



**26. MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA
„SÚČASNÉ PROBLÉMY V KOĽAJOVÝCH
VOZIDLÁCH - PRORAIL 2023“
20. – 22. septembra 2023, Žilina, Slovensko**

<https://doi.org/10.26552/spkv.Z.2023.2.22>

**AUTONOMNÍ DIAGNOSTIKA VÝHYBEK NA ZÁKLADĚ SNÍMÁNÍ
DYNAMICKÉ ODEZVY PROJÍZDĚJÍCÍHO VOZIDLA**

***AUTONOMOUS DIAGNOSTICS OF SWITCHES AND CROSSINGS
BASED ON SENSING THE DYNAMIC RESPONSE OF THE PASSING
VEHICLE***

Lukáš RAIF, Petr NAVRÁTIL, Michal VYHLÍDAL, Otto PLÁŠEK^{*)}

1 ÚVOD

V roce 2020 bylo započato s řešením projektu Výhybka 4.0. Podobnost názvu projektu s aktuálně často zmiňovaným Průmyslem 4.0 není náhodná. Cílem projektu je konvenční železniční výhybku jako produkt přizpůsobit potřebám přicházející čtvrté průmyslové revoluce, tzn. vyvinout železniční výhybku budoucnosti. Tu si lze zjednodušeně představit tak, že se bude schopna v první fázi pomocí instalovaných senzorů autonomně diagnostikovat a vyslat případné upozornění na nutnost údržbového zásahu dříve, než dojde k poruše, která by mohla významně ovlivnit železniční provoz.

Účastníci konsorcia projektu jsou český výrobce výhybek DT – Výhybkárna a strojírna, a.s., Vysoké učení technické v Brně, Univerzita Pardubice a společnost RETIA, a.s. První myšlenky o diagnostickém zařízení výhybky vznikly ale již dříve před započatím tohoto projektu, a to za řešení grantového projektu Shift2Rail s akronymem S-CODE (plným názvem Switch and Crossing Optimal Design and Evaluation; www.s-code.info), jehož širšího mezinárodního konsorcia byly první tři uvedené subjekty rovněž členy. V tomto projektu, který řešil celkově radikálně nové způsoby řešení výhybek a výhybkových konstrukcí, byly identifikovány první myšlenky o samodiagnostice a samoléčení výhybek. Jelikož se téma zdálo jako velice perspektivní, bylo po skončení tohoto projektu v roce 2019 následně založeno ryze české konsorcium, které navázalo na řešenou problematiku a se svým návrhem projektu Výhybka 4.0 uspělo v soutěži v první výzvě programu Doprava 2020+ Technologické agentury ČR.

^{*)} **Ing. Lukáš RAIF, Ph.D.**, DT – Výhybkárna a strojírna, a.s., Kojetínská 4750/6 79601 Prostějov, Česká republika, +420 702 153 485, raif@dtvs.cz, výzkumný, vývojový pracovník – vedoucí skupiny 1.

Ing. Petr NAVRÁTIL, DT – Výhybkárna a strojírna, a.s., Kojetínská 4750/6 79601 Prostějov, Česká republika, +420 725 554 099, navratil.petr@dtvs.cz, výzkumný, vývojový pracovník - elektrotechnik (sk. 2).

Ing. Michal VYHLÍDAL, DT – Výhybkárna a strojírna, a.s., Kojetínská 4750/6 79601 Prostějov, Česká republika, +420 606 094 761, vyhlidal@dtvs.cz, výzkumný, vývojový pracovník (sk. 1).

doc. Ing. Otto PLÁŠEK, Ph.D., Ústav železničních konstrukcí a staveb, Fakulta stavební, VUT v Brně, Veveří 331/95, 602 00 Brno, +420 5 4114 7320, otto.plasek@vut.cz, vedoucí ústavu; pedagogický a vědecký pracovník.

2 CÍLE A OBECNÝ PRINCIP

2.1 Cíle projektu

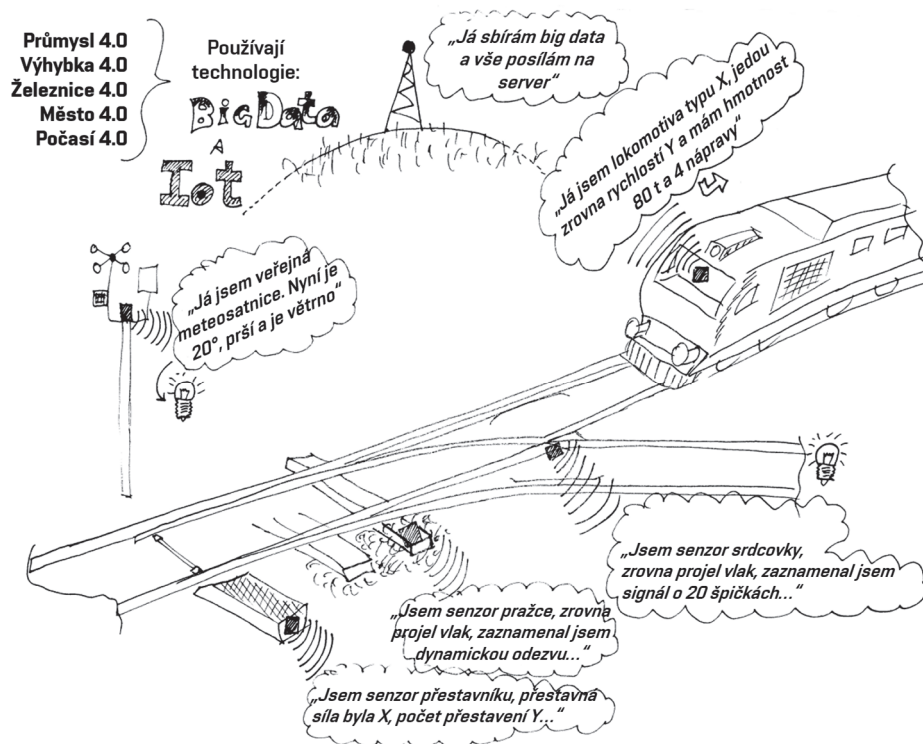
Činnosti realizované v rámci projektu jsou zaměřeny zejména na vývoj inteligentního autonomního diagnostického systému pro výhybky. Předpokládá se použití systému jak do výhybek konvenčních, které se dnes vkládají např. do koridorových tratí, tak výhledově i pro výhybky instalované do vysokorychlostních tratí. Zjišťování provozního stavu výhybek zatím nezahrnuje využití současných trendů a možností techniky. Spoléhá především na zkušené pracovníky, kteří na základě ručního měření, doplněných o vybraná data z měřicích vozů, hodnotí stav výhybek a plánují údržbové zásahy, což je málo efektivní a bez možnosti automatizace, centralizace a predikce. Zjednodušeně řečeno je tedy řada parametrů sledována pracovníky dráhy osobně vizuálně na místě, případně jednoduchými měřicími prostředky. Některé veličiny pak lze také vysledovat z dat poskytovaných z měřicích vozů železničního svršku, které výhybku pravidelně projíždějí a měří. Diagnostika stavu výhybky je tedy v dnešním pojetí z větší části závislá na lidském faktoru, na jeho vnímání a předchozích zkušenostech a často bez možnosti fundovaně předpovídat budoucí vývoj případných poruch. Vyvíjené zařízení v projektu Výhybka 4.0 předpokládá významnou eliminaci lidské činnosti přímo na výhybkách. Tímto se díváme také do budoucnosti železničních drah v ČR, jelikož na vysokorychlostních tratích nebude ani možné, aby do koleje za účelem běžné kontroly vstupovali zaměstnanci správce infrastruktury obdobně, jak je tomu u dnešních konvenčních tratí. Takový diagnostický systém bude tedy pro budoucnost železnic tak či onak zcela nezbytný.

Velký důraz při vývoji zařízení je pak kladen na možnost prediktivního zjišťování stavu výhybky, čehož není člověk zcela objektivně při stávajících způsobech měření schopen. Prediktivní údržba, tedy údržba plánovaná dopředu a cíleně na konkrétní zhoršující se parametr ve výhybce, znamená velkou úsporu nákladů pro správce, jelikož tyto systémy budou moci velice efektivně naplánovat dopředu potřebné údržbové zásahy, které budou minimalizovat nutnost výluk a omezení provozu. Prediktivní údržba bude také znamenat významnou eliminaci náhlých poruch znamenajících obvykle několikahodinová přerušení provozu. V první fázi je projekt zaměřen na zjišťování a předvídání následujících parametrů. Stav ojetí (opotřebení) kritických dílů výhybky (tj. např. pohyblivých jazyků a pevných srdcovek) a stav geometrie koleje ve výhybce. Jazyky jakožto pohyblivý díl ve výhybce, který určuje směr jízdy vlaku, trpí velmi ojetím a vydolením materiálu v blízkosti hrotů, kde je dvojkolí naváděno do příslušného směru. Srdcovka (zejména pevná), je také kritickým místem výhybky, jelikož se jedná o místo s výskytem velkých dynamických rázů; lze dokonce říci, že po eliminaci stykované koleje je to místo na dynamické děje nejkritičtější z celé konstrukce železničního svršku. Proto je také oblast srdcovky velmi náročná na údržbu, a to nejen z pohledu ojetí materiálu, ale také s rozpadem geometrie koleje v této oblasti. Projekt tedy cílí na identifikaci poruch v oblasti srdcovky a oblasti jazyků. Cílem je tak s dostatečným předstihem optimálně předvídat nutné údržbové zásahy jako broušení, navařování či přímo potřebu výměny pevné srdcovky, nebo potřebu podbití (úprava geometrie koleje ve výhybce).

2.2 Obecný princip

Základním principem pro zjišťování a predikci výše uvedených poruch je snímání stěžejních dynamických veličin při průjezdu kolejových vozidel přes oblast srdcovky, výměny a oblast mimo výhybku pomocí komerčních či vyvinutých senzorů. Kromě zajištění sběru, přenosu a uložení měřených dat z každé výhybky vstupuje do hry významná činnost projektu, a to práce s nasnímanými signály pomocí pokročilých analytických metod – algoritmů umělé inteligence a strojového učení. Po vyhodnocení signálu je potřeba v poslední fázi informace o stavu výhybky přenést na koncového uživatele – správce železniční infrastruktury. Zde je nutné vhodnou formou prezentovat zjištěné informace o

stavu výhybky a o připadně pot eb   u dr bov ho zásahu. I tuto problematiku je potřeba vyřešit v r amci tohoto projektu. Uvažuje se takže o možnosti p im ho zapracování prezentace dat do dispečerských systémů správce infrastruktury. Jednoduše, dispečeři infrastruktury by tedy viděli v r amci svého systému informace o stavu výhybek, do nichž byl implementován diagnostick  systém. Je možné takže alternativn  uvažovat s možností, že by správce infrastruktury poskytoval informace pro hodnocení stavu výhybky, kter  m  k dispozici (např. vybran  data z m e ic ch vozů nebo informace o proveden ch u dr bov ch zásazích na výhybkách), což by ve fázi vyhodnocen  mohlo přispět ke zp esn n  analýzy pomocí strojového učení. [1]

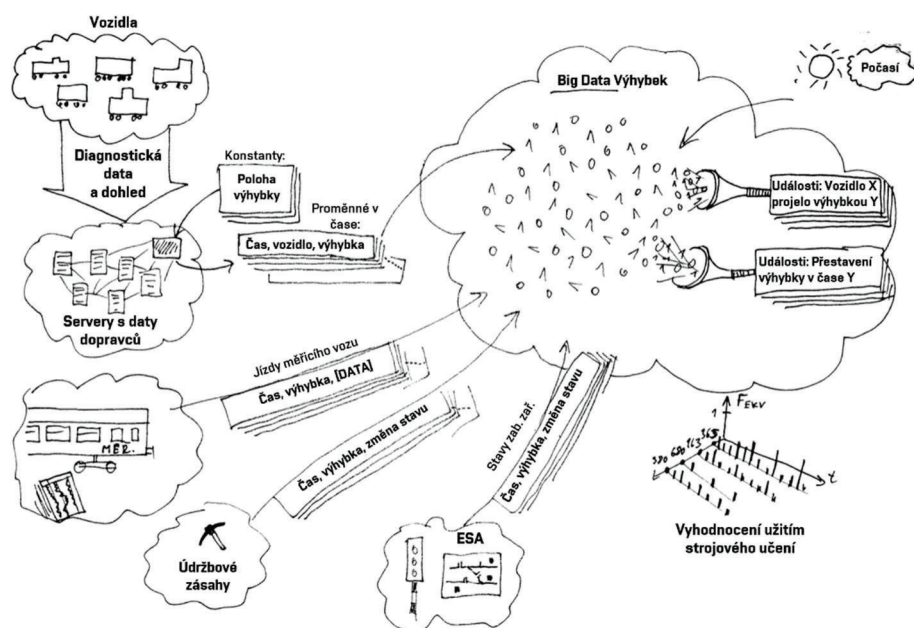


Obr. 1 Princip práce s daty v r amci projektu Výhybka 4.0

Fig. 1 The principle of using data in the project Turnout 4.0

Předchozí **obr. 1** prezentuje   u vodn  ideu projektu, kdy do hodnocení v r amci Výhybky 4.0 budou do hodnoticích algoritmů vstupovat data i z dalších pokročilých systémů, vyu iv j c ch technologie p r myslu 4.0, tzn. data od v robc  výhybek, potažmo od v robc  komponent  výhybek. M  e se jednat takže o data vstupních materiálů komponent  výhybky, informace o typu výhybky, konstrukčním ře en m apod. Dále do hodnoticích algoritmů mohou vstupovat data o počasí, tj. aktu ln  teplota, srážky, vlhkost vzduchu apod. V neposlední r ad  se předpokládá možnost využití dat i z budoucích chytrých železnic (na obrázku uvedeno jako železnice 4.0), což je n jak  p edpokl dan  systém, v němž by byly zaznamenány všechny informace ohledně u dr bov ch zásahů výhybek, dat z m e ic ho vozu apod. Samotn  Výhybka 4.0 je potom v r amci tohoto obrázku prezentována senzory umístěnými na výhybce, kter  poskytují signály dle typu instalovaného senzoru m e en  na konkrétním komponentu výhybky, na němž jsou umístěny.

Princip předpokládaného použití a toku dat pro hodnocení stavu výhybky je patrný ze schématu na **obr. 2**.



Obr. 2 Princip toku a použití dat v rámci projektu Výhybka 4.0

Fig. 2 The principle of data flow in the Turnout 4.0 project

V rámci projektu se nezaměřuje činnost pouze na způsob diagnostiky, kdy infrastruktura kontroluje infrastrukturu (tj. vyvinuté zařízení DISC-S), ale i na způsob, kdy jedoucí kolejové vozidlo kontroluje infrastrukturu (tj. vyvinuté zařízení DISC-M). Zařízení umístěné na vozidle rovněž pracuje na principu snímání charakteristických dynamických veličin a jejich přiřazení ke konkrétním výhybkám v železniční síti. Výsledky primárního zpracování signálů a dat z měření vstupují do analýzy metodami umělé inteligence a strojového učení, což doplní uvedený systém snímačů instalovaných ve výhybce a zpřesní výsledky analýzy.

V průběhu řešení projektu je úzce spolupracováno s českým správcem železniční infrastruktury – Správou železnic, státní organizací. Dále jsou informace prezentovány zástupcům Ministerstva dopravy ČR. Tyto dvě organizace jsou do projektu začleněny jako aplikační garanti, předpokládá se tedy, že systém bude vytvořený zejména pro budoucí potřeby Správy železnic, případně také Železnic Slovenskej republiky. Vzhledem k modulárnímu řešení jednotlivých prvků celého procesu snímání, přenosu dat, hodnocení a prezentace lze ale rovněž předpokládat možné přizpůsobení systému i dalším správcům železniční infrastruktury.

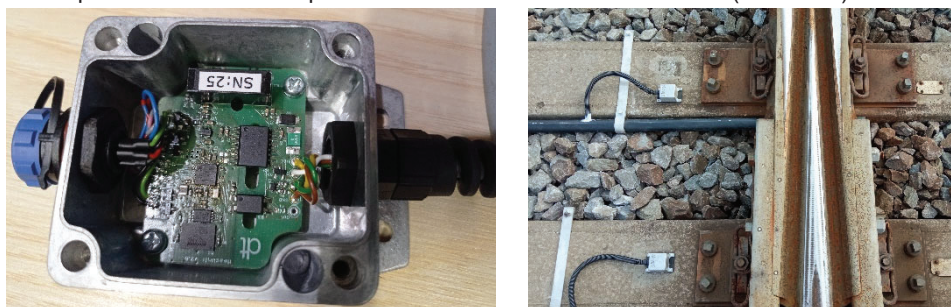
3 SNÍMAČE DISC-S PRO HODNOCENÍ

Stěžejní pro veškeré hodnocení na principu popsaném výše jsou snímače instalované na výhybku (jako součást systému DISC-S), potažmo i na vozidlo (DISC-M). Z hlediska snímačů pro systém DISC-S byl kladen velký důraz na jejich vývoj, protože je v první řadě potřeba, aby v náročném železničním provozu obstály. Dalším požadavkem

byla ekonomičnost použitých snímačů tak, aby mohly být v budoucnu masověji použity a aby p ipadn mu většímu roz     n  tohoto začíná nebr n la ekonomick  stránka věci. Pro hodnocení na výhybce bylo výzkumem zji   eno, že nej   inn      pro následnou práci s daty bude snímání zrychlen  vibrací a poměrného p etvo en  na kolejnici. Dále bylo potřeba vyvinout související techniku, kter  bude sloužit pro d     zpracování signálu (datov  koncentrátor s komunikačním modulem).

3.1 Snímače zrychlen  vibrací

Základními snímači pro hodnocení stavu výhybky jsou akcelerometry, jedná se tedy o snímače pro m  en  zrychlen  vibrací. Zachycují rychl  dynamick  příběhy, proto musí být vzorkovací frekvence alespoň 10 kHz. Stejn  tak je nutn  vhodn  zvolit měřicí rozsah akcelerometru. Akcelerometry ur en  na pra ce jsou vhodn  s rozsahem m  en  do ± 200 g. Naopak pro akcelerometry um   en  na kolejnici je nutné zvolit měřicí rozsah alespoň ± 500 g. Na základě testování jednotlivých typů cenov  dostupných akcelerometrů byl vybrán jako vhodn  typ jednoos  akcelerometr od firmy TE Connectivity modelov  řada 3038, kter  nabízí rozsahy m  en  od 50 g až po 6000 g. Tento typ akcelerometru neobsahuje vnit n  zesilovač a v připadá p ebuzen  měřicího rozsahu pouze limituje nam  enou hodnotu a ihned pokračuje v m  en  bez saturace. Tohoto jevu je využíváno především pro akcelerometry um   en  na kolejnici. Jelikož výrobce tento typ akcelerometrů nabízí pouze jako jednoos , je tudíž nutn  pro m  en  vibrací ve více směrech um   it více akcelerometrů. Pro snímání dynamických jevů na pražci postačuje od stejného výrobce modelov  řada 830M1, kter  nabízí stejn  měřicí rozsahy v t i os m proveden , ale s již zabudovan m zesilovačem. K těmto akcelerometrům byly navrhnuty desky plošných spojů, vhodn  pouzdro a zhotoveno přímo v DT včetně ovládacího softwaru (viz **obr. 3**).



Obr. 3 Vyvinut  akcelerometr pro pou it  v oblasti srdcovky

Fig. 3 Developed accelerometer for use in crossing area

Snímač ur en  pro kolejnici je zmen  en  z důvodu um   en  na patu kolejnice, či stojinu. Řídicí elektronika je stejn  pro snímač na kolejnici i pro snímač na pražci. Um   en  řídicí elektroniky je na nejbližším pražci v kovov  krab ce stejn  pro snímače pro m  en  na pražci i pro m  en  na kolejnici. Propojen  je provedeno pomocí krátkého kabelu. Um   en  snímače na stojinu se provede p   roubov n m na nalepenou nerezovou podložku. Okolí podložky je zat    no proti vlhkosti pomocí tekutého kovu. Řídicí elektronika splňuje požadavek na elektrick  odd len , tedy elektrickou pevnost 4 kV. Rovněž n   použito napájecí napětí přesahující 12 V. Stupeň krytí u použitých senzorů je IP65.

3.2 Snímače poměrného p etvo en 

Jako d     snímače vhodn  pro potřeby diagnostiky výhybek byly shledány snímače na bázi m  en  poměrného p etvo en , tedy tenzometry. Vyvinut  tenzometr je kruhového (kónického) tvaru a je navržen pro pou it  ve stojině kolejnici. Pro um   en  tenzometrického snímače je nutn  předem vyvrtat díru o p  m ru 30 mm do neutr ln  osy

kolejnice. Tyto snímače slouží primárně jako trigovací senzory celého senzorického systému a budou sloužit i pro upřesnění typu vozidla, které výhybkou projelo a jakým směrem. Pomocí vzdálenosti dvou senzorů se zjistí jednoduše i rychlost vozidla.

Provedení senzorů je na **obr. 4**. Stínění v tomto případě není připojeno, což vychází z požadavku na elektrické oddělení. Uvnitř senzoru jsou tenzometry zapojené do plného mostu. Výstup senzoru je realizován po sběrnici 485. Napájení tohoto senzoru je v rozsahu 10 – 30 V DC. Elektrické oddělení je zde rovněž 4 kV.



Obr. 4 Vyvinutý tenzometr pro použití za účelem diagnostiky oblasti srdcovky

Fig. 4 Developed strain gauge sensor for diagnostic system in crossing area

3.3 Datový koncentrátor a komunikační modul

Datový koncentrátor a komunikační modul slouží pro uložení dat záznamů jednotlivých průjezdů pořízených senzory po komunikační sběrnici a pro napájení senzorů. Naměřená data stáhne ze senzorů, předzpracuje a uloží na SD kartu. Předzpracovaná data rovněž odešle pomocí LTE modemu na server do připravené databáze. Datový koncentrátor je umístěn z důvodu nižšího krytí v rozvaděčové skříni.

Jelikož senzory stacionárního zařízení DISC-S jsou koncipovány pro kontinuální měření v režimu relativně nízké spotřeby, nedisponují dostatečným výkonem pro pokročilé zpracovávání dat a přímý přístup do internetu. Z tohoto důvodu byl navržen komunikační modul ve výhybce, jehož primárním úkolem je získávat z těchto senzorů naměřená data, vzorky poté vyhodnotit a následně zapsat výsledek do sdílené databáze. Přesto, že prvotní varianta předpokládá pouze základní předzpracování dat s odesláním celého datového souboru na cloudové úložiště, kde se o zpracování postará neurální síť, je třeba uvažovat i výpočetně náročnější možnost s kompletním lokálním vyhodnocením.

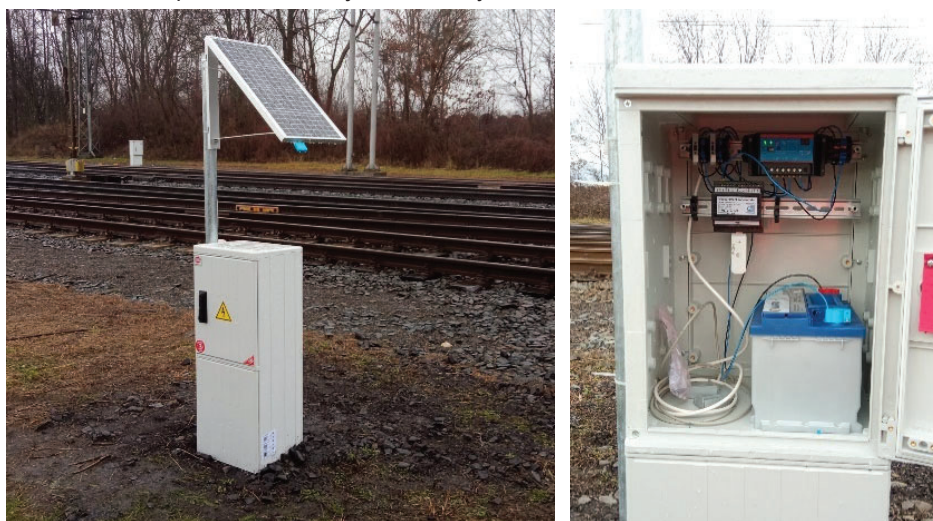
Z těchto požadavků vyplývá, že komunikační modul musí disponovat rozhraním pro připojení měřicích senzorů systému DISC-S, rozhraním zajišťujícím přístup k internetu a v neposlední řadě vyšším výpočetním výkonem, umožňujícím zpracovat naměřená data. To vše se musí vměstnat do relativně malého prostoru rozvaděče stacionárního zařízení DISC-S. Jelikož je celý systém koncipován jako „ostrovní“, napájený z bateriového zdroje a nabíjený solární energií, bude také jeden z požadavků zachování nízké spotřeby. Výše uvedené úvahy proto vylučují jakýkoliv průmyslový počítač, který by byl na tyto činnosti perfektně uzpůsoben, avšak za cenu velkého příkonu v řádu desítek wattů. Výběr tedy padl na mikropočítače z rodiny Raspberry Pi.

3.4 Rozvaděč zařízení DISC-S

Rozvaděč je umístěn v blízkosti sledované výhybky, konkrétní poloha rozvaděče může být přizpůsobena dle požadavků konkrétní lokality. Rozvaděč je lehké konstrukce, nevyžaduje betonový základ a je tedy snadno instalovatelný a rovněž snadno demontovatelný. Požadavkem bylo, aby byl systém ostrovní, nevyžaduje tedy žádné další napojení rozvaděče na další síť. Dobíjení baterie je zajištěno instalovaným solárním

panelem, kter   je součást zařízení. Jedná se tedy o ekologick   řešení bez nároků na odběr elektrick   energie ze s  t  . Samotn   rozvad    je plastov   s kryt  m IP54.

V rozvad    je umístěn komunikační modul a řídicí elektronika. Další funkcí rozvad    je vytvoření napájecího zázemí pro subsystém DISC-S. V  znamn   prostor rozvad    zabírá baterie, jejíž kapacita je navr  zena tak, aby systém DISC-S v p  p  d   přerušení dobíjení ze solárního panelu vydržel týden bez problémů pracovat. Fotografie rozvad    včetně pohledu dovn  tř jsou uvedeny na **obr. 5**.



Obr. 5 Rozvaděč pro subsystém DISC-S, pohled na celkov   uspořádání v kolej  sti v   solárního panelu (vlevo) a pohled dovn  tř (vpravo)

Fig. 5 Switchboard for the DISC-S subsystem, view of the overall layout in the track including the solar panel (left) and view inside (right)

4 NAVAZUJÍCÍ PRVKY SYSTÉMU

Tok dat a p  rce s daty od snímačů a souvisejících zařízení popsaných v p  ede     kapitole je následující. Z datového koncentrátoru jsou data posílána p  střednictv  m GSM modulu do p  ipraven   databáze. Do stejn   databáze jsou posílána data i z vozidla, to je ze subsystému DISC-M. Z databáze si už mohou dle potřeby brát nasn  man   data také vyv  jen   vyhodnocovací software. Po proveden  m vyhodnocen   příslušného signálu softwarem je do databáze vrácena informace vyhodnocen   stavu výhybky pro p  slu  n   signál. Posledním krokem v řetězci je pak zobrazení výsledků v rozhraní pro uživatele, což je aktu  ln   demonstrováno p  střednictv  m modulu Kontroln   analytického centra Správy   eleznic.

4.1 Databáze

Spolu se získáváním dat na výhybce bylo nutné vytvořit systém pro p  ehledn   zpracování a t  řd  n   získaných dat. Pro nam  řen   data ze zařízení vznikla databáze DISC-S, kter   obsahuje základní metadata o jednotlivých měřicích záznamech.

Druh   databáze s názvem DISC obsahuje dostupn   informace o m  řen  ch výhybkách, jejich parametrech a seznam známých údržbových záznamů, včetně proveden  ch manuálních měření na výhybce. Tato databáze je i sd  lena s databází pro systém DISC-M (Diagnostics of Switches and Crossings – Mobile), kter   slouží pro ulo  en   dat získaných z vozidla, kter   výhybkou projelo. Do databáze DISC se budou n  sledn  

i ukládat vyhodnocená data z algoritmů umělé inteligence strojového učení, která se zobrazí v uživatelském rozhraní a zobrazí tak stav výhybkové konstrukce.

Databáze je aktuálně umístěna na serveru DT a pomocí zabezpečené komunikace přes VPN jsou připojeny jednotlivé komunikační moduly ve výhybkách. Do budoucna lze v případě požadavku zákazníka umístit databázi i na server uživatele.

4.2 Vyhodnocovací software

Data uložená v databázi je potřeba následně zpracovat. Samotné zpracování dat je rozděleno do několik na sebe navazujících operací s daty tak, aby bylo možné kvantifikovat technický stav výhybky. Po kontrole dat záznamu, vztahujících se k průjezdu vlaku, je první operací identifikace části záznamu. V první fázi je soustředěno vyhodnocení na signály pouze z lokomotiv a z rozeznatelných ucelených souprav (např. Pendolino, Stadler Flirt apod.). V případech, kdy není bezpečně rozpoznatelný druh vozidla, je takový záznam vyřazen. Následně je podroben záznam analýze, zaměřené na identifikaci řady hnacího vozidla. K tomu byl vyvinut modul TIS (Train Identification System). Část záznamu je pak upravena tak, aby bylo možné ji zpracovat vybraným algoritmem umělé inteligence nebo strojového učení. V současné době je porovnávána efektivita algoritmů umělé inteligence (neuronové sítě, náhodný les) a metoda podpůrných vektorů (Support Vector Machine). Je možné, že výsledný algoritmus bude založen na kombinaci výsledků více algoritmů. Následně jsou vypočítané kvalifikace stavu srdcovky pomocí Bayesovské statistiky korigovány s ohledem na předchozí vývoj technického stavu srdcovky a na předchozí provozní zatížení (stáří konstrukce). [2, 3]

4.3 Zobrazení výsledků

Lze říci, že prvkem, který bude reprezentovat celé zařízení, je právě řešení rozhraní mezi diagnostickým systémem a koncovým uživatelem. Jedná se totiž o vizuální zobrazení veškerých informací, které jsou výstupem diagnostického systému. Nabízejí se různé způsoby, jak by bylo možno principiálně zobrazení výsledků koncovému uživateli řešit. Buď může být vyvinuta webová aplikace, která po přihlášení uživatele zobrazí požadované informace. Výhodou této možnosti je velká univerzálnost, jelikož by bylo možné s aplikací pracovat na každém zařízení připojeném k internetu. Tato výhoda může být vnímána také ale jako nevýhoda, protože zobrazovaná data jsou určena pouze pro správce infrastruktury. Další možností je implementace zobrazení do stávajícího systému správce infrastruktury. Touto cestou se šlo v rámci projektu. Motivací bylo udělat zobrazení informace pro koncového uživatele co nejpřívětivější. Proto bylo přistoupeno k vývoji modulu „Výhybka“ aktuálně používaného dispečerského systému KAC (Kontrolně analytické centrum), což je produkt firmy RETIA, která je přímo členem konsorcia projektu. Případný uživatel Správa železnic by tedy v případě zájmu měl diagnostiku výhybek přímo implementovanou do systému, který běžně používá.

Co se týče zobrazovaných informací koncovému uživateli – manažerovi železniční infrastruktury –, předpokládá se, že základem bude zobrazení mapy železniční sítě. V ní budou vyznačeny jednotlivé výhybky vybavené vyvíjeným diagnostickým systémem. Uživatel si bude moci tedy výhybku vybrat klikem přímo na značku výhybky na mapě nebo případně vybrat konkrétní výhybku ze seznamu. V první fázi bude zobrazena pouze globální informace o aktuálním stavu výhybky, a to prostřednictvím buď procentuálního vyjádření nebo prostřednictvím „semaforu“ (indikátor zelená – žlutá – červená). Toto je však pouze první krok. Jakmile bude vyhodnocovací software poskytovat přesnější data, bude rozšiřováno i zobrazení informací. Vrcholným stavem, kterého však nebude možno docílit v průběhu aktuálně řešeného projektu, by mělo být zobrazení nejen technického stavu výhybky „semaforem“, ale měly by tam být informace o jednotlivých provozních parametrech, a to včetně grafického znázornění průběhu stavu výhybky, resp. konkrétního parametru v čase, včetně predikce vývoje stavu do budoucna.

5 ZÁVĚR

Projekt, v rámci něhož je p  edstaven   způsob diagnostiky výhybek vyvíjen, je aktu  ln   ve svém posledním roce řešení. Hlavním cílem projektu je demonstrovat, že lze docílit diagnostiky výhybek t  mto způsobem a že bude možno po n  sledn  m odlad  n   systému, p   padn   po roz    en   oblastí zájmu v rámci výhybky o další prvky, provádět autonomn   modern   diagnostiku cel  ch výhybek, a to včetně predikce stavu. V projektu Výhybka 4.0 bylo úsilí soustředěno zejména na diagnostiku oblasti pevn   srdcovky, jelikož se jedná o m  sta s největšími dynamickými účinky. V  m  nov       t zůstala m  rn   upozaděna. V rámci řešení subsystému DISC-S, resp. vývoje snímačů, se musel ře  itelsk   t  m vypo  adat s celou řadou problémů vycházejících jednak z velkého dynamického zatížení srdcovek, jednak také z extrémních klimatických podmínek vyskytujících se na výhybkách. Podařilo se navrhnout snímače takov  , kter   v těchto t      ch podmínkách ob  stoj  . Do budoucna je snaha rozšířit diagnostiku také na pohybliv   části výhybek, tedy na v  m  nov   části výhybek (jazyky) a na srdcovky s pohyblivými hroty (PHS). Tato problematiku bude řešena buď samostatn  m grantov  m projektem nebo v rámci interního projektu DT.

Poděkování

Článek byl zpracován za podpory programu Doprava 2020+ Technologick   agentury   esk   republiky (TA   R) v rámci projektu Výhybka 4.0,     slo projektu CK01000091.

Literatura

[1] RAIF, L. Chytr     elezni  n   v  hybka pro budoucí i sou  asn     esk     eleznice. Technick   t  den  k. 2021, ro  . 69   . 17, s. 18-19. ISSN 0040-1064. [2] KR  , R.; PODROU  EK, J.; KRATOCHV  LOV  , M.; VUKU     , I.; PL    EK, O.: Neural Network-Based Train Identification in Railway Switches and Crossings Using Accelerometer Data. JOURNAL OF ADVANCED TRANSPORTATION, 2020, ro  . 2020,   . 1, s. 1-10. ISSN: 0197-6729. [3] KR  , R.; PODROU  EK, J.; VUKU     , I.; PL    EK, O.: Data pre-processing effect on classification accuracy of convolutional neural networks for train type identification. Computational Science and AI in Industry (CSAI 2021). 2021. s. 1 (1 s.).



Resum  

Od roku 2020 prob  h   v  voj autonomn  ho za   en   ur  en  ho pro prediktivn   diagnostiku v  hybek a výhybkových konstrukcí v rámci projektu Výhybka 4.0 (TAČR, program Doprava 2020+). Principem je snímání signálů ze snímačů instalovaných na výhybce i na vozidle a n  sledn   zpracování signálů metodami strojového učení a um  l   inteligence. Výsledkem je informace o stavu výhybky, kter   bude zprostředkována mana  erov   železniční dopravn   cesty.

V článku byla představena obecn   filozofie autonomn   diagnostiky výhybek vyv  jen   v rámci projektu Výhybka 4.0. Byly uvedeny obecn   principy přístupu k této problematice a p  ace s daty. Podrobn   byly představeny snímače a související za   en   pro subsystém, kdy infrastruktura kontroluje infrastrukturu, tj. DISC-S. Dále byly zevrubn   popsány následující prvky celého systému, tedy databáze, vyhodnocovac   software a zobrazení v  sledk   koncovému u  ivateli.

Summary

Since 2020, the development of an autonomous device designed for predictive diagnostics of switches and crossings has been in progress within the project Turnout 4.0 (TAČR, Doprava 2020+ programme). The general principle is to capture signals from sensors installed on the turnout and on the bogie of passing vehicle and then process the signals using machine learning and artificial intelligence methods. The result is information about the state of the turnout, which will be available for the railway manager.

The general philosophy of autonomous turnout diagnostics developed within the Turnout 4.0 project was presented in this paper. The general principles of the approach to this problem and the work with data were presented. Sensors and related equipment for the subsystem where the infrastructure diagnoses the infrastructure, i.e. DISC-S, were presented in detail. Furthermore, the following elements of the whole system were described briefly, i.e. the database, the evaluation software and the display of the results to the end user.

