskou agenturu pro železnice – EU Agency for Railways (ERA) [9], která má činnost členských zemí v této oblasti koordinovat. Tato směrnice také požadovala zavedení tzv. společných bezpečnostních metod (CSM – common safety methods), které by v rámci EU sjednocovaly postupy, metody a kritéria používaná při zajišťování bezpečnosti v železniční dopravě. Příslušná směrnice sice byla později zrušena a nahrazena směrnicí č. 2016/798 [5], ale i tato směrnice dále pracuje s myšlenkou vypracování a aplikace společných bezpečnostních metod.

V návaznosti na uvedené směrnice postupně vnikal soubor prováděcích nařízení Komise EU vymezujících společné bezpečnostní metody pro jednotlivé oblasti, které vytváří podmínky pro sjednocení přístupů k praktické realizaci různých aktivit v oblasti bezpečnosti železniční dopravy. Aktuální přehled těchto dokumentů je online k dispozici na webových stránkách ERA [10] včetně dalších navazujících dokumentů (návodů, doporučení, příkladů ...), které mají aplikaci jednotlivých společných bezpečnostních metod usnadnit. Pro praktickou aplikaci těchto dokumentů je důležité to, že jsou, stejně jako u všech dalších dokumentů vydávaných EU, k dispozici ve všech oficiálních jazycích EU, tedy i v češtině.

Z hlediska zaměření tohoto článku je důležité především prováděcí nařízení Komise EU č. 352/2009 [2], které bylo později nahrazeno prováděcím nařízením Komise EU č. 402/2013 [1]. Toto prováděcí nařízení charakterizuje společnou bezpečnostní metodu pro hodnocení a posuzování rizik, která hraje klíčovou roli při vývoji drážních aplikací a jejich schvalování pro použití v železniční dopravě.

Obecně se požaduje, aby členské státy přijaly veškerá nezbytná opatření s cílem zajistit, že strukturální subsystémy tvořící železniční systém lze uvést do provozu jen tehdy, jestliže jsou projektovány, konstruovány a instalovány tak, aby při začlenění do železničního systému splňovaly základní požadavky, které se na ně vztahují. Po členských státech se požaduje, aby zejména zkontrolovaly technickou kompatibilitu těchto subsystémů se železničním systémem, do kterého jsou začleňovány, a bezpečně začlenění těchto subsystémů [1]. To, jakým způsobem má být přitom postupováno, je vymezeno právě společnou bezpečnostní metodou pro hodnocení a posuzování rizik.

2 Základní principy společné bezpečnostní metody pro hodnocení a posuzování rizik

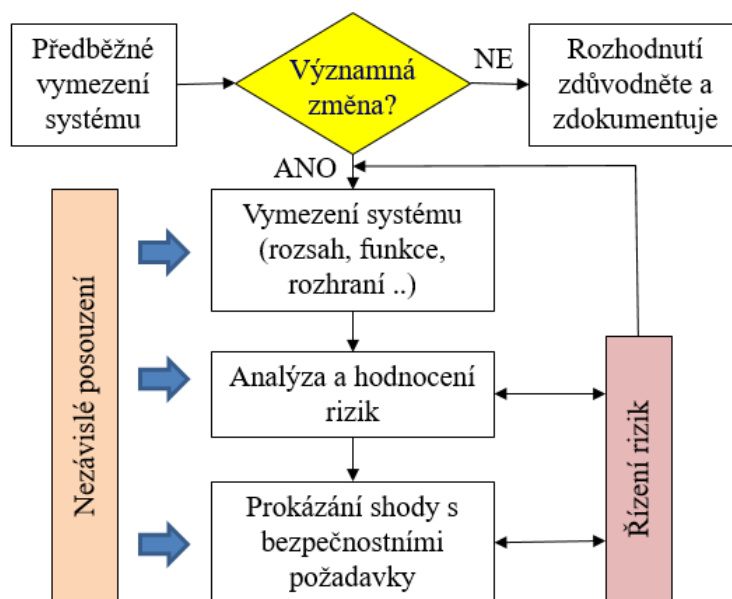
Společná bezpečnostní metoda pro hodnocení a posuzování rizik (dále jen CSM) má sloužit k hodnocení a posuzování rizik spojených se zaváděním významných změn u subsystémů v železniční dopravě. Zásadní roli zde hraje slovíčko „významných“, protože pokud daná změna nepřináší žádné významné změny vůči subsystému, jehož bezpečnost byla již dříve přezkoumána a je již jinde bez problému prakticky využíván, tak není žádný racionální důvod znovu posuzovat jeho bezpečnost. Samozřejmě za předpokladu, že bude zaváděný subsystém používán za srovnatelných podmínek provozu a prostředí.

Jakousi ústřední roli v rámci CSM tak hraje hodnocení toho, zda je zaváděná změna významná či nikoli. Z podstaty věci je však zřejmé, že takové posouzení významnosti změny nemusí být vůbec snadné, protože „míra“ významnosti se obtížně exaktně charakterizuje a stejně obtížné je i určení toho, kdy je „míra“ významnosti k tomu, aby změna mohla být považována za „významnou“, již překročena a kdy ještě ne. Praktická aplikace CSM je tak vždy zatížena nejistotou spojenou se subjektivním posuzováním významu navrhovaných změn u hodnocených subsystémů. Nicméně právě tento přístup vytváří podmínky k tomu, aby hodnocení a posuzování rizik bylo pro výrobce a provozovatele drážních systémů, pokud možno, co nejjednodušší a nevyžadovalo opakované prokazování již prokazaného.

Možný negativní vliv zmíněného subjektivního hodnocení je v rámci CSM přiměřeně eliminován tím, že se standardně předpokládá, že všechny kroky hodnocení a posouzení rizik budou v každém jednotlivém případě přezkoumány v rámci nezávislého posouzení.

3 Proces hodnocení a posuzování rizik

Rámcově jsou základní kroky CSM a jejich provázanost znázorněny na obr. 1. Z obrázku je zřejmé, že výchozím krokem celého procesu je posouzení „významnosti“ navrhované změny. Pokud je rozhodnuto, že daná změna není významná, celý proces posouzení a hodnocení rizik končí tím, že se řádně toto rozhodnutí zdůvodní a zdokumentuje. Samozřejmě to, že navržená změna skutečně není významná, je znovu přezkoumáno v rámci nezávislého posouzení.

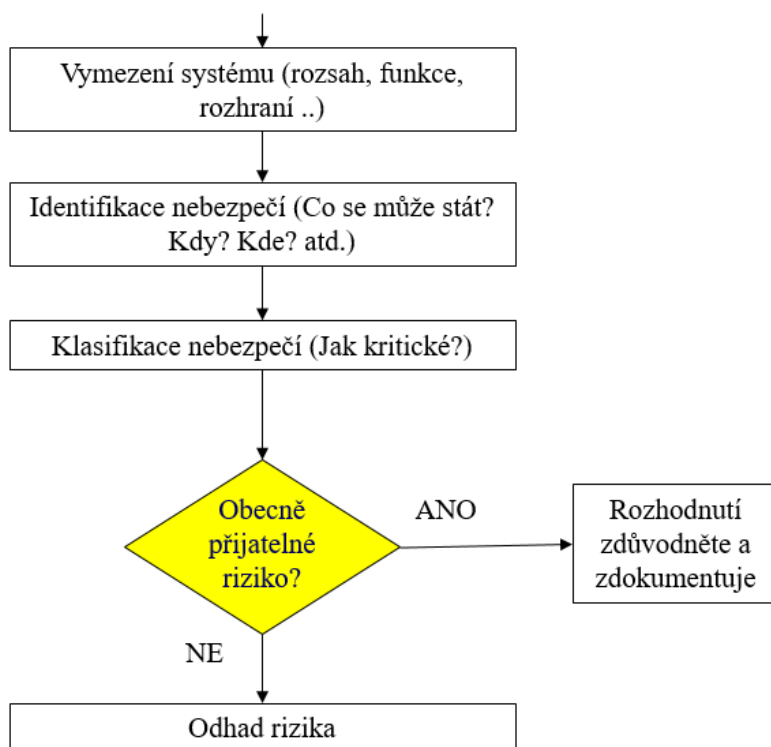


Obr.1 Základní kroky CMS

V prováděcím nařízení Komise EU č. 402/2013 [1] není žádným jednoznačným způsobem vymezeno jak posoudit významnost navržené změny. Pokud nemá navržená změna dopad na bezpečnost, proces řízení rizik nemusí být aplikován. Jestliže změna má dopad na bezpečnost má se posoudit její významnost na základě následujících kritérií:

- důsledek selhání (do úvahy se bere nejhorší možný scénář);
- novost aplikované změny (v rámci železničního odvětví či v rámci organizace);
- složitost změny;
- možnost sledování zavedené změny v provozu a případného vhodného zásahu;
- možnost navrátit systém do původního stavu;
- významnost změny s ohledem ke všem aktuálním změnám posuzovaného systému souvisejícím s bezpečností, které nebyly posouzeny jako významné.

Nařízení připouští, že postup posouzení toho, jestli je daná změna významná či nikoli, může být specifikován vnitrostátním předpisem. Toho bylo v rámci ČR využito a Drážní úřad vydal Metodický pokyn pro uplatňování prováděcího nařízení Komise (EU) č. 402/2013 [11], který umožňuje relativně jednoduché zhodnocení významnosti změny s využitím výše uvedených kritérií. U každého kritéria jsou vymezeny čtyři úrovně a navržená změna se u každého kritéria zařadí do odpovídající úrovně. Metodický pokyn pak specifikuje postup, kterým se provede souhrnné vyhodnocení podle všech kritérií a rozhodne o tom, zda je daná změna významná či nikoli.



Obr. 2 Základní kroky identifikace a klasifikace nebezpečí

Pokud je na základě provedeného hodnocení změna vyhodnocena jako významná, musí být provedena analýza a hodnocení rizik a prokázána shoda s bezpečnostními požadavky. První částí tohoto procesu je identifikace a klasifikace nebezpečí, jejíž základní kroky jsou znázorněny na obr. 2. Cílem je identifikace všech nebezpečí, které v souvislosti s navrženou

změnou existují. Současně se i identifikovaná nebezpečí klasifikují dle rizika, které je s nimi spojeno. Cílem tohoto kroku je identifikace těch nebezpečí, se kterými je spojeno tzv. obecně přijatelné riziko.

Jako riziko obecně přijatelné může být klasifikováno riziko plynoucí z daného nebezpečí v případě, je-li riziko natolik malé, že není přiměřené (z technického nebo ekonomického hlediska) provést jakékoliv další bezpečnostní opatření.

Pokud je riziko spojené s daným nebezpečí klasifikováno jako obecně přijatelné, analýza a hodnocení rizika tím končí. Podrobně však musí být zdokumentováno to, proč bylo dané riziko klasifikováno jako obecně přijatelné.

4 Odhad a hodnocení rizik

U všech dalších nebezpečí, kde riziko s nimi spojené není klasifikováno jako obecně přijatelné, se provádí odhad a hodnocení rizika s využitím postupů uvedených v CSM. Celý proces je znázorněn na obr. 3.

V prvním kroku se provádí výběr zásady, podle které bude přijatelnost rizik hodnocena. Obecně platí to, že je doporučeno postupovat vždy tou nejjednodušší cestou. Tedy teprve až se lze snadněji aplikovatelná zásada, použít tu, jejíž aplikace je složitější, tak jak je to znázorněno na obr. 3.

V rámci CSM se přepokládá aplikace třech zásad, které jsou v následujícím seznamu seřazeny dle vzrůstající obtížnosti (pracnosti aplikace) [12]:

- Kodexy správné praxe
- Podobné referenční systémy
- Jednoznačný odhad rizik

4.1 Použití kodexů praxe

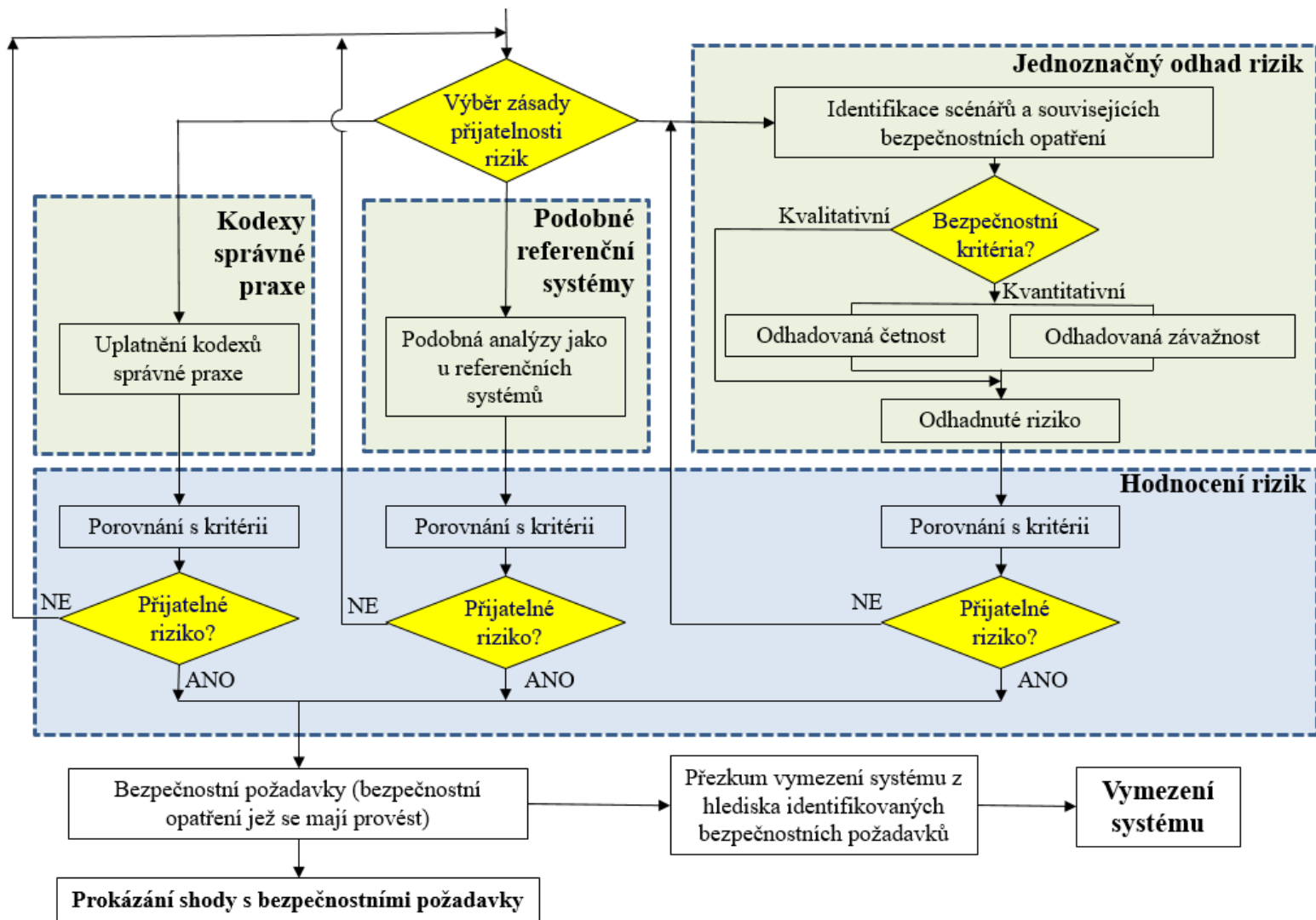
Kodexy praxe (CoP – Codes of Practice) rozumíme soubor pravidel, který je široce uznávaný v oblasti železniční dopravy a který je relevantní pro řízení rizika u zvažovaného systému. Může být použit i soubor pravidel, který nesplňuje uvedený požadavek, ale v takovém případě musí být jeho použití řádně odůvodněno [12].

Typickými kodexy praxe mohou být některé drážní standardy, které jednoznačně vymezují požadavky na konstrukci, údržbu a provoz různých subsystémů. Pokud je prokázáno, že jsou u daného subsystému splněny všechny požadavky standardu, postačuje to jako průkaz shody s bezpečnostními požadavky v oblasti působnosti daného standardu.

Například jestliže nějaký elektrický subsystém splňuje požadavky standardu ČSN EN 50153 Drážní zařízení – Drážní vozidla – Opatření na ochranu před elektrickým proudem, není u takového systému třeba zkoumat rizika spojené s nebezpečím úrazu elektrickým proudem. Průkazem bezpečnosti systému z hlediska úrazu elektrickým proudem je samotný fakt, že subsystém byl navržen v souladu s požadavky daného standardu.

Je-li riziko řízeno kodexy praxe, nemusí být dále analyzováno ani není třeba pro tato nebezpečí použít jiné zásady přijímání rizik. Nemůže-li být riziko pro určité nebezpečí přijatelně pokryto uplatňováním kodexu praxe, musí být uplatněna opatření pomocí jiných zásad přijetí rizika. Vždy se tedy musí hodnotit, v jakém rozsahu daný kodex praxe příslušné nebezpečí pokrývá a v případě odchylek přiměřeně aplikovat i další zásady pro hodnocení přijatelnosti rizik.

Použití kodexů praxe musí být vždy zaznamenáno v záznamu o nebezpečí.



Obr. 3 Odhad a hodnocení rizik [12]

4.2 Použití referenčního systému

Jako princip přijetí rizika může být také využito porovnání zvažovaného systému s referenčním (podobným) systémem. Referenční systém musí splňovat následující požadavky [12]:

- již bylo prokázáno, že má přijatelnou úroveň bezpečnosti a z toho důvodu by zároveň splňoval podmínky pro schválení;
- má podobné funkce a rozhraní jako zvažovaný systém;
- je používán po dostatečnou dobu za podobných provozních podmínek jako zvažovaný systém a je důvěryhodný s ohledem na rozsahem pozorovaných nebezpečí a nehod;
- je používán v podobných podmínkách prostředí jako zvažovaný systém.

Pokud referenční systém splňuje uvedené požadavky, tak se rizika (na něž se vztahuje referenční systém) považují za přijatelná.

Bezpečnostní požadavky na rizika, na něž se vztahuje referenční systém, vycházejí z bezpečnostních analýz nebo z posuzování bezpečnostních záznamů referenčního systému. Tyto bezpečnostní požadavky se musí zapisovat do záznamu o nebezpečí jako požadavky na zajištění bezpečnosti ve vztahu k příslušným nebezpečím.

Odchyluje-li se posuzovaný systém od referenčního systému, musí posuzování rizika prokázat, že posuzovaný systém dosáhne alespoň stejné úrovně bezpečnosti jako referenční systém, přičemž použije jiný referenční systém nebo jednu ze dvou dalších zásad přijímání rizik. Rizika spojená s nebezpečím, na které se vztahuje referenční systém, musí být v takovém případě považována za přijatelná.

Nelze-li přinejmenším prokázat stejnou úroveň bezpečnosti jako u referenčního systému, musí být pro odchylky určena dodatečná bezpečnostní opatření s použitím jednoho nebo dvou dalších zásad pro přijetí rizik.

4.3 Explicitní odhad rizika

Nejsou-li nebezpečí pokryta podle zásad kodexu praxe nebo referenčního systému, musí být analýza rizik provedena s využitím zásady explicitního odhadu rizika.

Explicitní odhad rizik hodnotí riziko vyplývající z nebezpečí systému v konkrétní provozní souvislosti. Cílem je odhadnout riziko a zajistit, aby bylo přijatelné. Explicitní odhad rizika musí splňovat tyto požadavky [12]:

- používané metody musí správně odrážet zvažovaný systém a jeho parametry (včetně všech provozních režimů);
- výsledky musí být dostatečně přesné, aby mohly sloužit jako silná podpora rozhodování. Menší změny ve vstupních předpokladech nebo nezbytných podmínkách nesmí vést k výrazně odlišným požadavkům.

Odhad smí být proveden kvalitativně a/nebo kvantitativně:

- kvantitativní explicitní odhad rizika musí být proveden pomocí odhadu frekvence výskytu a závažnosti nehody. To musí být provedeno s ohledem na následky všech identifikovaných nebezpečných scénářů s využitím dat a/nebo odborných posudků;
- kvalitativní explicitní odhad rizika musí být proveden za pomoci odborného posudku (např. pomocí logického argumentu založeného na definici systému).

Frekvence a závažnosti smí být odhadnuty pomocí semikvantitativních nebo kvantitativních metod.

Je-li použito zásad explicitního odhadu rizik, tak se musí:

- definovat kritéria přijatelnosti rizika, která mají být použita k prokázání přijatelnosti úrovně rizika pro následky příslušných nebezpečí;
- prokázat, že použitelná bezpečnostní opatření jsou schopna snížit riziko ke splnění kritérií přijatelnosti rizika;
- výsledky explicitního odhadu rizik musí být zadokumentovány.

Celou řadu dokumentů obsahujících praktická doporučení a návody k tomu, jak CSM aplikovat lze nalézt na stránkách ERA [10]. K nejvýznamnějším patří Průvodce pro uplatňování společné bezpečnostní metody pro hodnocení a posuzování rizik [7] a Soubor příkladů posuzování rizik a některých možných nástrojů podporujících nařízení CSM [8].

Dále je k dispozici řada standardizovaných metod a postupů umožňujících hodnocení rizik. V oblastech drážní aplikací se touto problematikou například velmi podrobně zabývají normy týkající se RAMS drážních aplikací, a to zejména normy:

- ČSN EN 50126-1 ed. 2. Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS) – Část 1: Generický proces [3].
- ČSN EN 50126-2. Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS) – Část 2: Systémový přístup k bezpečnosti [4].

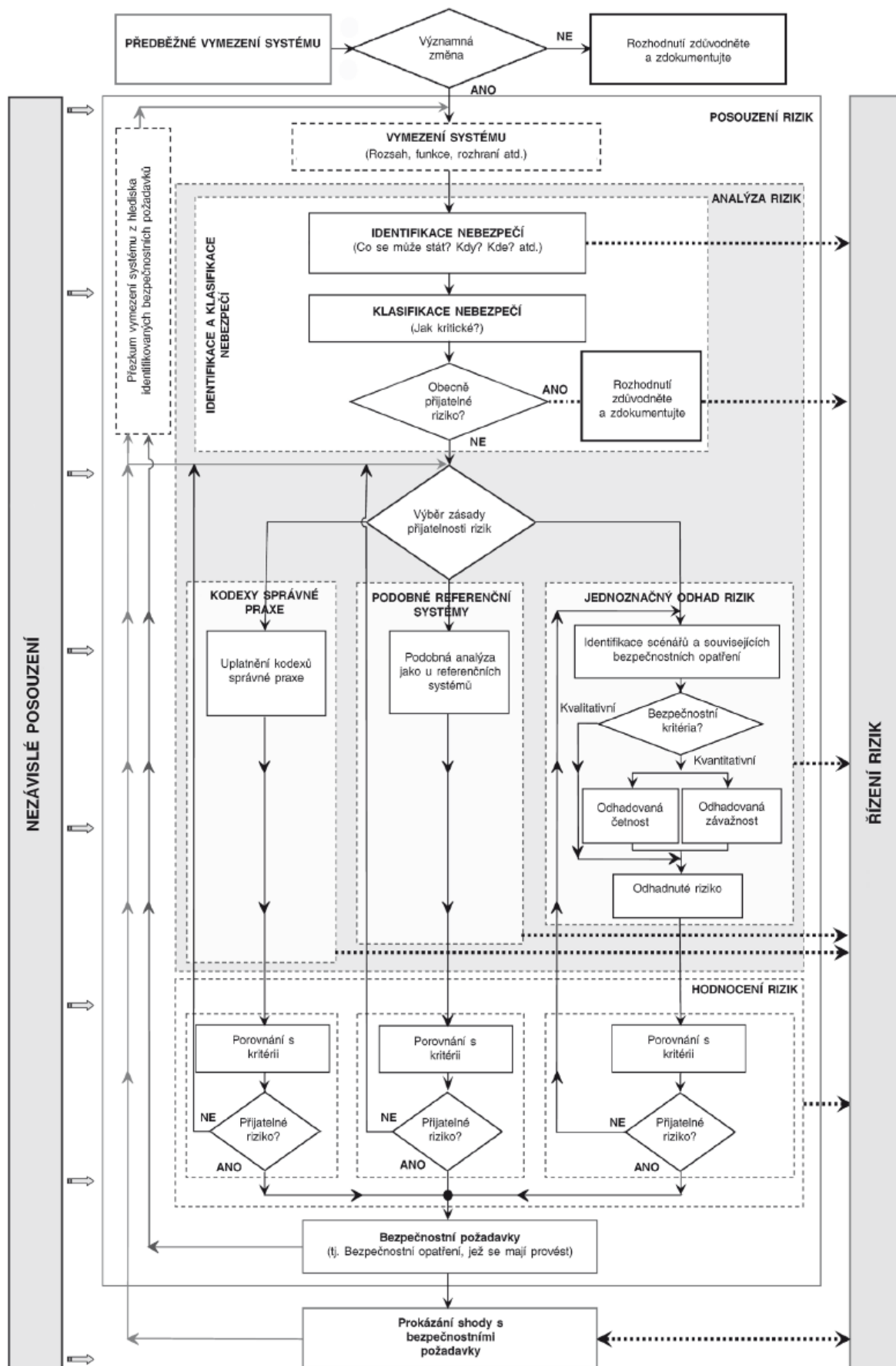
Další podrobné návody k aplikaci metod odhadu rizika lze také nalézt v mezinárodních normách IEC nebo v odborné literatuře [13].

5 Závěr

Celá problematika praktické aplikace společné bezpečnostní metody pro hodnocení a posuzování rizik je mnohem komplexnější, než je zachyceno v tomto článku, který lze považovat za určitý úvod do dané problematiky.

Složitost celého procesu hodnocení a posuzování rizik a zejména jeho vazba na oblast řízení rizik je zřejmá ze schématu na obr. 4. Praktická aplikace tohoto procesu nesměřuje jen k posouzení rizik, ale proces má i zpětnovazební charakter. Poznatky získané v průběhu hodnocení a posuzování rizik totiž mohou přinášet poznatky o problémech a nedostatcích navrhované změny, které si vyžadují adekvátní modifikaci návrhu.

Hlavní přínos zavedení CSM lze spatřovat nejen v tom, že sjednocuje postupy uplatňované při hodnocení a posuzování rizik v oblasti železniční dopravy, ale také v tom že „legalizuje“ i jiné metody průkazu bezpečnosti než jen poměrně komplikovaný explicitní odhad rizik. Právě tato nesporná výhoda CSM se však jen poměrně velmi málo využívá a v rámci dodavatelko odběratelských vztahů stále převládají požadavky na komplexní explicitní odhad rizik i v případech kdy není nezbytně nutný.



Obr. 4 Proces řízení rizik a nezávislé posouzení [12]

Použité zdroje

- [1] *Commission Implementing Regulation (EU) No 402/2013 of 30 April 2013 on the common safety method for risk evaluation and assessment and repealing Regulation (EC) No 352/2009*. Brussels: EU, 2013.
- [2] *Commission Regulation (EC) No 352/2009 of 24 April 2009 on the adoption of a common safety method on risk evaluation and assessment as referred to in Article 6(3)(a) of Directive 2004/49/EC of the European Parliament and of the Council*. Brussels: EU, 2009.
- [3] ČSN EN 50126-1 ed. 2. *Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS) – Část 1: Generický proces RAMS*. Praha: ÚNMZ, 2019.
- [4] ČSN EN 50126-2. *Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS) – Část 2: Systémový přístup k bezpečnosti*. Praha: ÚNMZ, 2019.
- [5] *Directive (EU) 2016/798 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016 On railway safety*. Brussels: EU, 2016.
- [6] *Directive 2004/49/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 On safety on the Community's railways (Railway Safety Directive)*. Brussels: EU, 2004.
- [7] ERA/GUI/01-2008/SAF. *Průvodce pro uplatňování nařízení Komise o přijetí společné bezpečnostní metody pro hodnocení a posuzování rizik, jak je uvedeno v čl. 6 odst. 3 písm. a) směrnice o bezpečnosti železnic*. Valenciennes: Evropská agentura pro železnice, 2009.
- [8] ERA/GUI/02-2008/SAF. *Soubor příkladů posuzování rizik a některých možných nástrojů podporujících nařízení CSM*. Valenciennes: Evropská agentura pro železnice, 2009.
- [9] *European Union – Agency for Railways* [online]. ERA, 2021 [cit. 2.9.2021]. Dostupné z: <https://www.era.europa.eu/>
- [10] *European Union – Agency for Railways. Common Safety Methods* [online]. ERA, 2021 [cit. 2.9.2021]. Dostupné z: https://www.era.europa.eu/activities/common-safety-methods_en#meeting1
- [11] *Metodický pokyn pro uplatňování prováděcího nařízení Komise (EU) č. 402/2013 o společné bezpečnostní metodě pro hodnocení a posuzování rizik a o zrušení nařízení (ES) č. 352/2009*. Praha: Drážní úřad, 2018
- [12] *Prováděcí nařízení Komise (EU) č. 402/2013 ze dne 30. dubna 2013 o společné bezpečnostní metodě pro hodnocení a posuzování rizik a o zrušení nařízení (ES) č. 352/2009*. Brusel: EU, 2013.
- [13] VINTR, Zdeněk, David VALIŠ a Michal VINTR. *Základy spolehlivosti technických systémů*. Brno: Univerzita obrany v Brně, 2020. ISBN 978-80-7582-303-8.

Udržovatelnost v kontextu RAMS drážních aplikací

Ing. Michal Vintr, Ph.D.

Nezávislý expert na spolehlivost, bezpečnost a RAMS/LCC

mvintr@mvintr.cz – www.mvintr.cz

1 Úvod

Cílem článku je seznámit čtenáře s udržovatelností v širších souvislostech a specificky, v kontextu RAMS drážních aplikací.

V článku jsou uvedeny platné normy pro udržovatelnost a normované i specifické ukazatele udržovatelnosti. Dále je v článku objasněna souvislost udržovatelnosti se spolehlivostí a RAMS. Je rozebráno, jaká pozornost je věnována udržovatelnosti v platné normě ČSN EN 50126-1. Na závěr jsou v článku uvedeny skutečné příklady požadavků na udržovatelnost drážních aplikací a naznačeny možnosti prokázání splnění těchto požadavků.

2 Udržovatelnost

Udržovatelnost je nedílnou součástí spolehlivosti, jinými slovy udržovatelnost objektu ovlivňuje jeho spolehlivost. Dokladem toho je platná definice spolehlivosti.

Spolehlivost (*dependability*) – *schopnost fungovat tak, jak je požadováno, a tehdy, když je to požadováno [5].*

Tato definice je v normě [5] doplněna dvěma poznámkami:

- do spolehlivosti se zahrnuje pohotovost (availability), bezporuchovost (reliability), zotavitelnost (recoverability), udržovatelnost (maintainability) a zajištěnost údržby (maintenance support performance) a v některých případech i jiné charakteristiky, jako je životnost (durability), bezpečnost (safety) a zabezpečení (security);
- spolehlivost se používá jako souhrnný termín pro charakteristiky kvality objektu, které se vztahují k času.

Udržovatelnost (*maintainability*) – *schopnost objektu v daných podmínkách používání a údržby být udržen ve stavu nebo být navrácen do stavu, kdy funguje tak, jak je požadováno [5].*

Z definice je patrné, že udržovatelnost lze „rozdělit“ na dvě části:

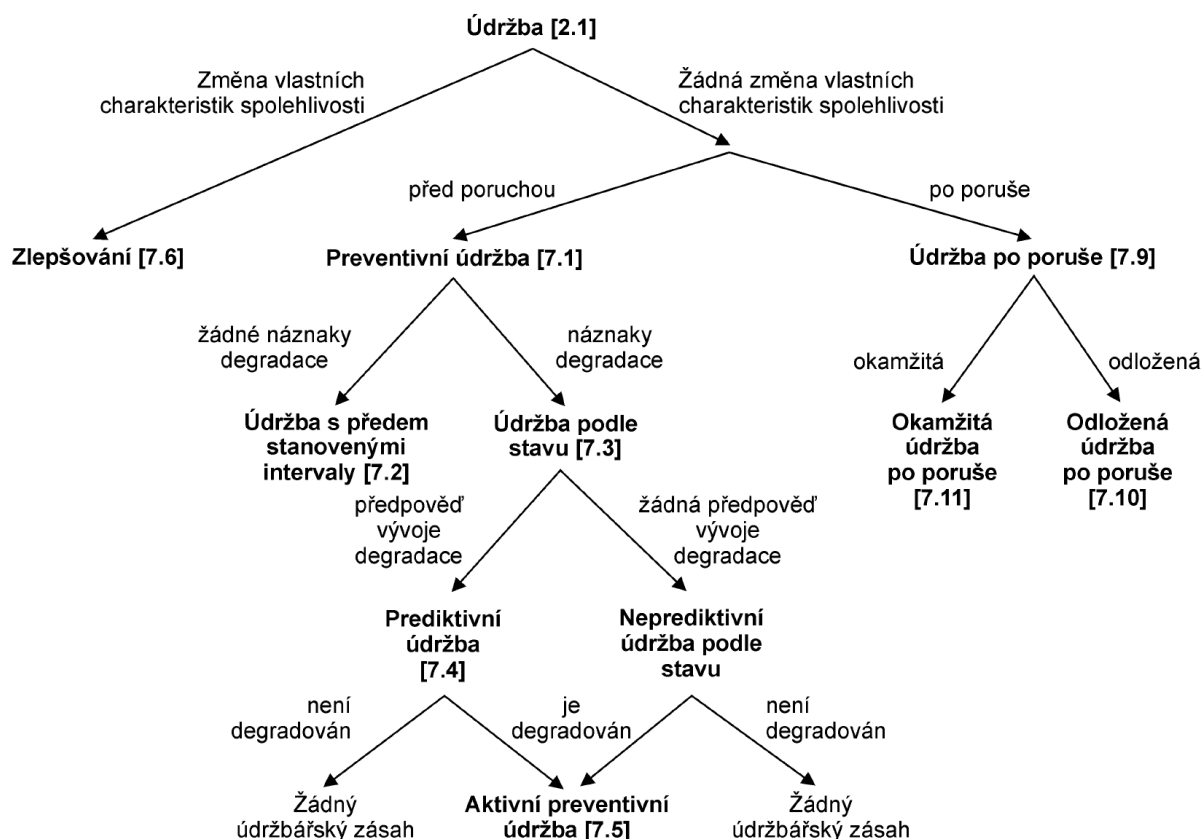
- „schopnost být udržen ve stavu...“, ke které se váže preventivní údržba;
- „schopnost být navrácen do stavu...“, ke které se váže údržba po poruše.

Zajištěnost údržby (*maintenance support performance*) – *efektivnost organizace s ohledem na podporu údržby [5].*

Z definice vyplývá, že spolehlivost objektu je ovlivňována nejen objektem samotným, ale také organizací zajišťující podporu údržby.

Údržba (maintenance) – kombinace všech technických zásahů a zásahů managementu zaměřených na udržení objektu ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, ve kterém může fungovat tak, jak je požadováno [5].

Údržbu lze rozdělovat z nejrůznějších hledisek. Rozdělení údržby na základní úrovni je patrné z Obr. 1. Číslované položky v obrázku (např. [2.1]) odkazují na příslušné kapitoly normy [6].



Obr. 1: Typy údržby [6]

Zlepšování (improvement) – kombinace všech technických, administrativních a manažerských zásahů prováděných za účelem zlepšení vlastní bezporuchovosti a/nebo udržovatelnosti a/nebo bezpečnosti objektu beze změny jeho původní funkce [6].

Preventivní údržba (preventive maintenance) – údržba prováděná ke zmírnění degradace a snížení pravděpodobnosti poruchy [5].

Údržba po poruše (corrective maintenance) – údržba prováděná po detekci poruchového stavu s cílem uskutečnit obnovu [5].

S ohledem k uvedenému lze tvrdit, že na úplně základní úrovni rozdělujeme údržbu na:

- preventivní údržbu;
- údržbu po poruše.

Pro kvantitativní hodnocení údržby a udržovatelnosti se využívají ukazatele udržovatelnosti (viz kap. 5). Většina ukazatelů udržovatelnosti se váže k dobám (časovým intervalům) vztahujícím se k údržbě. Je proto vhodné definovat, jaké doby ve vztahu k údržbě jsou

normativně definovány. Na Obr. 2 jsou uvedeny doby týkající se provozu objektu, přičemž doby údržby jsou jednou z částí. Na Obr. 3 je znázorněno podrobné členění dob údržby.

DOBA							
Doba použitelného stavu					Doba nepoužitelného stavu		
Doba provozuschopného stavu		Doba provozu-neschopného stavu	Doba provozu-schopného stavu	Doba provozuneschopného stavu			
Doba provozu	Doba neprovozního stavu			Doba provozu	Doba neprovozního stavu		
	Doba běhu na prázdko	Doba pohotovostního stavu	Doba provozu-neschopného stavu z vnějších příčin	Doba preventivní údržby		Doba do obnovy	
					Doba údržby po poruše	Doba detekce poruchového stavu	Administrativní zpoždění

Obr. 2: Doby týkající se provozu a údržby [1]

Doba údržby								
Doba údržby po poruše				Doba preventivní údržby				
Logistické zpoždění	Doba aktivní údržby							Logistické zpoždění
	Doba aktivní údržby po poruše				Doba aktivní preventivní údržby			
	Technické zpoždění	Doba lokalizace poruchového stavu	Doba odstranění poruchového stavu	Doba kontroly funkce	Technické zpoždění	Doba zásahu preventivní údržby	Doba kontroly funkce	
Doba opravy								

Obr. 3: Doby údržby [1]

Dále jsou uvedeny definice základních dob, ostatní definice lze nalézt v ČSN IEC 60050-192.

Doba do obnovy (time to restoration) – časový interval od okamžiku vzniku poruchy do obnovy [5].

Doba údržby (maintenance time) – doba trvání údržby, včetně doby aktivní údržby a vzniklého technického a logistického zpoždění daného zásahu údržby [5].

Doba preventivní údržby (preventive maintenance time) – část doby údržby, kterou zabírá provedení preventivní údržby, včetně technických zpoždění a logistických zpoždění, která jsou preventivní údržbě vlastní [5].

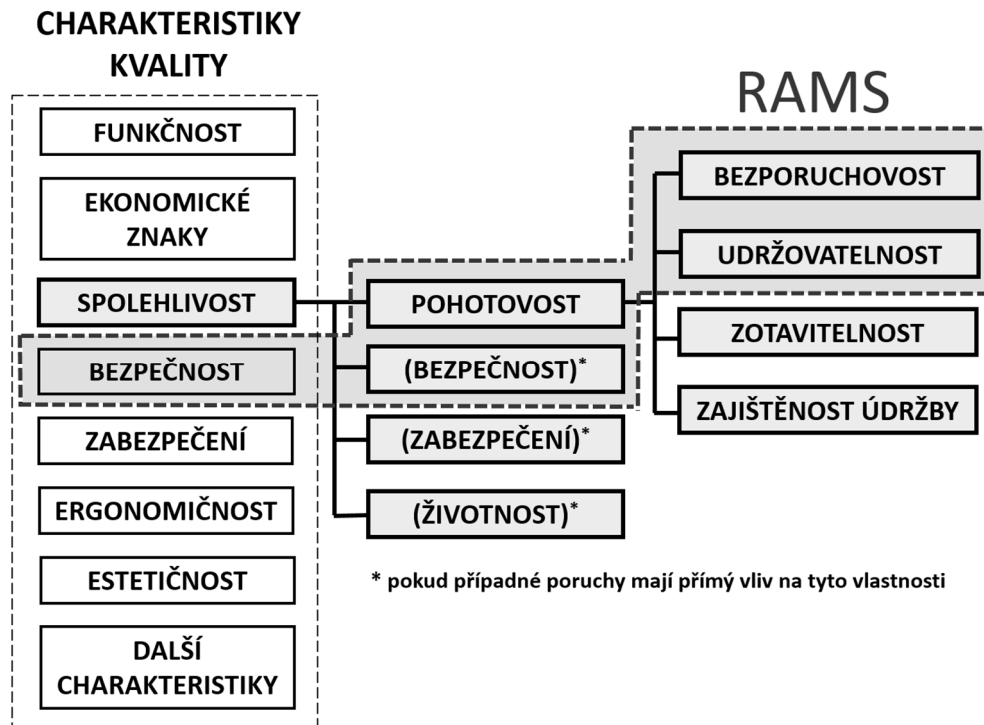
Doba údržby po poruše (corrective maintenance time) – část doby údržby, kterou zabírá provedení údržby po poruše, včetně technických zpoždění a logistických zpoždění, která jsou údržbě po poruše vlastní [5].

Doba opravy (repair time) – část doby aktivní údržby po poruše, kterou zabírá provedení zásahu údržby [5].

3 Udržovatelnost v kontextu ČSN EN 50126-1

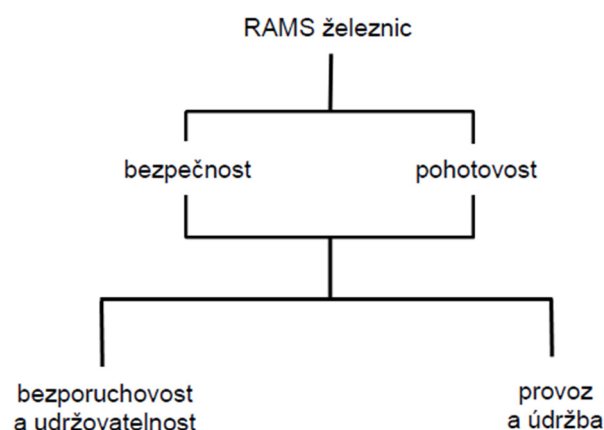
3.1 Udržovatelnost v kontextu spolehlivosti a RAMS

V normě ČSN EN 50126-1 je definován pojem RAMS, který představuje zkratku pojmů Reliability (bezporuchovost), Availability (pohotovost), Maintainability (udržovatelnost) a Safety (bezpečnost). Pozice udržovatelnosti v kontextu uvedené definice RAMS a platné definice spolehlivosti (viz kap. 2) je zřejmá z Obr. 4.



Obr. 4: Vztah udržovatelnosti, RAMS a spolehlivosti [4]

V normě ČSN EN 50126-1 je také uveden vzájemný vztah prvků RAMS železnic (viz Obr. 5).



Obr. 5: Vzájemný vztah prvků RAMS železnic [3]

Z uvedeného je zřejmé, že udržovatelnost je nedílnou součástí RAMS.

3.2 Udržovatelnost jako prvek RAMS

Norma ČSN EN 50126-1 uvádí, že naplnění cílů pohotovosti v provozu bude dosaženo optimalizací bezporuchovosti a udržovatelnosti při zohlednění vlivu zachování bezpečnosti.

Technický koncept pohotovosti (viz Obr. 5) je dle ČSN EN 50126-1 založen, mimo jiné, na znalosti udržovatelnosti ve smyslu:

- četnosti a času pro provedení plánované nebo neplánované údržby;
- času pro detekci a identifikaci poruchových stavů;
- času pro obnovu porouchaného systému (neplánovaná údržba);

a také znalosti provozu a údržby ve smyslu:

- všech možných provozních režimů a požadované údržby (s přihlédnutím k nákladům) během životního cyklu systému;
- otázek lidského faktoru;
- nástrojů, zařízení a postupů pro efektivní údržbu systému.

Technický koncept bezpečnosti (viz Obr. 5) je dle ČSN EN 50126-1 založen, mimo jiné, na znalosti udržovatelnosti částí systému souvisejících s bezpečností ve smyslu:

- snadnosti provádění údržby těch částí systému, které mají spojitost s nebezpečími nebo bezpečnostně relevantními způsoby poruch;
- možnými chybami vyskytujícími se během činnosti údržby na těch částech systému, které souvisí s bezpečností;
- času pro uvedení systému do bezpečného stavu;

a také znalosti provozu systému a údržby částí systému, které souvisejí s bezpečností ve smyslu:

- vlivu lidského faktoru na údržbu a provoz;
- nástrojů, zařízení a postupů pro efektivní údržbu systému a pro bezpečný provoz;
- efektivních kontrol a opatření pro řešení nebezpečí a zmírnění jejich následků.

3.3 Udržovatelnost jako faktor ovlivňující RAMS

Norma ČSN EN 50126-1 definuje tři základní skupiny faktorů ovlivňující RAMS železnic:

- systémové podmínky;
- provozní podmínky;
- podmínky údržby.

Systémové podmínky jsou ovlivňovány, mimo jiné, udržovatelností.

Podmínky údržby jsou ovlivňovány [3]:

- lidskými faktory;
- postupy údržby (preventivní údržba, údržba po poruše, diagnostika);
- logistikou.

3.4 Další výskyty pojmu udržovatelnost v ČSN EN 50126-1

V originální normě EN 50126-1 se pojem *maintainability* (udržovatelnost) vyskytuje 41krát a pojem *maintenance* (údržba) 138krát. Často se pojem „udržovatelnost“ vyskytuje v definicích, v názvu citovaných norem nebo jako součást ustáleného spojení „bezporuchovost, pohotovost, udržovatelnost a bezpečnost“. Udržovatelnost je v normě prioritně uváděna jako součást RAM, resp. RAMS.

Zmínek o udržovatelnosti v samostatném kontextu lze v normě EN 50126-1 nalézt jen několik. Vyjma zmínek popsanych v předešlých podkapitolách (kap. 3.2 a 3.3), jsou samostatné zmínky popsány dále:

- V kapitole 5.9.3 jsou uvedeny možné způsoby snižování rizik spojených s RAM. Jedním ze dvou hlavních způsobů je zlepšení pohotovosti. Jednou ze strategií jejího zlepšení je [3]:
 - zlepšit udržovatelnost systému tak, že se zkrátí čas po poruše potřebný k opravě a obnově normálního provozu.
- V kapitole 7.3.2.2 jsou popsány požadavky na RAM plán. Je definováno, že RAM plán musí zahrnovat udržovatelnost, včetně:
 - analýzy a predikce udržovatelnosti;
 - plánování udržovatelnosti;
 - vyhodnocení logistické podpory.
- V informativní příloze A, která uvádí příklad osnovy postupu vytvoření plánu RAMS, jsou uvedeny následující úkoly RAMS:
 - analýza udržovatelnosti/oprav, definovat politiku udržovatelnosti/oprav;
 - zkoušky bezporuchovosti a udržovatelnosti, je-li to vhodné.

4 Standardizace v oblasti udržovatelnosti

Udržovatelnost a údržba jsou předmětem mnoha norem, které nejsou primárně zaměřeny na oblast udržovatelnosti (viz např. již zmíněné ČSN EN 50126-1 a ČSN IEC 60050-192). Existuje však mnoho norem zaměřených specificky na oblast udržovatelnosti a údržby.

Jako české technické normy byly dosud vydány (a jsou platné) následující normy z dané oblasti:

- ČSN EN 13306: Údržba – Terminologie údržby
- ČSN EN 13269: Údržba – Směrnice pro vypracování smluv o údržbě
- ČSN EN 13460: Údržba – Dokumentace pro údržbu
- ČSN EN 15331: Kritéria pro návrh, management a řízení služeb údržby budov
- ČSN EN 15341: Údržba – Klíčové indikátory výkonnosti údržby
- ČSN EN 15628: Údržba – Kvalifikace pracovníků údržby
- ČSN EN 16646: Údržba – Údržba v rámci managementu fyzického majetku
- ČSN EN 17007: Proces údržby a související indikátory
- ČSN EN 60300-3-11: Management spolehlivosti – Část 3-11: Pokyn k použití – Údržba zaměřená na bezporuchovost

- ČSN EN 60300-3-14: Management spolehlivosti – Část 3-14: Pokyn k použití – Údržba a zajištění údržby
- ČSN EN 60300-3-16: Management spolehlivosti – Část 3-16: Pokyn k použití – Směrnice pro specifikaci služeb zajištění údržby
- ČSN EN 60706-2: Udržovatelnost zařízení – Část 2: Požadavky na udržovatelnost a studie udržovatelnosti v etapě návrhu a vývoje
- ČSN EN 60706-3: Udržovatelnost zařízení – Část 3: Ověřování a sběr, analýza a prezentace dat
- ČSN EN 60706-5: Udržovatelnost zařízení – Část 5: Testovatelnost a diagnostické zkoušení
- ČSN EN 62550: Zásobování náhradními díly
- ČSN IEC 60300-3-10: Management spolehlivosti – Část 3-10: Návod k použití – Udržovatelnost

Přímo pro obor drážních aplikací byly vydány (a jsou platné) následující české technické normy zaměřené na údržbu:

- ČSN EN 17018: Drážní aplikace – Údržba drážních vozidel – Termíny a definice
- ČSN EN 17023: Železniční aplikace – Údržba drážních vozidel – Tvorb a změny plánu údržby
- ČSN EN 17095: Železniční aplikace – Údržba drážních vozidel – Záznamy o údržbě

Udržovatelnost a údržba jsou také hlavním tématem několika amerických vojenských standardů USA, konkrétně:

- MIL-HDBK-2084: General Requirements for Maintainability of Avionic & Electronic Systems & Equipment
- MIL-HDBK-2173: Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment
- MIL-HDBK-470A: Designing and Developing Maintainable Products and Systems
- MIL-HDBK-472: Maintainability Prediction
- MIL-STD-1843: Reliability-Centered Maintenance for Aircraft, Engines and Equipment
- MIL-STD-3034A: Reliability-Centered Maintenance (RCM) Process

Lze se také setkat s několika oborovými standardy zaměřenými na udržovatelnost a údržbu, mimo jiné:

- SAE JA1010: Maintainability Program Standard
- SAE JA1010/1: Maintainability Program Standard Implementation Guide
- SAE JA1011: Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes.
- NASA-STD-8729.1A: NASA Reliability and Maintainability (R&M) Standard for Spaceflight and Support Systems

Z uvedených výčtů je patrné, že udržovatelnosti je věnována značná pozornost ze strany organizací vydávajících normy nejen z oblasti spolehlivosti.

5 Ukazatele udržovatelnosti

Ukazatelem udržovatelnosti obecně rozumíme funkci nebo číselnou hodnotu používanou pro popis rozdělení pravděpodobnosti konkrétní sledované (náhodné) veličiny, která charakterizuje udržovatelnost objektu. Takovou náhodnou veličinou zde zpravidla je doba provádění údržby objektu, může to však být i celá řada veličin jiného charakteru. Obecné členění doby údržby je patrné z Obr. 3 a charakteristika jednotlivých složek doby údržby je uvedena v ČSN IEC 60050-192. Přehled základních ukazatelů, které se v praxi pro popis udržovatelnosti objektů používají, je uveden v příslušných technických normách [1]. Dále budou uvedeny ty ukazatele udržovatelnosti, které jsou v praxi nejčastěji využívány.

5.1 Normované ukazatele

Dále uvedené ukazatele a jejich definice byly převzaty z normy ČSN IEC 60050-192 [5].

Pravděpodobnost doby aktivní údržby (*maintainability*) – Pravděpodobnost, že daný údržbářský zásah prováděný za stanovených podmínek s použitím specifikovaných postupů a zdrojů může být dokončen v časovém intervalu (t_1, t_2) za předpokladu, že zásah začal v čase $t = 0$. Označení: $M(t_1, t_2)$.

Intenzita oprav (*repair rate*) – Limita, existuje-li, podílu podmíněné pravděpodobnosti, že se oprava dokončí v časovém intervalu $(t, t + \Delta t)$, a Δt , když se Δt blíží nule, za předpokladu, že oprava začala v čase $t = 0$ a nebyla dokončena před časem t . Označení: $\mu(t)$.

Střední doba do obnovy (*mean time to restoration*) – Očekávaná hodnota doby do obnovy. Označení: MTTR.

Střední doba opravy (*mean repair time*) – Očekávaná hodnota doby opravy. Označení: MRT.

V případě, že je intenzita oprav v čase konstantní (rozdělení dob do obnovy má exponenciální charakter), pak platí:

$$\mu = \frac{1}{MRT}$$

Střední doba aktivní údržby po poruše (*mean active corrective maintenance time*) – Očekávaná hodnota doby aktivní údržby po poruše. Označení: MACMT.

Pracnost údržby (*maintenance man-hours*) – Součet dob strávených jednotlivými pracovníky při provádění zásahu údržby. Označení: MMH.

p -kvantil doby opravy (*p-fractile repair time*) – Hodnota p -kvantilu doby opravy.

Norma ČSN EN 50126-1 uvádí (v informativní příloze B) příklady dalších ukazatelů udržovatelnosti (bez bližšího vysvětlení), např.:

- střední doba provozu mezi údržbami (*mean operating time between maintenance* – MTBM);
- střední doba do provedení údržby (*mean time to maintain* – MTTM).

5.2 Specifické ukazatele

Mimo výše uvedené ukazatele, které jsou pro popis udržovatelnosti doporučovány mezinárodními standardy, se v praxi využívají i další účelové ukazatele. Pro příklad uveďme:

- střední doba daného údržbářského zásahu (preventivní údržby na daném stupni údržby);
- střední doba prohlídek a diagnostiky;
- střední doba mezi prohlídkami;
- střední doba preventivní údržby;
- střední doba mezi preventivními údržbami;
- střední doba preventivní údržby vztažená na jednotku doby provozu;
- střední pracnost preventivní údržby vztažená na jednotku doby provozu;
- střední doba údržby po poruše (*mean corrective maintenance time* – MCMT);
- střední doba preventivní údržby (*mean preventive maintenance time* – MCMT);
- maximální doba údržby po poruše s 95% konfidencí (M_{max95}).

Časté je také používání ukazatelů, které postihují ekonomickou stránku údržby. Pro příklad uveďme:

- kumulativní náklady životního cyklu;
- kumulativní náklady na údržbu;
- jednotkové náklady na údržbu (náklady vztažené na jednotku doby provozu);
- střední náklady na opravu či preventivní údržbářský zásah.

5.3 Poznámka k rozdílu mezi MTTR a MRT

V této podkapitole je objasněn rozdíl mezi dvěma často používanými a (dle vlastních zkušeností autora z oblasti železničního průmyslu) často nesprávně interpretovanými ukazateli udržovatelnosti. Jedná se o následující ukazatele:

- střední doba do obnovy (*mean time to restoration* – MTTR);
- střední doba opravy (*mean repair time* – MRT).

Dle platných norem [5] a [8], v souladu s Obr. 2 a Obr. 3, doba do obnovy (*time to restoration*) zahrnuje:

- administrativní zpoždění;
- dobu detekce poruchového stavu;
- dobu údržby po poruše:
 - logistické zpoždění;
 - dobu aktivní údržby po poruše:
 - technické zpoždění;
 - dobu opravy (dobu lokalizace poruchového stavu; dobu odstranění poruchového stavu; dobu kontroly funkce).

Z uvedeného (a také z Obr. 2 a Obr. 3) vyplývá, že doba opravy (*repair time*) je částí doby do obnovy, přičemž doba do opravy zahrnuje:

- dobu lokalizace poruchového stavu;
- dobu odstranění poruchového stavu;
- dobu kontroly funkce.

V železničním průmyslu se často ve specifikacích na produkty a ve smlouvách objevuje požadavek na maximální povolenou hodnotu MTTR. Přičemž nezřídka bývá definováno, že se do doby do obnovy nezapočítávají např.:

- veškerá zpoždění;
- nebo veškeré doby, které často nemůže dodavatel ovlivnit (tj. zpoždění a detekce).

V uvedených případech se poté obvykle pracuje s MTTR, avšak nejedná se o MTTR ve smyslu normativních definic.

6 Příklady požadavků na udržovatelnost drážních aplikací

Dále uvedené podkapitoly obsahují příklady požadavků na udržovatelnost drážních aplikací, se kterými se autor článku setkal zejména ve specifikacích na produkty určené pro drážní aplikace.

6.1 Kvalitativní požadavky

Kvalitativní požadavky na udržovatelnost obvykle úzce souvisí s přijatou politikou údržby a zpravidla specifikují požadavky na objekt takovým způsobem, aby jeho udržovatelnost co možná nejlépe korespondovala s touto politikou údržby [3].

Kvalitativní požadavky na udržovatelnost se zpravidla týkají buď konstrukčního provedení objektu, nebo způsobu provádění jeho údržby [3].

Příklady kvalitativních požadavků na udržovatelnost:

- doby údržby musí být razantně sníženy oproti současné praxi;
- náklady na údržbu musí být minimalizovány;
- údržba produktu musí respektovat definovaný režim údržby (stupně údržby, intervaly údržby, omezení činností a míst údržby na jednotlivých stupních);
- produkt musí být „bezúdržbový“ po celou dobu životního cyklu;
- k údržbě produktu může být použito jen náradí definované v seznamu povoleného náradí;
- všechny LRU (*line replaceable unit* – jednotka vyměnitelná na místě) musí být vyměnitelné bez použití speciálních nástrojů;
- je zakázáno používání speciálních nástrojů při údržbě produktu;
- periodická údržba (výměny náplní, výměny filtrů a seřizování) musí být možná bez demontáže produktu z vlaku;
- demontáž konkrétního dílu musí být možná bez odstraňování krytů a demontáže jiných dílů;

- výměna a seřízení konkrétního dílu musí být jednoduchý úkon;
- musí být minimalizován počet mazacích bodů a typů maziv.

6.2 Kvantitativní požadavky

Kvantitativní požadavky na udržovatelnost bývají obvykle specifikovány s využitím normovaných nebo specifických ukazatelů udržovatelnosti (viz kap. 5). V takovém případě mají požadavky obvykle formu maximální (nebo minimální) povolené číselné hodnoty ukazatele, např.:

- MTTR < 30 minut;
- MRT \leq 15 minut;
- MMH \leq 2 hodiny.

Časté jsou také situace, kdy jsou požadavky vázány přímo k veličinám charakterizujícím udržovatelnost objektu (nikoliv k ukazatelům udržovatelnosti). Příklady uvedeného typu požadavků:

- produkt nesmí vyžadovat preventivní údržbu častěji jak 1x za rok;
- minimální interval výměny dílů: 8 let;
- maximální povolená doba výměny konkrétního dílu: 15 minut;
- všechny LRU (*line replaceable unit*) musí být vyměnitelné do 30 minut;
- maximální počet pracovníků údržby nutný pro demontáž produktu z vlaku: 2 osoby;
- jednotlivé úkony preventivní údržby mohou trvat maximálně 5 hodin během prvních 10 let provozu;
- úkony údržby po poruše vyžadující zvednutí vlaku musí trvat méně než 6 hodin;
- maximální doba úkonu údržby po poruše: 3 hodiny;
- seřízení a nastavení produktu po údržbě: max. 15 minut, max. 1 osoba.

7 Prokázání splnění požadavků na udržovatelnost

V této kapitole jsou uvedeny obecné způsoby, jakými lze prokázat, že požadavky na udržovatelnost produktu byly splněny. Konkrétní způsoby provedení prokázání se mohou různit v závislosti na požadavcích odběratele, charakteru produktu, interních procesech dodavatele apod.

7.1 Prokázání splnění kvalitativních požadavků na udržovatelnost

Splnění kvalitativních požadavků na udržovatelnost lze nejčastěji prokázat formou:

- přezkoumání dokumentace produktu (výkresů, manuálů, ...);
- přejímky fyzického produktu (přejímka prvního kusu – FAI, ...);
- demonstrace udržovatelnosti (formou zkoušky nebo během provozu).

Přezkoumání dokumentace a přejímky musí reflektovat kvalitativní požadavky na udržovatelnost.

7.2 Prokázání splnění kvantitativních požadavků na udržovatelnost

Splnění kvantitativních požadavků na udržovatelnost lze nejčastěji prokázat formou:

- analýz a výpočtů, které mohou být samostatné nebo být součástí dalších analýz (nejčastěji analýzy nákladů životního cyklu – LCC);
- demonstrace udržovatelnosti (formou zkoušky nebo během provozu). Nedílnou součástí je sběr dat a jejich následné vyhodnocení vhodnými metodami.

Analýzy, výpočty a demonstrace musí být zaměřeny na určení/ověření hodnot vyplývajících z kvantitativních požadavků.

Jedním z nejčastějších kvantitativních požadavků na udržovatelnost je požadavek na střední dobu do obnovy (MTTR). Splnění požadavku na MTTR lze do jisté míry ovlivňovat bez změny konstrukce produktu, zejména volbou LRU (jednotek vyměnitelných na místě) a počtem osob, které budou údržbu provádět.

8 Závěr

Na základě dosud uvedených informací je zřejmé, že udržovatelnost je nedílnou součástí spolehlivosti a RAMS.

Je také zřejmé, že udržovatelnost je v normě ČSN EN 50126-1 prioritně brána jako nedílná část RAM, resp. RAMS. V samostatném kontextu je udržovatelnost v normě zmíněna jen několikrát.

V současné době neexistuje norma z oblasti drážních aplikací, která by se věnovala prioritně udržovatelnosti. Avšak existují tři normy zaměřené specificky na údržbu drážních aplikací. Norem zaměřených na udržovatelnost obecně existuje značné množství.

Udržovatelnost lze „kvantifikovat“ s využitím ukazatelů normovaných i specifických. Zejména v železničním průmyslu je třeba věnovat pozornost rozdílu mezi MTTR a MRT.

Na udržovatelnost drážních aplikací bývají kladeny kvalitativní i kvantitativní požadavky. Prokázat splnění požadavků lze různými způsoby, včetně analýz a demonstrací udržovatelnosti.

Použité zdroje

- [1] HOLUB, Rudolf, Zdeněk VINTR. *Základy spolehlivosti*. 1. vyd. Brno: Vojenská akademie v Brně, 2002.
- [2] VINTR, Zdeněk, David VALIŠ a Michal VINTR. *Základy spolehlivosti technických systémů*. Brno: Univerzita obrany v Brně, 2020. ISBN 978-80-7582-303-8.
- [3] VINTR, Michal. Analýza požadavků na spolehlivost. In *Specifikace, alokace, a optimalizace požadavků na spolehlivost*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2012, s. 18–26. ISBN 978-80-02-02394-4.
- [4] VINTR, Zdeněk. Současné přístupy k zabezpečování RAMS. In *RAMS drážních aplikací – současné přístupy, novinky a zkušenosti*. Brno: Univerzita Obrany v Brně, 2018, s. 3–9. ISBN 978-80-7231-410-2.
- [5] ČSN IEC 60050-192. *Mezinárodní elektrotechnický slovník – Část 192: Spolehlivost*. Praha: ÚNMZ, 2016.
- [6] ČSN EN 13306. *Údržba – Terminologie údržby*. Praha: ÚNMZ, 2018.

- [7] ČSN EN 17018: Drážní aplikace – Údržba drážních vozidel – Termíny a definice. Praha: ÚNMZ, 2021.
- [8] ČSN EN 61703 ed. 2. Matematické výrazy pro ukazatele bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a zajištěnosti údržby. Praha: ÚNMZ, 2017.
- [9] ČSN EN 50126-1 ed. 2. *Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS) – Část 1: Generický proces RAMS.* Praha: ÚNMZ, 2019.
- [10] ČSN EN 50126-2. *Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS) – Část 2: Systémový přístup k bezpečnosti.* Praha: ÚNMZ, 2019.
- [11] EN 50126-1:2017. *Railway Applications – The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) – Part 1: Generic RAMS Process.* Brussels: CENELEC, 2017.
- [12] EN 50126-2:2017. *Railway Applications – The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) – Part 2: Systems Approach to Safety.* Brussels: CENELEC, 2017.

Očekávaná úroveň spolehlivosti kolejových vozidel a její hodnocení v rutinním provozu

Ing. Martin Elstner, Ph.D.

ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

martin.elstner@skoda.cz

1 Úvod

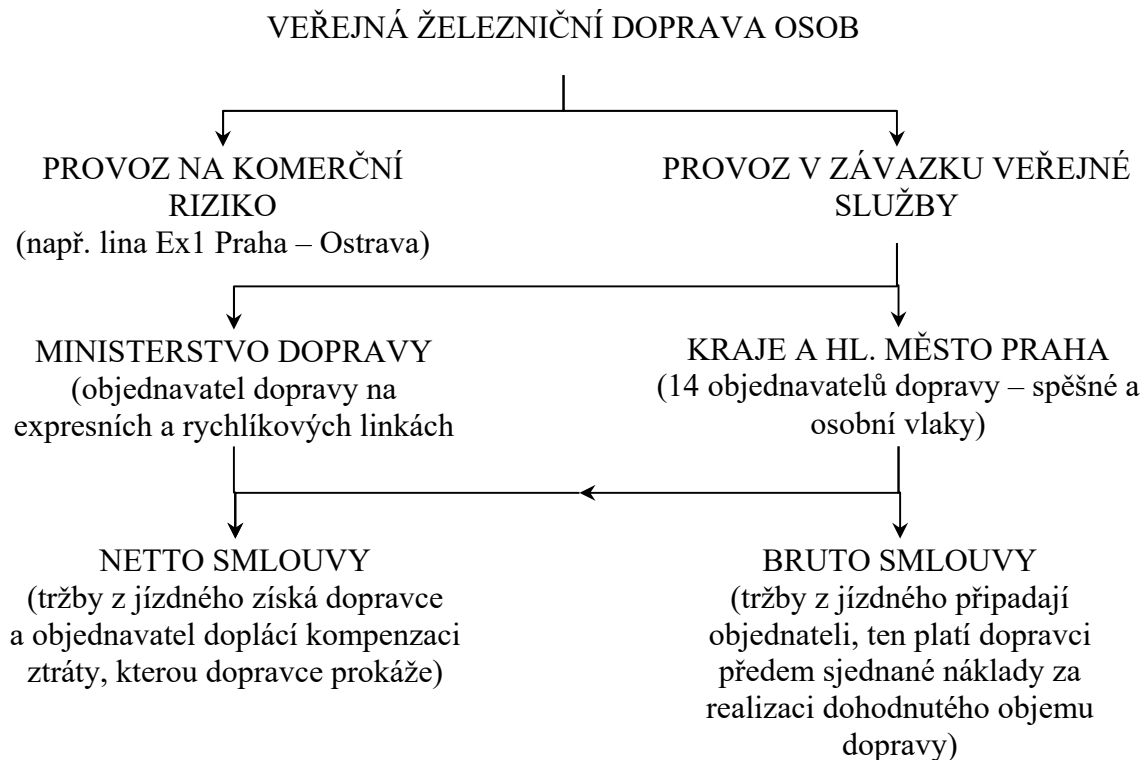
Železniční doprava prochází v posledních letech jistou proměnou. Kromě změn, které jsou obecně vyvolány změnami ve společnosti, jde především o strukturální změny, jež vycházejí z politiky Evropské unie převzaté jejími členskými státy. Evropská politika v oblasti železniční dopravy sleduje dva základní cíle, které se navzájem doplňují. Prvním je zvýšení atraktivity železnice, která má oproti jiným dopravním módům nižšími dopady na životní prostředí. Druhým cílem je dosažení jednotné úrovně bezpečnosti. Tento cíl chce sladit rizika a obavy z železničního provozu napříč jednotlivými státy tak, aby bylo možné provozovat železniční spoje za podobných podmínek napříč Evropou.

Norma EN 50126-1 přispívá k naplnění obou zmíněných cílů. Jak tento standard souvisí s aktuálním očekáváním zákazníků železniční dopravy osob v ČR? Jaká úskalí s sebou nese snaha aplikovat principy, postupy a charakteristiky RAMS? Tento příspěvek není vyčerpávajícím návodem na zodpovězení podobných otázek. Aby byla železniční doprava opravdu atraktivním a tedy kvalitním dopravním módem, musí její charakteristiky odpovídat očekáváním zákazníků. Z hlediska bezpečnosti očekávají jak cestující, tak i objednatelé dopravy její bezpodmínečné zajištění. Z pohledu spolehlivosti platí, že v linkové dopravě zaujímá dominantní roli jízdní řád a tím i čas. Proto hraje mezi kvalitativními vlastnostmi železničního provozu dominantní roli právě spolehlivost.

2 Současná situace ve veřejné železniční osobní dopravě

V současnosti působí na síti Správy železnic 123 železničních dopravců a z toho 41 má licenci i k dopravě osob [1]. Většina veřejné železniční dopravy osob probíhá na objednávku Ministerstva dopravy ČR a jednotlivých krajů. Smlouvy na zajištění základní dopravní obslužnosti železniční dopravou s objednateli jsou veřejně přístupné. Schématický přehled možností, podle kterých je realizována železniční doprava, je uveden na obrázku 1. Mezi objednateli neexistuje jednotný pohled na potřeby základní dopravní obslužnosti území a na kvalitativní parametry poptávané a objednané dopravní služby. Z toho také vyplývají rozdíly v tom, na co jednotliví objednatelé kladou důraz.

Bohužel ne všichni objednatelé mají vytvořeno odborné zázemí mezi svými zaměstnanci nebo společnostmi, které pro ně organizují systém veřejné dopravy. Na regionální veřejnou dopravu tak vznikají u některých objednavatelů požadavky bez zásadních znalostí o fungování železniční dopravy osob včetně všech technických a technologických specifik, které má tento dopravní mód.



Obr. 1: Způsoby provozu veřejné železniční dopravy osob v ČR

2.1 Požadavky smluv na zajištění veřejné dopravy

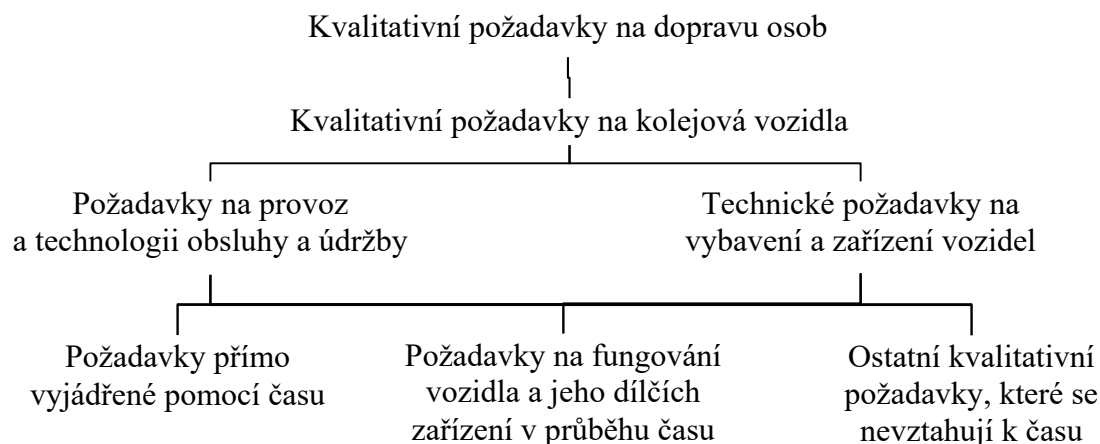
Tak jak se liší představy objednavatelů dopravy o kvalitě přepravní služby a kvalitě železničních kolejových vozidel (ŽKV) pro její zajištění, liší se pochopitelně i požadavky zakotvené ve smlouvách včetně sankčních podmínek za jejich neplnění.

Příkladem různých požadavků objednavatelů mohou být třeba podmínky pro toalety ve vlacích. V některých smlouvách je požadavek na uzavřené systémy WC, zatímco v jiných smlouvách toto není stanoveno. Počet toalet na vlaku je stanoven také různě a pohybuje se přibližně v rozpětí 80 až 150 sedadel na jedno WC ve vlaku. Obdobné to je třeba s možností přepravy jízdních kol pod. Podobných příkladů lze uvést značné množství. Aby bylo možné se jimi nějak systémově zabývat, je potřeba je roztřídit.

Pro tyto účely je vhodné připomenout aktuální definici kvality. Ta je *stupněm splnění požadavků souborem inherentních charakteristik objektu* [2]. Nás zajímá, jak jsou plněny požadavky na kolejová vozidla charakteristikami RAMS.

V současnosti však objednavatelé dopravy kvalitu pomocí běžných charakteristik RAMS neposuzují. Pro další výzkum této problematiky je možné rozdělit charakteristiky na část týkající se spolehlivosti (RAM) a část pro hodnocení bezpečnosti (S). Objednavatelé dopravy se bezpečností příliš nezabývají. Ve smlouvách k zajištění dopravy jsou obecné formulace jako například „Doprovce zajistí kvalitní a bezpečnou dopravu“. Fakticky objednavatelé předpokládají, že na bezpečnost dohlíží státní bezpečnostní orgány (např. *Drážní úřad ČR*). Z tohoto důvodu se bezpečnosti nevěnuje dále ani tento příspěvek.

Pro charakteristiky RAM je na místě druhá připomínka ze současného standardu. *Spolehlivost se používá jako souhrnný termín pro charakteristiky kvality objektu, které se vztahují k času* [3]. Na Obr. 2 je pro lepší vzhled do problematiky příklad rozdělení požadavků smluv podle této definice.



Obr. 2: Příklad třídění požadavků od objednavatelů dopravy

2.2 Ukazatele spolehlivosti vyplývající ze smluvních závazků

Za základní požadavek všech smluv s objednavateli dopravy je dodržování jízdního řádu. Řada smluv obsahuje požadavky přímo vyjádřené jako čas: například:

- Maximální nepenalizovaná (tolerovaná) velikost zpoždění (*běžně bývá požadováno 5 minut*);
- Maximální velikost zpoždění vlaku, které je bráno jako realizovaný dopravní výkon (*běžně 30 až 60 minut*);
- Doba pro svěšení/rozsvěšení soupravy (*3 minuty*);
- Doba pro úvrať soupravy (*3 až 4 minuty*);

Příkladem poměrně komplikované charakteristiky, která je definovaná v některých smlouvách, je ukazatel přesnosti. Vzorec (1) je matematickým přepisem tohoto ukazatele z textového ustanovení smlouvy. Mezní hodnoty pro uplatnění sankcí se pohybují v rozsahu 90 až 96%

$$U_{př} = \frac{\sum_{vz=1}^{n_z} (\sum_{s_{vz}=1}^{m_{vz}} (1))}{\sum_{v=1}^n (\sum_{s=1}^m (1))} \cdot 100 (\%) \quad (1)$$

- vz představuje příslušný vlak zpožděný nad stanovenou mez ve sledovaném období,
- n_z je počet všech vlaků zpožděných nad stanovenou mez ve sledovaném období
- s_{vz} představuje stanici, ve které zpoždění vlaku vz překročilo stanovenou mez,
- m_{vz} je počet stanic, v nichž zpoždění vlaku vz překročilo stanovenou mez,
- v představuje vlak realizovaný podle dané smlouvy ve sledovaném období,
- n je počet vlaků realizovaných na základě smlouvy ve sledovaném období
- s je stanice, v níž je hodnoceno zpoždění vlaku n ,
- m je počet stanic, v nichž je hodnoceno zpoždění vlaku n .

V některých smlouvách jsou stanoveny buď přímo řady vozidel, kterými má být doprava realizována, nebo jsou předepsány konkrétní kvalitativní parametry vlakových souprav. Pro sledování a hodnocení je zaváděn ukazatel *dodržování plánu řazení*. Mez pro případnou penalizaci je stanovena v procentech a představuje podíl počtu vlaků, u nichž není dodrženo předem deklarované řazení soupravy, k počtu všech objednaných vlaků za hodnocené období. Obvyklá mez pro penalizaci stanovená zveřejněnými smlouvami je 90 až 98%.

Tento požadavek lze z pohledu objednavatelů jistě chápat. Ve skutečnosti však znamená fragmentaci vozidlového parku na skupiny vozidel, které zajišťují dopravu pro různé subjekty. Omezuje, či znemožňuje použití záložní skupiny vozidel pro více objednavatelů, pokud je doprava zajišťována jedním dopravcem.

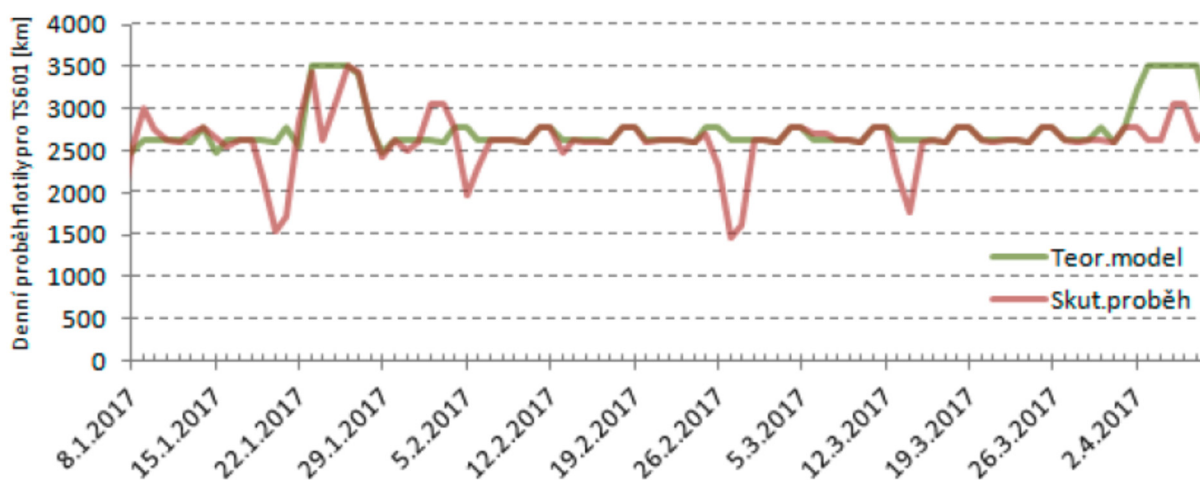
Samostatnou skupinou ukazatelů spolehlivosti jsou charakteristiky pro popis RAM dílčích zařízení a celků, které sice přímo neomezují vozidlo z hlediska pohybu po koleji, ale v případě jejich provozneschopnosti uplatňuje objednavatel sankce. Příkladem takových zařízení mohou být nefunkční toaleta, router pro signál Wifi, nebo jedny nástupní dveře.

3 Možnosti hodnocení spolehlivosti vozidel v provozu

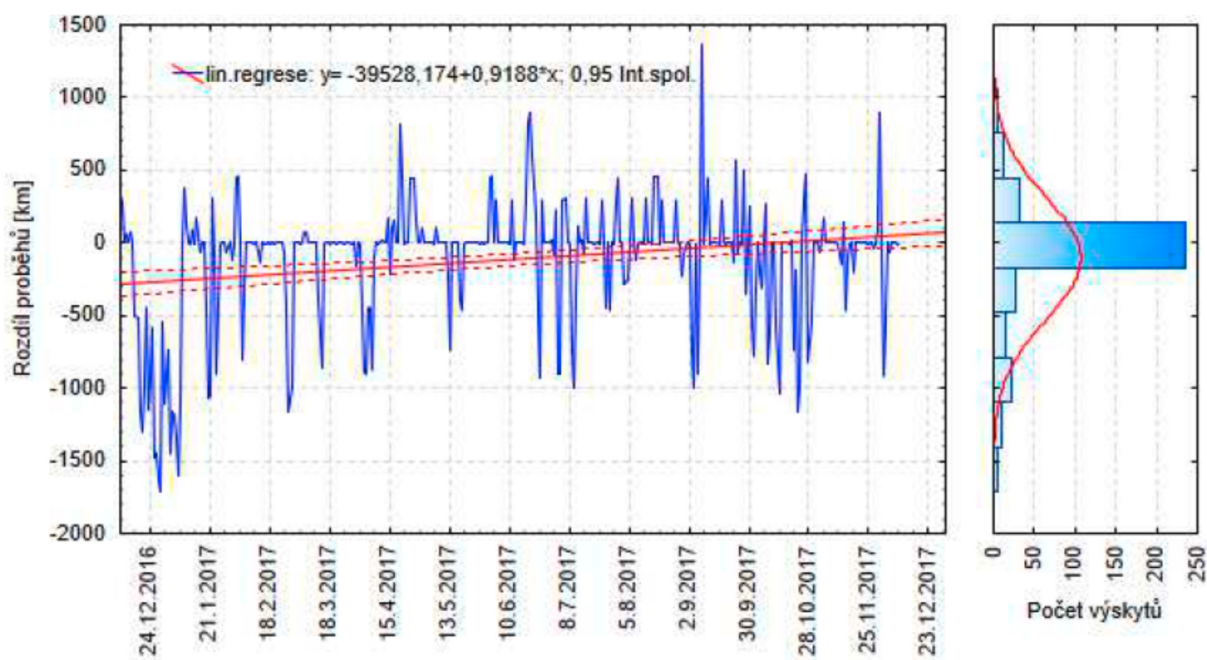
V železničním provozu ČSD a později ČD, s.o. byly poruchy vozidel historicky sledovány a šetřeny pomocí tzv. *dispečerských příkazů*. Jednalo se o dokumenty, které vystavil dispečerský aparát, postupně se k příčinám zpoždění vlaku vyjádřily jednotlivé útvary a na závěr bylo rozhodnuto o odpovědnosti daného útvaru nebo jednotlivce. Tento systém však neměl pevnou vazbu na organizaci údržby vozidel a do jisté míry záleželo na subjektivním přístupu zaměstnanců odpovědných za údržbu.

Aby bylo možné uplatnit pro sledování a hodnocení spolehlivosti jakýkoliv ukazatel, je nezbytný rutinní sběr dat. Většina drážních vozidel pro přepravu osob má intervaly pro preventivní údržbu stanovenou jako kilometrický proběh vozidla. Údaje o realizovaném proběhu jsou sledovány a zpravidla rutinně načítány do informačního systému pro údržbu jako denní nebo měsíční kilometrické běhy vozidel. V současnosti není integrace dat z informačních systémů pro provoz a údržbu na takové úrovni, aby bylo možné jednoznačně specifikovat bez další lidské práce příčinu výpadku jednotlivých vozidel z plánovaných oběhů. Ty jsou při tom zásadní pro organizaci údržby a její plánování.

Pro malé skupiny vozidel, které se váží například k zajištění dopravy na konkrétní lince nebo v konkrétní oblasti a jakékoliv výpadky z plánovaných oběhů vozidel jsou objednavateli ošetřeny sankcemi, lze využít denních proběhů a porovnat je s plánovaným modelem provozu. Příklad porovnání je uveden na obrázku 3. Na rozdíly mezi skutečným proběhem a hodnotami z plánovaného modelu lze aplikovat analytické metody pro časové řady. Na obrázku 4 je uveden příklad takové analýzy i se zobrazením trendu.



Obr. 3: Porovnání denního proběhu skupiny vozidel s plánovaným modelem provozu



Obr. 4: Analýza časové řady rozdílů mezi proběhem skupiny vozidel a plánovaným modelem provozu

Sledování a hodnocení spolehlivosti skupiny vozidel pomocí porovnání denních proběhů však neposkytuje informace o příčinách výpadků jednotlivých vozidel z provozu. Těch při tom může být celá řada a ne všechny způsobila porucha vozidla.

3.1 Vymezení časových intervalů

Společným cílem pracovníků operativního řízení provozu i údržby je pokrytí plánovaných dopravních výkonů vozidly. K prodloužení doby, kdy je vozidlo v použitelném stavu, lze přispět minimalizací prostojů, resp. dob, kdy se vozidla nacházejí v provozuneschopném stavu. Má-li být správně uplatněn procesní přístup, musí před technicko-organizačními změnami pro zkrácení neproduktivních dob předcházet hodnocení dat.

Pro odstranění příčin problémů, které snižují spolehlivost vozidel, je nezbytné určit jednotlivé stavy, ve kterých se může vozidlo nacházet. Úroveň spolehlivosti pak charakterizují časové intervaly připadající na dobu trvání příslušného stavu vozidla. Aby bylo možné jednotlivé časové intervaly měřit, musí být exaktně definovány jejich funkční hranice. S výhodou lze využít mezinárodní elektrotechnický slovník, kde jsou v kapitole 192 uvedeny různé stavy a časové intervaly [3].

Pro aplikaci v železničním prostředí je potřeba některé definice v tomto standardu přizpůsobit. Například pojem *Doba běhu naprázdno*¹ je pro celá železniční vozidla těžko uchopitelný. Má význam pro popis dob využití jednotlivých zařízení uvnitř vozidla. Dnes se běžně vozidla mimo provoz ponechávají v režimu tzv. *aktivního odstavení*. Jde o režim, kdy jsou napájeny pomocné pohony (topení/klimatizace, dobíječ baterie, kompresor, aj.). Jde tedy o *Pohotovostní stav*², z něž může vozidlo snadno přejít do stavu provozního.

¹ Definice číslo 192-02-15 v [3]

² Definice číslo 192-02-24 v [3]

Ještě složitější je situace u logistického zpoždění³, které souvisí s údržbou po poruše. Tuto dobu je možné dále rozdělit na čtyři intervaly s tím, že za každý z nich odpovídá jiný útvar nebo při outsourcingu údržby jiný subjekt:

- Doba přepravy vozidla z místa vzniku poruchy do místa údržby. *Odpovídá zpravidla dopravce, který provozuje vozidla na trati;*
- Čekání na uvolnění kapacity v místě údržby (čekání na uvolnění koleje v hale, koleje s odpovídajícím technologickým vybavením, atp. *Odpovídá zpravidla mistr údržbového pracoviště;*
- Doba technologie přístavby v rámci pracoviště údržby. *Odpovídá pracovník zajištění posunu vozidel po pracovišti.*
- Čekání na náhradní díl. *Odpovídá oddělení MTZ.*

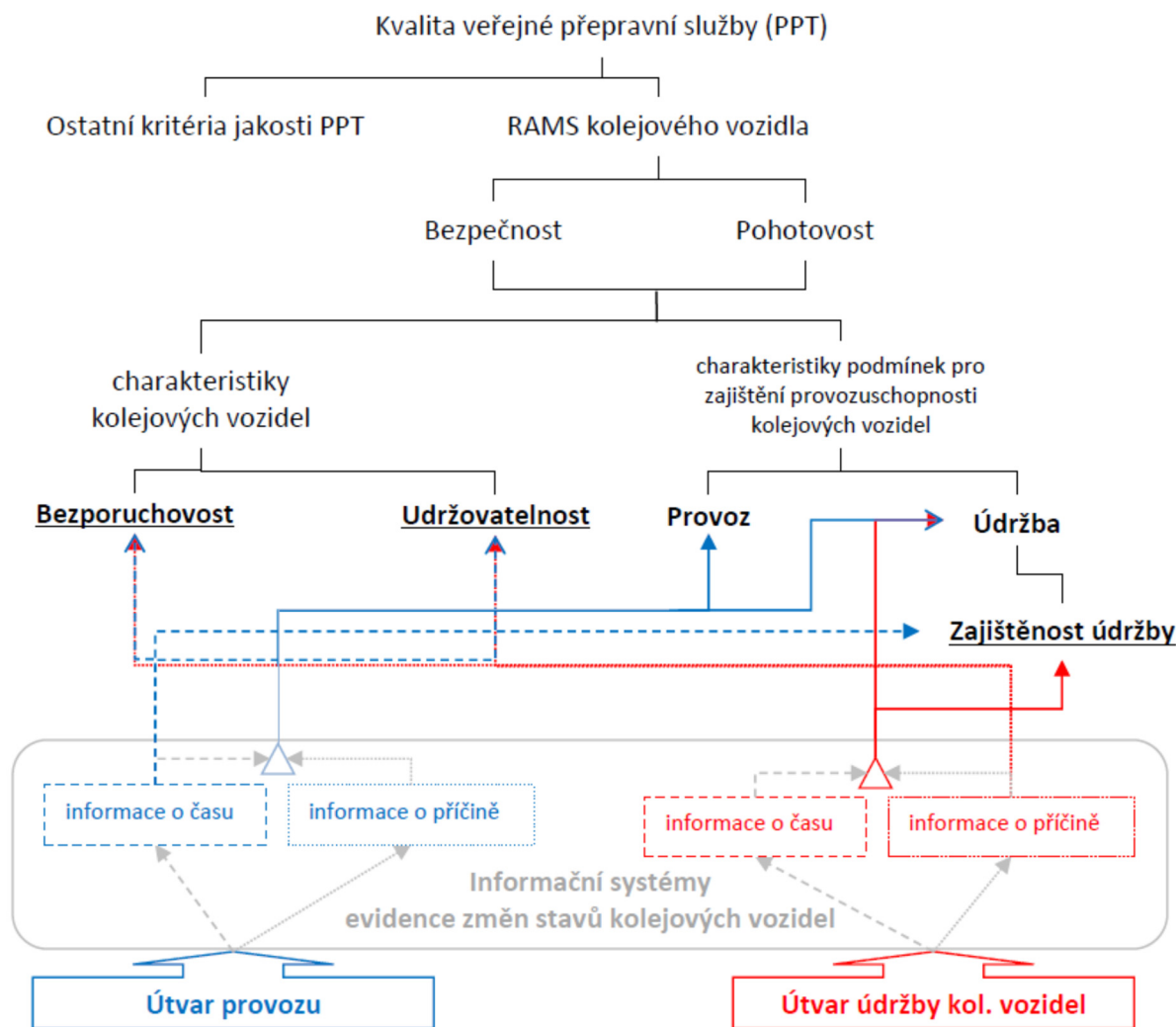
3.2 Odpovědnost za pořizování informací o stavu vozidla

Z předchozího příkladu členění logistického zpoždění je zřejmé, že za spolehlivost vozidel odpovídá více útvarů podniku, resp. při outsourcingu údržby i několik obchodních subjektů (dopravce, subjekt odpovědný za údržbu, údržbová dílna, atd.). Situace je však ještě komplikovanější, pokud chceme znát dopad různých příčin poruch na pohotovost vozidla. I pokud se vznik a zánik poruchy registruje v palubní diagnostice nelze bez integrace informací z často rozdílných informačních systémů zjistit, co konkrétně v provozu návrat k provozuschopnému stavu oddálilo.

Na obrázku 5 je schéma, které vychází z obrázku 2 uvedeném EN 50126-1 [4] a je doplněno o závislost jednotlivých charakteristik vozidel a podmínek pro jejich provozuschopnost na informacích o příčinách a okamžicích změn stavů vozidla. Z obrázku vyplývá, že pro některé charakteristiky pochází informace o příčině změny stavu z jiného zdroje informací než informace o okamžiku změny tohoto stavu. Tento fenomén klade značné nároky na informační systémy dopravce jakožto provozovatele vozidla a informační systém subjektu odpovědného za údržbu a její provádění. Bez integrace informací mezi těmito systémy lze sledovat jen některé časové intervaly popsané v mezinárodním elektrotechnickém slovníku [3] a navazujících standardech (např. EN 61703 ed.2⁴).

³ Definice číslo 192-07-13 v [3]

⁴ Matematické výrazy pro ukazatele bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a zajištění údržby



Obr. 5: Rozdělení odpovědnosti za informace pro hodnocení spolehlivosti kolejových vozidel

3.3 Požadavky na informační systém pro údržbu

Současnost charakterizují pojmy jako *Průmysl 4.0*, *Internet věcí*, apod. Masivní tok informací chápeme jako nástroj pro procesní přístup k řízení organizace s jistou samozřejmostí. Údržba technických zařízení může být poměrně komplikovaným procesem. Konkurenční výhodu v odvětví kolejových vozidel budou mít jistě Ti, kteří dokáží svými informacemi efektivně snižovat náklady na životní cyklus vozidel. Ať je model spolupráce mezi výrobcem, udržovatelem a dopravcem jakýkoliv, informace nutné pro optimální údržbu a tím náklady na životní cyklus vozidel jsou jen jedny.

Jaká data by tedy měl obsahovat a integrovat informační systém pro údržbu vozidel? Z pohledu spolehlivosti lze na tuto otázku hledat odpověď podobně jako v případě odpovědnosti za data. Problematiku lze rozdělit na informace:

1. o identifikaci poruchy, identifikaci údržbového zásahu (*dekompozice vozidla*);
2. o okamžicích změny stavu vozidla a dopadech, které způsobila závada systému nebo celku (*vyjádření časových intervalů pro charakteristiky spolehlivosti*).

Pro identifikaci jednotlivých celků slouží strukturovaný pohled na virtuálního vozidla. Stupeň rozčlenění tzv. dekompozice vozidla zásadně ovlivňuje kvalitu a množství získávaných

informací. Při přípravě struktury vozidla je potřeba uvažovat i šíři jejího využití. Příkladem využití v provozu je tvorba nástroje pro řešení problémů na trati v tabletech strojvedoucích. S rozšířením služebních pomůcek, jakými jsou tablety nebo chytré telefony se rozšířily i možnosti, jak zkrátit dobu prostoje a rychleji reagovat na závady přímo v provozu. Běžné jsou dnes vozidla s několika pohony. V případě poruchy na jednom z pohonů obsluha pomocí softwarového nastavení pohon vyloučí a vozidlo bez zásadního zdržení může pokračovat. Aby strojvedoucí správně a včas zareagoval, je v přípravě aplikace, která by jej v klíčových momentech při poruchách vozidel měla rychle navést na správný postup řešení problémů na konkrétní konstrukční řadě vozidla. Strukturální rozpad vozidla tedy nemusí být nutně využíván pouze údržbovým personálem a pro analýzu spolehlivosti jednotlivých součástí, ale jeho využití je širší a značně přesahuje využití pouze v rámci údržby vozidla.

Strojvedoucí jistě nepotřebuje mít k dispozici přehled o virtuálním rozložení lokomotivy na nejmenší části. Naopak je žádoucí abychom jej nezahltili zbytečnými informacemi. I když je nutné, aby dekompozice vozidla byla pro různé účely jinak rozsáhlá, je pro zajištění integrace informací potřeba vycházet z jediného systému strukturovaných pohledů na vozidlo. Na příkladu aplikace pro strojvedoucí lze demonstrovat takové využití. Z aplikace strojvedoucích totiž lze získat kvantifikované zpětné informace o tom, se kterými technickými problémy vozidel se strojvedoucí setkávají a jak často se to děje. Příčiny takových problémů mohou být různé. Kromě nízké životnosti součástí, nebo konstrukční vady může jít i o chybné návyky obsluhy rozšířené v kolektivu obslužného personálu. Pro výrobce mohou být takové poznatky přínosné ke zlepšení projektů na obsluhu vozidla v budoucnu. Pro zástupce údržby vozidla a pro ty, kteří školí strojvedoucí z technologie obsluhy vozidel, jsou informace cenné pro nastavení priorit a optimalizaci jejich vlastních činností.

V kapitole 3.1 je popsán význam časových intervalů stavů v životním cyklu vozidel. Protože při údržbě vozidel lze evidovat jen některé z nich, je vhodné uvažovat o propojení informačního systému údržby s dalšími zdroji dat pro sledování změn stavů vozidel a jejich důsledků. Cenným zdrojem dat jsou údaje z palubní diagnostiky. Výhodou je, pokud jsou data palubní diagnostiky synchronizována s údaji o provozu zadávaných strojvedoucími (např. číslo vlaku, osobní číslo strojvedoucího apod.), nebo přenášeny přímo ze systémů infrastruktury. V případě potřeby lokalizace problémů v železniční síti jsou taková data důležitá. Pro analýzy administrativních a částečně i logistických zpoždění je potom vhodné integrovat do informačního systému údržby i data o času příjezdu vozidla do místa údržby. Tyto informace lze získat buď pomocí vozidlového vysílače o poloze systémem GPS, nebo z informačních systémů o provozu vozidla.

Pro zpracování analýz o dopadech poruch je třeba v informačním systému integrovat údaje o příčině poruchy, okamžiku jejího vzniku a času nutném pro její odstranění. Byť se to zdá jako samozřejmý cíl, v praxi dnes tato integrace nebývá na takové úrovni, aby bylo možné kvantifikovat poruchy a provádět rutinně například Paretovu analýzu poruch na základě jejich dopadů do provozu.

4 Možnosti kooperace provozovatele a výrobce vozidla

Kolejová vozidla jsou dnes značně komplikovanými technickými objekty. Na různé jejich části a systémy má smysl uplatňovat odlišné strategie údržby. Dnešní legislativa (např. [5] a [6]) neumožňuje měnit rozsah plánované údržby bez předchozí analýzy a schválení příslušným evropským, resp. státním orgánem. Z toho plyne, že pro nová i stávající vozidla je jedinou cestou jak optimalizovat údržbu v průběhu životního cyklu průběžný sběr dat a návrh změn založený na jejich hodnocení.

Dnes se stále více uplatňují modely, kdy se na údržbě vozidla podílí výrobce v průběhu celého životního cyklu vozidla. Někdy výrobce plně zajišťuje údržbu, jindy se podílí na údržbě pouze dodávkami náhradních dílů. Ať už výrobce zajišťuje jakýkoliv podíl na údržbě je pro něj výhodné sdílet s provozovatelem data o technickém stavu vozidla.

Provozovatelé a dopravci oproti výrobcům vozidel znají lépe specifika drážního provozu. Občas může být i zdánlivě banální závada velkým problémem. A dopady některých závad, byť je jejich odstranění v podmínkách údržbového depa krátkou a nenáročnou opravou, mohou v provozu působit velké problémy a ve svém důsledku sankce od objednatele a značně negativní ohlas od cestujících.

Ke zlepšení spolehlivosti železniční dopravy v dané lokalitě, nebo na dané lince může jistě přispět vzájemná informovanost. Doplněním dat palubní diagnostiky o informace z provozu vozidla lze zpracovat analýzy například zda jsou některé typy poruch nějak ovlivněny konkrétními strojvedoucími nebo konkrétní lokalitou, stavem trati v daném místě apod. Stejně tak je do celkové spolehlivosti zapotřebí uvažovat i čas nutný na stažení vozidla po poruše na trati zpět do místa údržby. Tento čas je při tom značně proměnlivý a vždy závisí kromě kapacity trati i na lidském faktoru. Jak rychle se podaří dispečerům aktivovat záložní vozidla, pomocnou lokomotivu apod.

5 Závěr

Požadavky na spolehlivost kolejových vozidel nejsou objednateli dopravy formulovány exaktně. Přesto jsou v různé míře ve smlouvách pro zajištění dopravní obslužnosti stanovena určitá kritéria a sankce za jejich nedodržení.

Pro to, aby bylo možné dosáhnout odpovídající stupeň spolehlivosti, je třeba řešit příčiny možných poruch a problémů, které ji ovlivňují. Má-li být zvyšována úroveň spolehlivosti vozidel, neobejde se to bez evidence poruch včetně identifikace a kvantifikace jejich dopadů.

Ať jsou vztahy a vazby mezi výrobcem, udržovatelem a provozovatelem vozidla jakékoliv, je zřejmé, že jejich společným cílem musí být trvalá optimalizace spolehlivosti jako zásadní kvalitativní charakteristiky dopravy. Té je možné dosáhnout integrací dat, jejich analýzou a opatřeními přijatými na základě jejich výsledků.

Použité zdroje

- [1] Dopravci působící na železniční síti, 2021. *Správa železnic: Hlavní stránka* [online]. Praha: Správa železnic, státní organizace, 16.6.2021 [cit. 2021-07-07]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/dodavatele-odberatele/zajisteni-provozuschnosti-drahy/dopravci-pusobici-na-zeleznicni-siti>
- [2] ČSN EN ISO 9000:2016 (01 0300). *Systém managementu kvality: Základní principy a slovník*. Praha: Úřad pro metrologii, normalizaci a státní zkušebnictví, 2016.
- [3] ČSN IEC 60050-192, 2016. Mezinárodní elektrotechnický slovník – Část 192: Spolehlivost. Katalogové č. 98237. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [4] ČSN EN 50126-1 ed. 2, 2019. Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS) – Část 1: Generický proces RAMS. Katalogové č. 506768. Praha: Česká agentura pro standardizaci.

- [5] EVROPSKÁ UNIE, 2013. *Prováděcí nařízení Komise: o společné bezpečnostní metodě pro hodnocení a posuzování rizik a o zrušení nařízení (ES) č. 352/2009*. In: Brusel: Evropská komise, ročník 2013, číslo 402, s. 121. CELEX: 32013R0402.
- [6] EVROPSKÁ UNIE, 2016. *Směrnice evropského parlamentu a Rady: o bezpečnosti železnic*. In: Štrasburk: Evropská Unie, ročník 2016, číslo 798. Celexové číslo: 32016L0798.

Název: RAMS drážních aplikací – Vybraná témata
Autoři: Vintr, Z; Vintr, M. a Elstner, M.
Vydavatel: Univerzita Obrany
Položka EP: 40/2021/FVT
Tisk: Oddělení vydavatelství a správy studijních fondů UO, Brno
Číslo zakázky:
Náklad: 40 ks
Počet stran: 35
Rok vydání: 2021
Vydání: první

Publikace neprošla jazykovou úpravou

ISBN 978-80-7582-396-0