

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta dopravní

Czech Technical University in Prague  
Faculty of Transportation Sciences

Ing. Martin Leso, Ph.D.

Moderní trendy v technologii  
řízení a zabezpečení regionálních drah

The modern trends in technology  
of control and command on regional railways

## **Summary**

Regional railways consists of more than 45% of the total length of railway network in the CR. They provides connections more than 28% of the villages and so form major part of the transport system of the CR.

More than 50% of the regional railways are controlled by the unsuitable (technically and economically) form which is characterized by very high share of human factors and minimal technical resources. Also a very high number of Level Crossing systems, often secure only by warning crosses, significantly reduces (in terms of economic and functional) connection this part of a network to the integrated transport systems in cities and regions.

It is evident that the current state operation of regional railways in the CR is unsatisfactory. The main reason can be seen in a long-term absence of resources devoted mainly to a significant upgrading of concepts related to a change control and command technology. Available solutions applied particularly to the national railways are from the economic reason is unsatisfactory.

Currently, it is possible to follow the development of modern technologies in the field of control and command system, which also focus on the area of regional railways. These technologies are in principle different in their functions and philosophy from the widely known national approaches applied to main railways line. This system must have high requirements to minimize capital and operating costs. New technology of control and command for regional railways are based on the concept of ETCS L3. This concept allows significant increase of the proportion of automation, of control and command of regional railways. The fundamental technical parts of these systems are now in the stage of experimental verification and beginning of the deployment in some real applications. Currently, however, is not available complex technology solution that would also be economically and operationally acceptable to the character of regional railways operations in the country. Deployment of these technologies in an environment of regional railways CR have to be subjected to conceptual analysis, concerned to the whole of regional railways system and its integration into integrated transport systems.

## Souhrn

Regionální dráhy tvoří více jak 45% celkové délky železniční sítě ČR. Zajišťují propojení více jak 28% obcí a tvoří tak důležitou součást dopravního systému ČR.

Přes 50% regionálních drah je však řízeno technicky i ekonomicky nevyhovujícím způsobem, pro který je charakteristický velmi vysoký podíl lidského činitele na řízení a zabezpečení provozu a použití minimálních technických prostředků. Rovněž velmi vysoký počet přejezdů, mnohdy zabezpečených pouze výstražnými kříži, výrazně omezuje (po stránce ekonomické i funkční) zapojení této části železniční sítě do integrovaných dopravních systémů měst a regionů.

Je zřejmé, že současný stav provozování regionálních drah v ČR je nevyhovující. Hlavní příčinu je možné spatřovat v dlouhodobém nedostatku finančních zdrojů určených především pro výraznou modernizaci související se změnou koncepce řízení a zabezpečení. Dostupné řešení aplikované zejména na celostátních drahách je z ekonomických důvodů nevyhovující.

V současné době je možné sledovat rozvoj nových moderních technologií v oboru řízení a zabezpečení, které se zaměřují rovněž na oblast regionálních drah. Tyto technologie se odlišují od známých přístupů aplikovaných na celostátních drahách jednak odlišnou filosofií funkce, vhodnou pro charakter provozu na regionálních drahách, tak zejména požadavkem na minimalizaci investičních a provozních nákladů. Nové technologie řízení a zabezpečení, principiálně vycházející z koncepce ETCS L3, umožňují výrazným způsobem zvýšit podíl automatizace při řízení a zabezpečení regionálních drah. Zásadní technické části těchto systémů jsou dnes převážně ve fázi experimentálního ověření a začínají se v některých případech nasazovat také do reálného provozu. V současné době však není dostupné komplexní technologické řešení, které by bylo zároveň ekonomicky i provozně přijatelné pro charakter provozu regionálních drah v ČR. Nasazení nových technologií v prostředí regionálních drah ČR je podmíněno koncepční analýzou, zabývající se celým železničním systémem regionálních drah a jeho začleněním do integrovaných dopravních systémů.

## **Klíčová slova**

Regionální železniční síť, Železniční zabezpečovací zařízení, systém řízení a zabezpečení, ERTMS/ETCS

## **Key words**

Regional Railway line, Interlocking systém, Control and command systém, ERTMS / ETCS

## **Použité zkratky**

SZZ – Staniční zabezpečovací zařízení, zajišťuje řízení a zabezpečení dopravy v dopravných s kolejovým rozvětvením

TZZ – Traťové zabezpečovací zařízení, zajišťuje řízení a zabezpečení dopravy v mezistaničních úsecích

PZZ – Přejezdové zabezpečovací zařízení, zajišťuje poskytování varovných signálů účastníkům silničního provozu na úrovnových železničních přejezdech.

IDS – Integrovaný dopravní systém

GNSS – Globální navigační satelitní systém

EIRENE (European Integrated Railway radio Enhanced Network) - Evropská integrovaná železniční rádiová síť – technické specifikace sítě.

ERTMS (European Rail Traffic Management System) - Evropský systém řízení železniční dopravy.

ETCS (European Train Control System) - Evropský vlakový zabezpečovací systém. Systém ETCS může být budován ve třech základních aplikačních úrovních ETCS L1 , ETCS L2, ETCS L3.

GSM-R (Global System for Mobile communications – Railway) - komunikační systém založený na principy GSM (Global System for Mobile Communications) rozšířený o specifické drážní požadavky definované standardem EIRENE

RBC (Radio Block Centre) - Rádiobloková centrála – centrála systému ETCS

TEN-T (Trans-European Network) - Transport, Transevropská dopravní síť.

TRS - Traťový rádiový systém, národní traťový rádiový systém pro komunikaci mezi dispečerem a osobou řídící drážní vozidlo

IZZ - hlavní centrální počítač integrující funkce železničních zabezpečovacích systémů

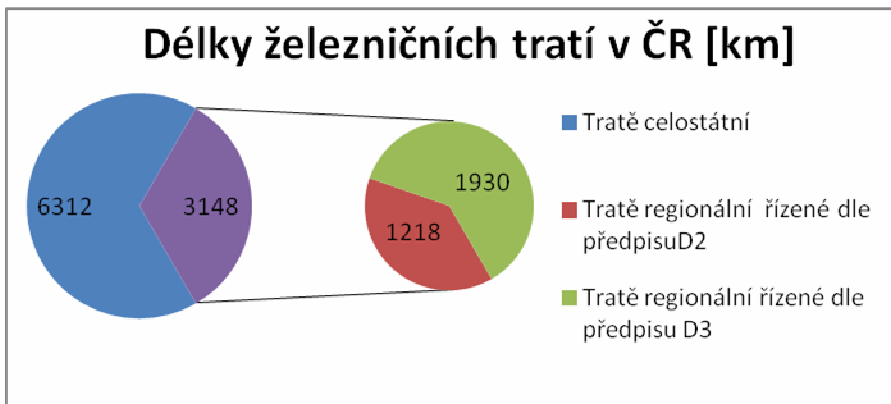
EVC – mobilní část vlakového zabezpečovacího systému ETCS

## Obsah

<b>1. REGIONÁLNÍ DRÁHY A JEJICH SOUČASNÁ ÚROVEŇ ŘÍZENÍ A ZABEZPEČENÍ V PODMÍNKÁCH ČESKÉ REPUBLIKY .....</b>	<b>6</b>
1.1. EKONOMICKÉ PŘEDPOKLADY PRO STANOVENÍ TYPU A ÚROVNĚ ŘÍZENÍ A ZABEZPEČENÍ REGIONÁLNÍ DRÁHY .....	7
1.2. SPECIFIKA REGIONÁLNÍCH DRAH .....	9
1.3. SOUČASNÉ ZPŮSOBY ŘÍZENÍ A ZABEZPEČENÍ REGIONÁLNÍCH DRAH .....	9
1.4. ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU ŘÍZENÍ A ZABEZPEČENÍ NA REGIONÁLNÍCH DRAHÁCH V ČR .....	11
1.5. STÁVAJÍCÍ STAV ŘÍZENÍ A ZABEZPEČENÍ NA REGIONÁLNÍCH DRAHÁCH V ZAHRANIČÍ .....	12
<b>2. STÁVAJÍCÍ PŘÍSTUPY V ŘEŠENÍ ŘÍZENÍ A ZABEZPEČENÍ REGIONÁLNÍCH DRAH .....</b>	<b>14</b>
2.1. ERTMS-REGIONAL .....	14
2.2. LOCOPROL .....	15
2.3. RADIOBLOK .....	18
2.4. ZHODNOCENÍ PŘÍSTUPŮ V ŘEŠENÍ ŘÍZENÍ A ZABEZPEČENÍ REGIONÁLNÍCH DRAH .....	20
<b>3. POPIS ZÁKLADNÍCH KOMPONENT NOVÝCH TECHNOLOGIÍ PRO REGIONÁLNÍ TRATĚ .....</b>	<b>21</b>
3.1. POLOHA VOZIDEL .....	22
3.2. INTEGRITA VLAKU .....	24
3.3. BEZPEČNÁ KONTROLA POHYBU VOZIDLA .....	26
3.4. OBOUSMĚRNÝ BEZDRÁTOVÝ PŘENOS INFORMACÍ MEZI MOBILNÍMI A STACIONÁRNÍMI ČÁSTMI .....	29
3.5. DOPRAVNÍ TECHNOLOGIE A ORGANIZACE ŘÍZENÍ DOPRAVY .....	32
<b>4. KONCEPT INTEGROVACÍHO ŽELEZNIČNÍHO ZABEZPEČOVACÍHO SYSTÉMU PRO REGIONÁLNÍ TRATĚ .....</b>	<b>34</b>
4.1. APLIKACE ZABEZPEČENÍ PŘEJEZDU .....	39
<b>5. KONCEPCE BEZPEČNOSTI A PARAMETRY RAMS .....</b>	<b>42</b>
<b>6. ZÁVĚR .....</b>	<b>45</b>

## 1. Regionální dráhy a jejich současná úroveň řízení a zabezpečení v podmínkách České Republiky

V české železniční síti je v současné době provozováno 9 460 km tratí. Dle zákona o drahách [2] jsou železniční dráhy rozděleny na **dráhy celostátní**, které slouží mezinárodní a celostátní veřejné železniční dopravě a **dráhy regionální**, která slouží veřejné železniční dopravě místního významu a jsou zaústěny do celostátní nebo jiné regionální dráhy. Celou železniční síť vyobrazuje mapa železniční sítě ČR na Obr.1. Délka regionálních tratí je v současné době 3 148 km, přičemž 1218 km je provozováno dle předpisu D2 (dopravny jsou obsazeny výpravčími) a na 1930 km regionálních tratí je provoz organizován dle předpisu D3 s minimálním využitím technických prostředků pro zajištění železniční dopravy. Na těchto tratích je provoz řízen a zabezpečen většinou pomocí administrativních opatření, případně jednoduchých technických zařízení. Bezpečnost je tak přímo závislá na lidském činiteli.



Obr. 1. Délky železničních tratí v ČR, zdroj [4]

Regionální dráhy mají v porovnání s drahami celostátními řadu specifik, která neumožňují z ekonomických a technických důvodů aplikovat způsoby řízení a zabezpečení dopravy obvyklé například na koridorových tratích. V současné době je provoz na většině regionálních tratí řízen a zabezpečen s významným podílem lidské obsluhy. Je to dáno zejména z důvodů historických, kdy většina dnešních regionálních (vedlejších) tratí byla vystavěna na přelomu 19. a 20. století, v době značného rozmachu železniční dopravy. Řízení a zabezpečení těchto tratí odpovídalo způsobům obvyklým v době jejich vzniku.

Do dnešní doby nebylo řízení a zabezpečení těchto tratí podstatně řešeno a modernizováno. Modernizace železnice se jednoznačně za posledních 20 let soustředila na celostátní koridorové tratě, zejména na tratě evropského významu TEN-T, případně další tratě vyššího významu, kde bylo možné investiční náklady

přímo ekonomicky zdůvodnit úsporou personálu. Vzhledem k neexistenci jednoznačné dopravní politiky státu a preferenci silniční dopravy (silnice vede do každé obce, železnice nikoliv) je jakákoliv modernizace a rozvoj regionálních drah vždy nejistá a velice těžko obhajitelná zejména z ekonomického hlediska. Proto se řešení řízení a zabezpečení regionálních drah v současné době nejeví v takové míře jako problém technický, ale především problém ekonomický a politický.

Přesto lze význam a využití těchto tratí i dnes považovat za velice vysoké. Železniční doprava ze své, po dlouhá léta ověřené podstaty funkce, umožňuje řešení dopravní obslužnosti území s vysokou mírou komfortu, bezpečí i spolehlivosti. Tyto charakteristické vlastnosti ji předurčují k jejímu efektivnímu zapojení do regionálních integrovaných dopravních systémů na úrovni páteřní dopravy.

V této práci je zejména diskutována technická stránka možné aplikace nových způsobu řízení a zabezpečení na regionálních drahách, které se v současné době zejména díky rozvoji nových technologií v oblasti satelitních technologií, datových komunikací a řídicích systémů začínají nasazovat. Je však nutné zdůraznit, že samotné nové technologie řízení a zabezpečení nepostačují k žádanému vyššímu zapojení a využití těchto železničních systémů. Změnou musí projít celý železniční systém nejen na úrovni infrastruktury, vozového parku, ale i způsobu řízení a ekonomiky. Tyto změny musí být podpořeny politickou a celospolečenskou poptávkou po efektivním využití železničního systému v regionální dopravě.

### **1.1. Ekonomické předpoklady pro stanovení typu a úrovně řízení a zabezpečení regionální dráhy**

Prvotním krokem, který je nutno provést před samotnými úvahami o způsobu řešení řízení a zabezpečení regionálních drah, je důkladná ekonomická analýza.

Detailní ekonomická analýza by měla být vypracována pro konkrétní uvažovanou regionální trať s jasnou návazností na koncepci dopravy v regionu a celé železniční síti. Základní aspekty, které by analýza měla zahrnovat, jsou následující:

- Dopravní vytíženost pro nákladní i osobní přepravu
- Kapitál příslušné regionální dráhy
- Náklady
- Zisk
- Podíl předpokládaných dotací (jednorázové či provozní)
- Sociální a ekonomicko-politické souvislosti, které mají vliv na provozování dráhy

Z provedené analýzy musí jednoznačně vyplynout, zda je možné uvažovanou regionální dráhu provozovat. Dle finančních zdrojů pro investice a provoz je až po této analýze možné uvažovat o samotném stanovení typu a úrovně zabezpečení a řízení regionální dráhy.





## 1.2. Specifika regionálních drah

Pro pochopení rozsahu problému a nutných souvislostí pro řešení problematiky regionálních drah je nutné analyzovat hlavní odlišnosti regionální dráhy od drah celostátních (koridorových). Ty je možné spatřovat zejména v následujících bodech:

- Menší četnost provozu
- Omezené provozní a investiční prostředky
- Členitý terén v často odlehlých oblastech s řídkým osídlením
- Velký podíl lidské obsluhy na řízení a zabezpečení provozu
- Morální i koncepční zastaralost dosavadních zabezpečovacích a sdělovacích systémů

V současné době jsou na regionální dráhy kladeny zejména s ohledem na konkurenční silniční dopravu tyto požadavky:

- Zvýšení přepravní rychlosti a komfortu dopravy
- Cenová konkurenceschopnost a z toho vyplývající minimalizace nákladů
- Spolehlivost a bezpečnost provozu
- Flexibilita dopravy (organizace a řízení dopravy, vozový park)

## 1.3. Současné způsoby řízení a zabezpečení regionálních drah

V současné době se lze setkat na většině regionálních drah s následujícími způsoby řízení a zabezpečení provozu:

### *Staniční zabezpečovací zařízení*

Jsou-li dopravní s kolejovým rozvětvením vybaveny staničním zabezpečovacím zařízením, jedná se zejména o:

#### *SZZ 1.kategorie*

- mechanická / světelná návěstidla nezávislá na výměnách, výměny (výkolejky) opatřeny výměnovými zámky + tabule na zavěšování klíčů od výměn a výkolejek
- mechanická / světelná návěstidla nezávislá na výměnách, výměny (výkolejky) opatřeny výměnovými zámky + ústřední zámek

#### *SZZ 2.kategorie*

- mechanické SZZ – ústřední stavědlo
- elektromechanické SZZ – řídicí přístroj + závislá stavědla
- SZZ typu TEST např. TEST 10, TEST 13, TEST 14

#### *SZZ 3.kategorie*

- ESA11, ESA 33, a to včetně zařízení obsluhovaných formou DOZ
- RZZ AŽD 71, číslicová volba

### ***Traťové zabezpečovací zařízení***

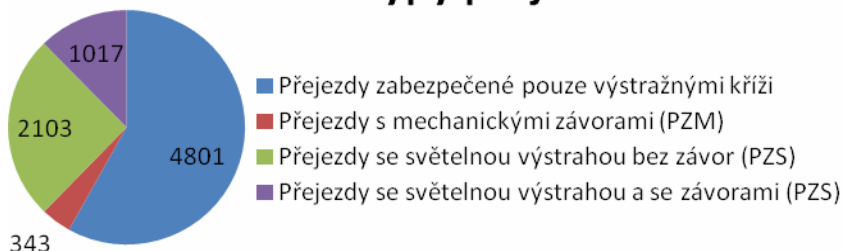
Na regionálních drahách se vyskytují následující traťová zabezpečovací zařízení:

- 1. kategorie – telefonické dorozumívání
- 2. kategorie – hradlový poloautomatický blok, reléový poloautomatický blok – např. typu AŽD 71,
- 3. kategorie – automatické hradlo – různé typy, automatický blok AB3-74 obousměrný (se soubory KAV, FID)

### ***Zabezpečení přejezdů***

- Pouze výstražnými kříži
- PZM 1 – mechanické závory obsluhované na dálku
- PZM 2 - mechanické závory obsluhované na místě
- PZS: VÚD, SSSR, AŽD 71, AŽD RE, AŽD EA, PZZ-K

## **Počet a typy přejezdů**



<i>Typ zabezpečení přejezdu</i>	<i>Počet</i>
Přejezdy zabezpečené pouze výstražnými kříži	4801
Přejezdy s mechanickými závory (PZM)	343
Přejezdy se světelnou výstrahou bez závor (PZS)	2103
Přejezdy se světelnou výstrahou a se závory (PZS)	1017
Celkem počet přejezdů	8264

Tab. 1. Počet přejezdů na síti SŽDC s.o. podle základního dělení, zdroj [5],[6]

### ***Zjednodušené řízení drážní dopravy***

Zejména z důvodu potřeby snížení nákladů na řízení a zabezpečení málo využívaných regionálních tratí je na 1 939 km tratí aplikován zjednodušený způsob řízení dopravy dle předpisu ČD D3. Tento způsob je zaveden na tratích s malou frekvencí provozu a řízení dopravy se provádí dirigováním za přesně definovaných podmínek. V dopravnách, kde je vyžadováno křížování nebo předjíždění vlaků, jsou instalovány nezbytné vnější prvky:

- samovratné přestavníky výhybek
- výměnové zámky pro ručně přestavované výhybky (výkolejky)
- ústřední zámek (mechanický registr) v případech potřeby pro zajištění jednoduchých závislostí výměn a výkolejek

Zabezpečení vybraných úrovnových přejezdů je provedeno pomocí automatických PZZ s kolejovými obvody nebo počítači náprav. Řízení provozu je zajištěno dirigujícím dispečerem z jedné dirigující stanice.

Ve výše uvedeném členění zabezpečovacích zařízení nasazených na regionálních drahách jsou obsaženy rovněž systémy, které disponují vyšší úrovní zabezpečení (zabezpečovací zařízení SZZ, TZZ 3. kategorie). Vyplyvá to ze skutečnosti, že z provozních a ekonomických důvodů byly v roce 2011 některé původně celostátní dráhy překvalifikovány postupem [3] na dráhy regionální. Vzhledem k tomu, že se jedná spíše o ojedinělé instalace, tento v principu administrativní krok stav technologie na regionálních tratích komplexně nezměnil. Ostatní převažující technologie zabezpečovacích zařízení jsou charakteristické vysokým podílem lidského činitele nutného k zajištění řízení a zabezpečení, čímž je úroveň dosahované bezpečnosti i ekonomiky provozu horší ve srovnání s řešením na koridorových tratích.

Přesný počet a konkrétní nasazení výše uvedených zabezpečovacích systémů není známé z důvodu nedostupnosti komplexní databáze vlastníka a provozovatele těchto systémů, SŽDC s.o.

### **1.4. Zhodnocení stávajícího stavu řízení a zabezpečení na regionálních drahách v ČR**

Železniční síť ČR patří mezi nejhustší v Evropě. Hodnotou 120 km/1000 km<sup>2</sup> území převyšuje průměr zemí EU v hustotě železničních tratí 2,6 krát. I při značné rozptýlenosti osídlení ČR je tak železnicí propojeno 28 % obcí. Rovněž je zajištěn obecný požadavek na přímé napojení okresů na trať celostátního významu. Regionální tratě hrají v celkovém uspořádání železniční sítě významnou roli. Jednak zajišťují, připojení menších měst a obcí na celostátní dráhu, také však mohou sloužit jako vytěžovací nebo objízdné trasy drah celostátních.

Výrazným limitujícím faktorem jejich efektivního zapojení do železničních systémů a integrovaných dopravních systémů krajů je zastaralost zde instalovaných zabezpečovacích systémů. Používané typy zařízení s vysokou mírou zapojení lidského činitele do samotného procesu řízení a zabezpečení provozu, způsobují vysoké ekonomické náklady, které neodpovídají výtěžnosti ze současného provozu.

Dalším výrazně omezujícím faktorem je vysoká četnost úrovnových křížení pozemních komunikací a železnice s nedostatečnými rozhledovými poměry, která jsou zabezpečena pouze výstražnými kříži, což způsobuje velmi časté zpomalování kolejových vozidel s následky nepřiměřeného prodlužování jízdních dob a zvyšování spotřeby pohonných hmot. U většiny těchto přejezdů je nutné snížit rychlost železničního vozidla, a to až na 10 km/hod. V kombinaci s absencí automatizace provozu je na tratích s obvyklou traťovou rychlostí 50 □ 60 km/hod dosahována cestovní rychlost zpravidla na úrovni 18 – 26 km/hod. Je zřejmé, že taková železniční doprava je proto velmi obtížně zapojitelná do dopravních systémů, protože jakýkoliv jiný dopravní prostředek je zpravidla rychlejší než železnice.

Velké množství železničních přejezdů a zastaralost techniky většiny tratí je také velkým ekonomickým problémem, protože stávající technická řešení vychází ze zastaralých a dnes nevyhovujících principů a technologií. Investiční náklady na jeden železniční přejezd se pohybují mezi 6 □ 10 miliony Kč v závislosti na řešení energetické přípojky.

Principy obsluhy tratí ovlivňuje hustota dopravy a s ní spojená organizace dopravy, technickou úroveň pak vývoj na bázi moderních technologií. Nové přístupy výrazně ovlivní složitost zařízení, energetickou spotřebu, náklady investiční i provozní. V současné době lze konstatovat, že v nabídce technologií sdělovacího a zabezpečovacího zařízení vedlejších tratí není u nás ani v zahraničí dostupná a ověřená taková technologie, která by umožnila řešit problematiku zrychlení železniční dopravy na regionálních tratích na odpovídající funkční a přitom přijatelné ekonomické úrovni.

### **1.5. Stávající stav řízení a zabezpečení na regionálních drahách v zahraničí**

Získat detailní informace o stavu železniční sítě včetně aplikovaných způsobů řízení a zabezpečení těchto tratí v ostatních zemích je poměrně obtížné. Z dostupných informací lze konstatovat, že v zemích západní Evropy došlo v 90. letech minulého století k výrazné restrukturalizaci železniční sítě. Výrazným způsobem byly a nadále jsou podporovány a rozvíjeny hlavní koridorové tratě, včetně velkého rozvoje vysokorychlostních tratí, a významné dopravní uzly. Ostatní tratě, zejména regionálního charakteru, byly postupně výrazně omezovány. Největší redukce je patrná ve Francii a ve východní části Německa (bývalé DDR). V Německu je velká řada regionálních drah dnes provozována soukromými vlastníky, případně městy a regiony. Řada tratí je také označována jako muzeální a

historická trať, což naznačuje spíše jiné využití než zapojení do integrovaných dopravních systémů. Řada regionálních drah v okolí velkých měst je zapojena do dopravních systémů města například formou vlakotramvajových systémů (KarslRuhe, Saarbrucken).

Za tímto trendem je možné spatřovat vysokou konkurenci v osobní automobilové dopravě, jejíž výrazný vzrůst podpořila zvyšující se ekonomická síla většiny obyvatelstva západních zemí.

V současné době je však možné v řadě států sledovat, že zejména v příměstských aglomeracích dosáhla silniční doprava stavu saturace. Společně s dalšími, zejména ekologickými a ekonomickými faktory, které neumožňují neomezené využití individuální automobilové dopravy, dnes dochází na řadě míst k renesanci regionální a příměstské kolejové dopravy. Velký rozmach zaznamenávají tratě a vozidla lehké stavby, zejména tramvajové a valkotramvajové, které umožňují minimalizovat investiční a provozní náklady daných řešení a zároveň dopravu přizpůsobit požadavkům na obsluhu území.

Řízení a zabezpečení současných tratí je v Rakousku a v Německu řešeno řadou různých typů zařízení, od elektromechanických přes reléová až po elektronická.

U nově modernizovaných regionálních tratí, což je typické zejména pro Švýcarsko, se výrazně prosazují elektronická zabezpečovací zařízení s dálkovou obsluhou. Dopravní s kolejovým rozvětvením jsou pro tyto účely vybaveny elektromotorickými přestavníky, elektrickým ohřevem výměn a proměnnými návěstidly. Kontrola obsazenosti infrastruktury se zajišťuje převážně počítači náprav, případně kolejovými obvody. Veškerá technologie přejezdových zabezpečovacích zařízení je umístěna v bezprostřední blízkosti přejezdu, jsou použity výhradně elektronické systémy a zařízení jsou zapojena do dálkové obsluhy zabezpečovacího zařízení.

Jiná situace panuje v zemích bývalého východního bloku, např. v Polsku, Slovenské republice, Maďarsku. Zde se situace podobá ČR. Síť regionálních železnic je poměrně hustá, s dlouhodobě podfinancovanou údržbou bez jakékoliv modernizace. K výrazné redukci regionálních tratí zatím nedošlo, ale lze předpokládat, že ekonomická a politická situace tento proces výrazně urychlí.

Závěrem lze říci, že úroveň a stav regionálních tratí v Německu a Rakousku nelze se situací v ČR adekvátně srovnávat, kvalitou i konstrukčním provedením odpovídají spíše hlavním tratím v ČR.

Srovnávat regionální tratě v ČR a jejich vybavení je možné s tratěmi na Slovensku, v Polsku a Maďarsku. I v těchto zemích je nutné nalézt novou technologii, která umožní ekonomické a zároveň funkční řešení. Je nutné však hledat takové řešení, které je vhodné pro definované podmínky, které mohou být od podmínek regionálních tratí v Německu nebo Rakousku výrazně odlišné.

## 2. Stávající přístupy v řešení řízení a zabezpečení regionálních drah

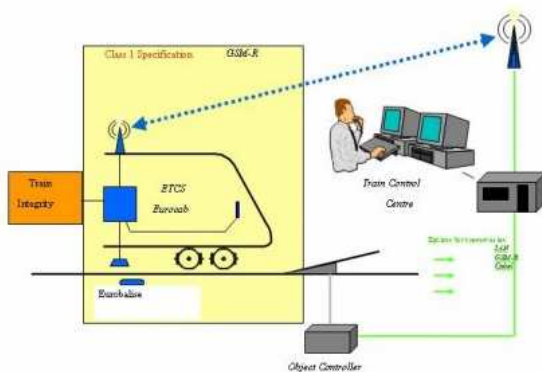
Z dostupných informací z oboru železniční dopravy je zřejmé, že problematika řešení regionálních drah je aktuální a celosvětově sledovanou problematikou. Lze uvést příklady některých evropských projektů, které se danou problematikou zabývají na úrovni teoretické, ale i na úrovni realizační v rámci pilotního ověření. Mezi nejvýznamnějšími projekty lze uvést ERTMS-Regional [4] a Locoprol [5]. V případě řešení v podmínkách české železnice se jedná o Radioblok RB0+ firmy AŽD Praha s.r.o. [6].

### 2.1. ERTMS-Regional

Základní motivací projektu ERTMS-Regional [7] je vývoj a nasazení nákladově úsporného řešení pro komplexní zabezpečení regionálních tratí. ERTMS-Regional je založen na konceptu, který vychází ze systému ERTMS/ETCS aplikovaného na železniční síti TEN, kde je řešení standardizováno dle dohodnutých technických specifikací interoperability. Oproti řešení na síti TEN, kde je aplikován systém ETCS aplikační úrovně L1 nebo L2, je koncept systému ERTMS-Regional směřován k aplikaci ETCS L3. Tato koncepce umožňuje minimalizaci instalace nutného zařízení na infrastruktuře, při zachování (za jistých podmínek) přechodnosti vozidel ze sítě TEN na takto vybavenou regionální dráhu.

Koncepce tohoto systému je vyobrazen na obrázku Obr. 3. Systém se skládá z částí umístěných v infrastruktuře i na palubě každého vozidla. V infrastruktuře musí být umístěny následující prvky:

- **Train control centre - Řídicí centrála**, která zajišťuje řízení všech prvků systému v definované oblasti (vozidlo, stacionární zařízení) Řízení vozidel se provádí přidělením povolení k pohybu v definovaném prostoru. Centrála musí provádět veškeré logické funkce pro zajištění provozu na trati a pohybu všech vozidel.



Obr. 3. Princip ERTMS-Regional, zdroj [7]

- **Object controller - Stacionární zařízení**, které zajišťuje zejména zabezpečení výhybek v dopravnách, kde je vyžadováno křížování a předjíždění vozidel. Pro plně automatizovaný provoz s dálkovým ovládním musí být využity elektromotorické přestavníky.
- **Eurobalise – Baliza** - informační bod, který slouží k přenosu jednoznačné informace o poloze a směru pohybu na vozidlo.
- **Train integrity - Jednotka integrity vlaku** zajišťuje na bezpečné úrovni kontrolu celistvosti vlaku
- **ETCS Eurocab – Vozidlový počítač společně** s ovládacím pultem strojvedoucího. Zajišťuje kontrolu jízdy vozidla na základě informace o povolení jízdy z řídicí centrály a dalších systémů na palubě vozidla. Na palubě vozidla musí být nainstalovány následující komponenty:
  - Vozidlový počítač
    - Čtečka balíz (Eurobalise)
    - Integrita vlaku - zajištění kontroly celistvosti vlaku
    - Systém odometrie - stanovení přesné polohy vozidla
    - Komunikační modul – zajištění zabezpečeného obousměrného přenosu dat mezi vozidlem a centrálou na bázi rádiového spoje GSM-R s protokolem Euroradio,
    - Kontrola aktuální rychlosti jízdy vozidla v závislosti na poloze na trati
- **Zabezpečení úrovně křížení silnice – železnice**  
Projekt předpokládá, že budou využita stávající přejezdová zabezpečovací zařízení s tím, že komunikace PZZ s centrálou bude zajištěna prostřednictvím komunikačního modulu GSM-R. Takto bude docíleno zejména úspory v kabeláži.

V rámci projektu UIC ERTMS-Regional byly vypracovány příslušné funkční, systémové a uživatelské specifikace požadavků pro použití systému ERTMS na regionálních tratích. Ve specifikacích jsou rovněž zahrnuty požadavky spočívající v implementaci reálného systému do stávajícího prostředí, popisující např. funkce komunikace podél trati s objekty trati pomocí GSM-R z důvodu úspory nákladů, integraci RBC a zabezpečovací funkce, odstranění systému pro detekci vlaků atd.

V současné době je systém realizován v rámci pilotního projektu na Švédské železnici. Předpokládá se, že se získané zkušenosti a konečná specifikace systému stanou východiskem pro definování specifikací pro systém ETCS aplikační úroveň L3.

## 2.2. Locoprol

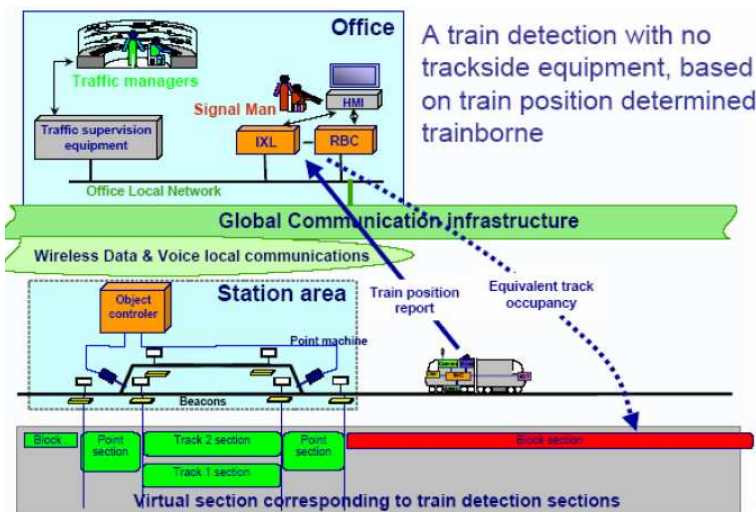
Zaměřením projektu LOCOPROL je vývoj nízkonákladového řešení řízení železniční dopravy na tratích s nízkou hustotou provozu. Uvažované provedení vychází rovněž z koncepce ETCS L3. Navrhované řešení předpokládá výrazné snížení investičních nákladů, umožněné zejména zavedením technologií:

- Bezpečná satelitní lokalizace polohy vozidel přímo na palubě vozidla

- Využití přenosového datového kanálu GSM veřejných operátorů

K určení polohy se využívá virtuální odometr - kombinace satelitní navigace s klasickým odometrem. Pro upřesnění údaje odometru v kritických místech, zpravidla na zhlaví ve stanicích, jsou v kolejišti umístěny eurobalízy, pomocí nichž se při průjezdu hnacího vozidla přenáší informace o přesné poloze. Z tohoto kombinovaného zdroje jsou získávány vstupní hodnoty, z nichž palubní počítač vyhodnocuje optimální parametry určující polohu vlaku včetně vymezení maximálního rozmezí odchylky od skutečné polohy na trati.

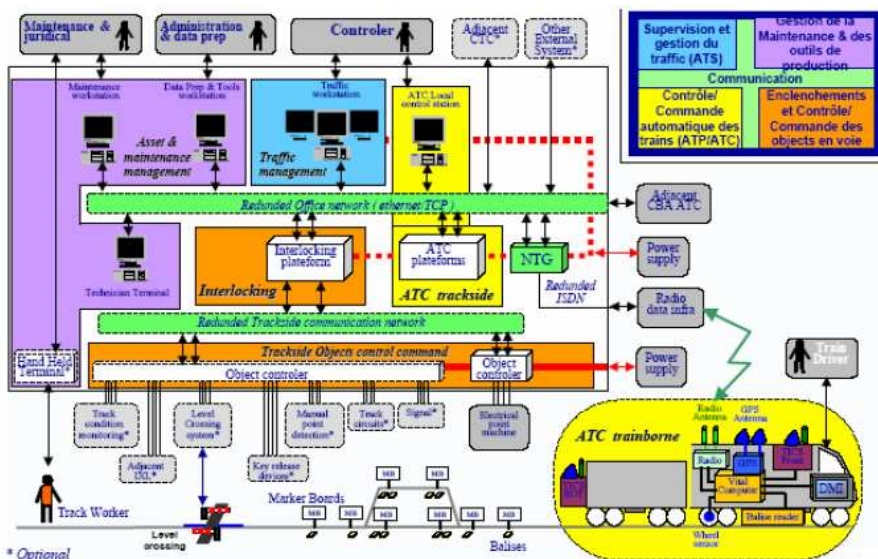
Vyhodnocené informace ze systému GNSS i z odometrie jsou předávány mobilní sítí GSM do radioblokové centrály, kde jsou vyhodnoceny a zapracovány do logiky řídicího stavědla. Společně s informacemi z řídicího stavědla slouží tyto údaje pro řízení jízdy vlaku. Využití systému GNSS společně s komunikačním prostředím GSM veřejných operátorů si vynutilo aplikovat princip „pozitivní detekce vlaku“, který umožňuje zabezpečit pohyb vozidla i po infrastruktuře, kde není k dispozici kontinuální a garantovaná informace o přesné poloze vlaku. Aplikací tohoto principu je nutné přesně garantovat pokrytí pouze rozhodných míst (většinou stanice), na který je potvrzeno opuštění/obsazení příslušného virtuálního bloku na infrastruktuře. Tento princip je vyobrazen na Obr. 4.



Obr. 4. Princip pozitivní detekce vlaku, zdroj [10], [11]



Na obr. 5 je blokově znázorněna architektura systému LOCOPROL. Koncepce a architektura vychází z obdobných principů, které jsou definovány pro systém ETCS aplikační úroveň L2 a L3. V principu se jedná o integraci všech funkcí řízení dopravy do jedné řídicí ústředny, přičemž v infrastruktuře jsou použity pouze minimální prostředky nutné k přestavování výhybek. Přejezdová zabezpečovací zařízení jsou řešena jako samostatná zařízení, jsou umístěna na trati a propojena s řídicí ústřednou.



Obr. 5. Celková architektura systému LOCOPROL, zdroj [10],[11]

Projekt LOCOPROL využívá globální satelitní navigační systém (GNSS) a ke své správné činnosti potřebuje, aby přijímač GPS na hnacím vozidle byl v dosahu minimálně 4 satelitů a tak mohlo být vytvořeno 6 závislých párů informačního zdroje pro vyhodnocení polohy. K vyhodnocení je použit 1D-algoritmus a na základě provedených testů lze předpokládat, že intenzita rizika dosáhne hodnoty až  $THR < 10^{-11}/h$ , což by mělo být pro účely zabezpečovací techniky postačující. Satelitní navigační systém v kombinaci s odometrem vytváří vlakový polohový lokátor, který již byl úspěšně testován v Belgii na trati Jemeppe – Gembloux (SNCB TT).

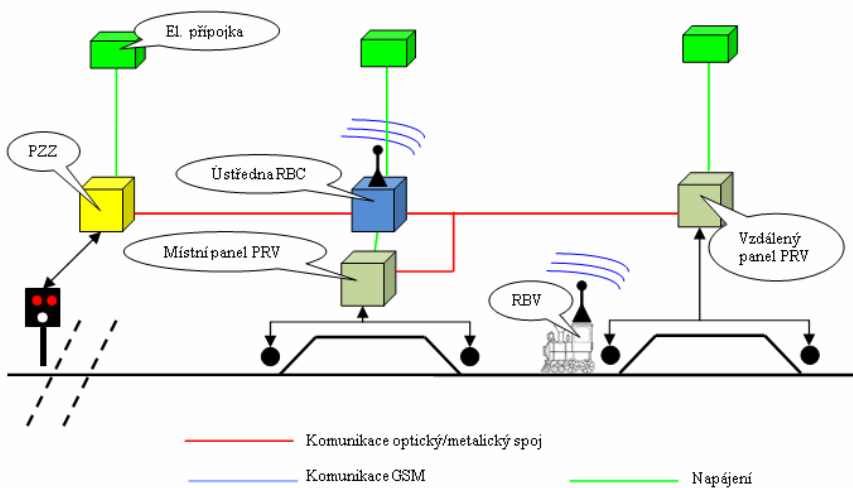
Projekt byl zahájen v srpnu roku 2001 s plánovaným ukončením v roce 2005. Výsledky projektu, včetně praktické ukázky činnosti řídicího pracoviště i činnosti zařízení na hnacím vozidle, byly prezentovány před odbornou veřejností ve Francii na regionální trati Chemins de Fer de Provence z Nice do Plan du Var, kde je vyvinuté zařízení testováno.

## 2.3. Radioblok

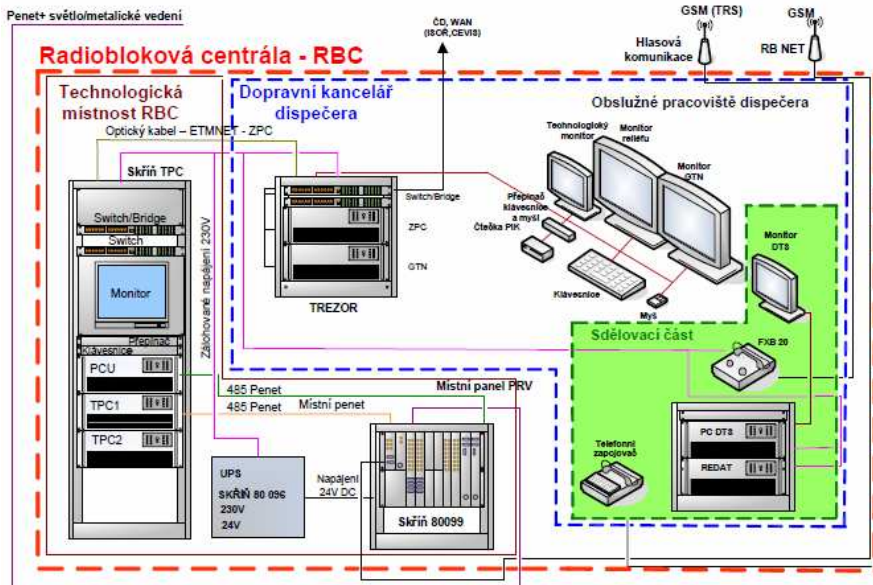
Dalším známým řešením pro řízení a zabezpečení železniční dopravy, které je konkrétně směřováno na regionální tratě v ČR, je systém Radiobloku (RB0+) firmy AŽD Praha s.r.o. Hlavním cílem tohoto řešení je zvýšit bezpečnost provozu na tratích se zjednodušeným řízením dopravy dle předpisu D3, zejména zabránit mimořádným událostem zaviněným přímým selháním lidského činitele, který je při tomto způsobu organizace provozu hlavním článkem v zajištění bezpečnosti.

Systém se zaměřuje na řízení pohybu vozidel prostřednictvím vydávání povolení k pohybu v dané oblasti. V případě překročení vydaného povolení systém znemožní další jízdu vozidla zásahem EMV ventilu. U stávajícího řešení se nemění způsob zabezpečení výhybek a není rovněž zavedena kontrola pohybu vozidla podle brzdných křivek.

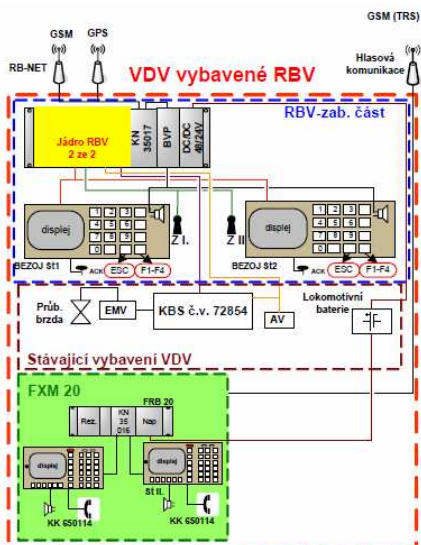
Tento systém umožňuje do značné míry eliminovat vliv člověka na zajištění bezpečného pohybu vozidla. Využívá k řízení vozidla bezdrátový radiový přenos mezi centrálou RBC a palubní jednotkou RBV umístěnou na hnacím vozidle. Poloha vozidla je zadávána strojvedoucím do palubního počítače RBV, případně je potvrzována také systémem GPS. Pro obousměrný přenos dat mezi RBV a RBC se využívá GSM (veřejný operátor) s přenosem dat prostřednictvím GPRS přenosu.



Obr. 6. Architektura zabezpečení trati ovládané systémem Radiobloku, zdroj autor



Obr. 7. Zapojení RBC ústředny, zdroj [12]



Obr. 8 Zapojení RBV na vozidle, zdroj [12]

RBC – Zaznamenává veškerý provoz, vyhrazuje cesty, závislosti dle závěrové tabulky, zjišťuje obsazení a uvolnění úseků, nepřímou kontrolu polohy výhybek, posílá povolení k jízdě, přijímá odhlášky, ruší cesty.

Radiová komunikace (dispečer a hnací vozidlo, v centrále i na vozidle) Umožňuje radiovou hlasovou komunikaci s hnacími vozidly.

RBV – Jedná se o palubní jednotku umístěnou ve vozidle, která zajišťuje následující funkce:

- Zobrazuje povolení strojvedoucímu na zobrazovacím monitoru
- Nedovolí jízdu bez povolení (v případě rozjezdu bez povolení zabrzdí vozidlo)
- Kontroluje strojvedoucího (při lokalizaci vozidla a dodržení povolení) – GSP
- Kontroluje přítomnost radioblokových klíčů na vozidle

Mísni/vzdálený panel PRV – zajišťuje dálkovou obsluhu přestavníků, dohled a ovládání elektromagnetických zámek, návěstidel a podobně.

Satelitní navigace – je řešena jako doplňkový GNSS systém GPS. Je-li dostupná informace GPS o poloze vozidla, jsou kontrolovány úkony strojvedoucího. V definovaných případech vydává varování strojvedoucímu, nebo přímo vydává povel k zastavení vozidla. Nedostupnost satelitní navigace neomezuje funkce RBV.

Zabezpečovací zařízení dopraven je běžně vybaveno:

- Samovratnými přestavníky se zábleskovými světly, případně elektromotorickými přestavníky výhybek
- Zámky výměnovými, ústředními, radioblokovými
- Označníky, lichoběžníkovými tabulkami, tabulkami s čísly LÚ
- PZS s autonomním ovládním
- Přejezdňky, případně krycími návěstidly

Jsou využívána stávající přejezdová zabezpečovací zařízení umístěná na trati a jsou propojena s Radioblokovou centrálou prostřednictvím systému dálkové diagnostiky a ovládání.

Pro propojení všech částí systému (PZZ, vzdálené panely PRV) je nutné vybudovat komunikační linku po celé trati, řešenou buď optickým nebo metalickým vedením.

#### **2.4. Zhodnocení přístupů v řešení řízení a zabezpečení regionálních drah**

Uvedené příklady tří aplikací, z nichž dva jsou zahraniční, ukazují na velkou snahu řešit problematiku regionálních drah. V zahraničí je patrná snaha o modifikaci a praktickou realizaci klasického principu systému ETCS L3. K pilotnímu projektu ERTMS-Regional je přístupováno s cílem reálného ověření principů a funkcí vycházejících z definovaného pojetí ETCS L3. Po ověření bude

řešení standardizováno jako ETCS L3 s možností rozšíření na všechny železniční tratě.

V případě projektu Locoprol se jedná o snahu výrazně minimalizovat náklady na infrastrukturu. Zavedením tzv. „pozitivní detekce“ vlaku je možné minimalizovat množství instalací balíz na trati a rovněž minimalizovat nutnost celkového pokrytí trati dostatečně silným signálem GSM, kde by instalace balíz byla nahrazena systémem GNSS.

Protože se jedná o pilotní projekty, nelze jednoznačně zhodnotit, zda způsob řešení vyhovuje praktickému nasazení za všech provozních podmínek, které jsou obvyklé na regionálních drahách. V projektech není řešena zejména problematika zabezpečeného posunu v dopravních včetně alespoň minimální vlakotvorby a zajištění integrity vlaku na běžných soupravách, nikoliv pouze na ucelených motorových jednotkách.

V prostředí české železnice se v podobě zařízení RB0+ jedná o řešení, které principiálně nevychází z konceptu ETCS L3. Jedná se o řešení, které vychází z požadavků řízení regionálních tratí dle předpisu D3, kdy je technickým a administrativním postupem co nejvíce eliminována chyba lidského činitele. Jedná se o vývojový krok, který technickými prostředky zvyšuje úroveň bezpečnosti na tratích, kde je bezpečnost dosud řešena především lidským činitelem. Z důvodu nedostupnosti konečných cen řešení nelze zhodnotit jeho ekonomickou rentabilitu a přínos. Protože se v principu jedná o realizaci elektronického stavědla s dálkově ovládanými výstupy, které se používají pro velmi jednoduché úkony (dohled nad klíči, ojediněle přestavování výhybek) a je nutné rovněž vybudovat optickou nebo metalickou komunikační linku po celé délce zabezpečené trati. V případě realizace nového vedení nelze tento systém považovat za výrazně ekonomicky rentabilní.

Závěrem lze konstatovat, že základní principy, které vycházejí z technologie ETCS L3 jsou v současné době prakticky ověřovány v pilotních projektech. Výsledné řešení však musí být důkladně zhodnoceno jak po stránce ekonomické, tak funkční. Zejména je nutné důkladně analyzovat zásadní předpoklady a podmínky řešení, které nemusí být v případě tratí v ČR vždy zajištěny.

### **3. Popis základních komponent nových technologií pro regionální tratě**

Ve stávajících návrzích řešení zabezpečovacích systémů je patrné, že se moderní trend řešení problematiky řízení a zabezpečení regionálních drah (drah s nízkou intenzitou dopravy) ubírá cestou technického zajištění povolení pohybu „inteligentního“ vozidla ve vyhrazeném (zabezpečeném) prostoru infrastruktury. „Inteligentní“ vozidlo je zde chápáno jako vozidlo, které je vybaveno technologií odpovídající funkční a bezpečné úrovni, která aktivním způsobem spolupracuje na zajištění bezpečného pohybu vozidla po dané infrastruktuře. Toto řešení umožňuje nejenom minimalizovat investiční a provozní náklady na vybavení infrastruktury,

ale podstatným způsobem zvyšuje též úroveň bezpečnosti a automatizace provozu na těchto tratích.

Tato koncepce řešení řízení a zabezpečení regionálních tratí je podmíněna vyřešením několika zásadních principů, které jsou podmínkou úspěšného nasazení této koncepce.

### 3.1. Poloha vozidel

Poloha vozidel je zásadní bezpečnostní informací, která vstupuje do celého řídicího procesu. Je stěžejní pro řízení celé řízené oblasti, ale i kontroly a zajištění bezpečného pohybu samotného vozidla. Stávající způsoby zjišťování polohy vozidla lze rozdělit na dva přístupy.

#### a) *S nutností instalace prvků do infrastruktury*

Tento princip spočívá v instalaci informačních bodů „Baliza“, které umožňují přenést definované informace na vozidlo v okamžiku jeho průjezdu místem pevné instalace. Základními informacemi, které je možno přenášet, jsou:

- jednoznačná identifikace daného informačního bodu – tato informace je dále použita pro jednoznačnou identifikaci polohy vozidla v dané infrastruktuře.
- statické informace o parametrech následující části infrastruktury (sklonové, směrové a rychlostní parametry), lze přenášet volitelně. Tyto informace mohou být přenášeny každým informačním bodem nebo mohou být pevně uloženy v digitální paměti na palubě vozidla. První přístup umožňuje vysokou flexibilitu nasazení vozidel, která se nemusí před prvním výjezdem na trať „učit“ mapu tratí, neboť veškeré parametry dostávají postupně při průjezdu nad informačními body. Druhý přístup vyžaduje digitální mapu všech tratí, na kterých bude vozidlo provozováno. Současně musí být zajišťována její konzistence a aktuálnost.

Volitelně lze rovněž přenášet proměnné informace o lokálních omezeních na infrastruktuře nebo povolení k další jízdě programovatelnými informačními body, to však vyžaduje dodatečnou technologii, která zvyšuje investiční a provozní náklady.

Statické i proměnné informace o infrastruktuře lze výhodněji přenášet na vozidlo také bez využití informačních bodů bezdrátovým přenosovým systémem, který je v případě uvažovaných řešení pro regionální tratě nutnou podmínkou řešení. Informace statické, popřípadě proměnné jsou generovány dle aktuální polohy vozidla v radioblokové centrále RBC. Následně je následně tato informace vysílána na vozidlo.

## **b) Bez nutnosti instalace prvků na infrastrukturu**

Toto řešení je založeno na využití GNSS systémů. Jeví se výhodným zejména proto, že nevyžaduje žádnou instalaci informačních bodů do infrastruktury a tím dále minimalizuje náklady na vybavení tratí. V současné době je rozpracována řada modelů konstrukce satelitních přijímačů vhodných pro aplikace v železniční dopravě.

Při použití GNSS systému je nutné se zaměřit zejména na prokázání následujících parametrů a vlastností přijímače:

- ***přesnost určení polohy***

nejkritičtější požadavek je kladen na rozlišení polohy vozidla na dvou sousedních kolejích, případně zajištění průjezdných profilů u námezníků v dopravnách s kolejovým větvením.

Současné parametry satelitních navigačních technologií dosahují horizontální přesnosti jednofrekvenčních (L1) přijímačů GPS v diferenčním kódovém režimu lepší než 1 m (95 %) a centimetrové přesnosti lze dosáhnout při fázovém měření v módu RTK (Real-Time Kinematic). Při vzdálenosti os dvou sousedních kolejí 4 až 5 m je tato přesnost dostatečná pro rozlišení, na které ze dvou sousedních kolejí se vlak nachází. Pro zajištění průjezdných profilů u námezníků je tato přesnost diskutabilní.

Přesnost systému Galileo v módu SAS (Safety of Life Services), který je rovněž určen pro železniční dopravu, by měla s lokálními komponentami dosáhnout hodnoty lepší než 1 m.

- ***prokázání systémových parametrů RAMS***

pokud má být poloha stanovená pomocí GNSS využitelná v řízení a zabezpečení drážní dopravy, musí být prokázány parametry RAMS. Dosavadní satelitní systémy GPS a GLONASS neposkytují informaci o tom, zda může být satelitní navigace v daném okamžiku využita pro aplikace kritické z hlediska bezpečnosti – tedy i pro řízení vlaků. Tuto informaci a další údaje však v současné době poskytuje systém zvaný ESTB (EGNOS System Test Bed). Tento systém poskytuje diferenční korekce WAD (Wide Area Differential) pro určení polohy v diferenčním módu v širší oblasti, a informace GIC (Ground Integrity Channel) o integritě GPS. Později bude EGNOS integrován do systému Galileo, kde má být ve službě SAS s lokálními komponentami garantována hodnota rizika integrity  $2 \cdot 10^{-9}/150$  s dobou výstrahy 1 s. To se zdá být dostatečné i pro použití v železniční zabezpečovací technice. S dokončením celého systému Galileo by měl být rovněž vyřešen problém s omezenou viditelností satelitu zejména v členitém a zalesněném terénu regionálních tratí.

### ***Vlakový polohový lokátor***

Protože dosavadní systémy založené výhradně na GNSS nemají za všech provozních okolností dostatečnou přesnost a deklarované parametry RAMS, kombinuje se několik systémů sloužících k upřesnění polohy vozidla do jednoho komplexního systému „Vlakový polohový lokátor“.

- Dopplerův rychloměr
- Gyroskop
- Akcelometr
- Odometr
- GNSS přijímač s anténou.

Zpracování informací ze všech snímačů probíhá v palubním počítači. Data ze snímačů mohou na určitou dobu zastoupit výpadek signálu GNSS (např. tunel, zářez tratě apod.) Data z jednotlivých senzorů jsou sloučena za použití Kalmanovy filtrace. Relativní poloha vlaku se tímto způsobem určuje od poslední ověřené absolutní polohy poskytnuté přijímačem GNSS. Přesnost systému lze výrazně zvýšit využitím referenční trajektorie. Ta je založena na upřesňování polohy dle předem známé trajektorie pohybu vlaku s centimetrovou přesností.

### **3.2. Integrita vlaku**

Integrita vlaku je zásadní bezpečnostní informací, která společně s informací o poloze vlaku nahrazuje neexistenci detekčních prostředků v infrastruktuře. Protože ani současné řešení řízení a zabezpečení regionálních drah neobsahuje detekční systémy, které by dokázaly informaci o volnosti infrastruktury zajistit, je tato informace o integritě vlaku, potažmo volnosti úseku infrastruktury kontrolována lidským činitelem – kontrola návěstí na konci vlaku (červená světla nebo návěst „konec vlaku“).

Nové řešení však vyžaduje zajištění uvedené funkce automatizovaným prostředkem bez vlivu lidského faktoru. Touto problematikou se například zabývala pracovní skupina TIMS WG (Train Integrity Monitoring System Working Group), která v roce 2000 vydala dokument TIMS Functional Requirement Specification.

Technická řešení integrity vlaku značně závisí na skutečnosti, zda je vlak vybaven elektrickými infrastrukturními prvky (vozidlová sběrnice apod.), nebo zda je propojení provedeno pouze mechanicky (spřáhlem) a potrubím vzduchové brzdy. Moderní jednotky disponují sběrníci, po které lze přenášet informace potřebné pro kontrolu a řízení vozidla, v tomto případě lze implementovat i systémy TIMS poměrně výhodně. V některých zemích se používají automatická spřáhla a elektropneumatické brzdové systémy – elektrickou infrastrukturu lze v těchto případech považovat za páteř TIMS systémů. Jako složitější se jeví řešení TIMS u vlaků bez elektrické infrastruktury. Řešení lze v těchto případech klasifikovat podle [8] do tří skupin.



### **a) Systém s nutnou instalací na vozidlo**

Tyto systémy jsou založeny na sledování polohy čela a konce vlaku prostřednictvím systému GNSS. Informace o poloze konce vlaku je vysílána TIMS jednotkou umístěnou na posledním voze v soupravě prostřednictvím radiového signálu, který přijímá a vyhodnocuje přijímací TIMS jednotka umístěná na hnacím vozidle v čele soupravy. Lze předpokládat, že funkčnost a bezpečnost tohoto systému negativně ovlivňuje jednak nedostupnost signálu (tunely, vysoké budovy v městských aglomeracích, hlubokých zářezech a podobně) a navíc také zatím nezajištěná úroveň integrity bezpečnosti a dostupnosti systému. Pro tyto případy je nutné doplnit systém GNSS dalšími čidly nezávisle kontrolujícími celistvost soupravy. Za úvahu stojí například využití jednotky sledování poklesu tlaku vzduchu v potrubí průběžné tlakové brzdy u posledního vozu a následný přenos informace radiem do vyhodnocovací jednotky hnacího vozidla nebo sledování trvalého vysílání signálu jednotkou na konci vlaku.

Systémy založené na GNSS jsou dnes technicky a komerčně dostupné, avšak jejich praktické nasazení je diskutabilní především z provozních důvodů.

Hlavními problematickými faktory jsou zejména:

- Napájení vysílací jednotky TIMS, které je omezeno velikostí a kapacitou baterií
- Z důvodu nedostatečné přesnosti, dostupnosti a úrovně integrity systému GNSS nutné dosazení dodatečných čidel - např. čidlo tlaku v brzdovém potrubí
- Sledování poklesu tlaku v potrubí průběžné tlakové brzdy, které se v případě přetržení vlaku projevuje nezanedbatelným časovým zpožděním závislým na délce soupravy, místě roztržení soupravy, a typu vozů a hnacího vozidla soupravy.
- Velkým provozním problémem je rovněž zajistit, aby příslušné prostředky byly umístěny skutečně pouze na posledním voze vlaku.

### **b) Systémy bez dodatečné instalace na vozidlo**

Tento způsob zjišťování celistvosti vlaku využívá měřící a vyhodnocovací prostředky instalované většinou na hnacím vozidle, které sledováním vybraných parametrů v potrubí průběžné tlakové brzdy vlaku (tlak, objem vzduchu, průtok) vyhodnocují abnormality, ze kterých je možné následně detekovat rozpojení soupravy.

Systém může být koncipován jako pasivní detekční jednotka umístěná mezi brzdíčem a zbytkem vlaku, která při známém požadavku na stav brzdné soustavy vyhodnocuje rychlost změn průtoku vzduchu v brzdovém potrubí. Tento princip byl prakticky zkoušen v roce 1997 na zkušebním brzdovém stavu v Dako-CZ a.s. Výsledky ukázaly, že je možné spolehlivě rozeznat při všech provozních stavech brzdné soustavy rozpojení v libovolném místě simulované deseti vozové soupravy. Teoreticky bylo odvozeno, že tento princip by bylo

možné řešit s odpovídající úrovní bezpečnosti až na dvaceti vozových soupravách.

Systém může být rovněž řešen jako aktivní, kdy jsou vysílány akustické signály do potrubí průběžné tlakové brzdy v místě hnacího vozidla. Následně se vyhodnocují jejich odrazy od zakončení potrubí v místě konce vlaku. Tento způsob zjišťování celistvosti vlaku zkoumaly například DB AG, použity byly akustické signály o kmitočtech 10 – 20 Hz. Vyskytují se však problémy s rušením, neboť při jízdě vlaku a zejména při brzdění jsou generovány různé akustické signály, které mohou negativně ovlivnit výsledek použití těchto zařízení.

- c) *Systémy využívající kombinovaně zařízení umístěné na infrastruktuře i ve vlaku* využívají porovnání informací o počtu náprav, které jsou zjištěné infrastrukturním a palubním zařízením. Potřeba infrastrukturních zařízení však již snižuje ekonomickou výhodnost, neboť je třeba budovat a následně udržovat systémy kolejových obvodů, počítače náprav a podobně.

### **3.3. Bezpečná kontrola pohybu vozidla**

Se vzrůstajícími požadavky na rychlost vozidel, které se často pohybují v členitém terénu, je zajištění nepřekračování maximální rychlosti jízdy vozidla jedním z rizikových faktorů při zajištění bezpečnosti na železnici. Zodpovědnost za vedení vozidla správnou rychlostí je u stávajících systémů zabezpečení pouze na strojvedoucím. Systémy ETCS zavádějí funkci kontroly nepřekročení bezpečné rychlosti v daném místě infrastruktury (tzv. statický rychlostní profil), včetně predikce brzdné křivky, která zajišťuje, že vozidlo zastaví nejpozději v místě, kde končí oprávnění k další jízdě.

Na základě dat popisujících infrastrukturu před vozidlem, povolení k jízdě a dat charakterizujících vlak lze určit pro každou polohu vlaku maximální rychlost pro bezpečný pohyb vozidla. Při znalosti okamžité polohy a okamžité rychlosti vozidla pak lze rozhodnout, zda se vlak pohybuje v bezpečných mezích, v nejbližší je opustí, nebo je již překročil atd. a následně přijmout rozhodnutí o nutných zásadách do další jízdy vlaku.



Obr. 9. Princip výpočtu kontroly rychlosti vozidla, zdroj [13]

### 1) Výpočet statického rychlostního profilu

Tato funkce počítá maximální rychlost, kterou vlak nesmí překročit (bezpečný rychlostní profil) nebo maximální rychlost kterou strojvedoucí může jet bez jakékoliv intervence zařízení (nominální rychlostní profil).

### 2) Výběr nejvíce omezujícího statického rychlostního profilu

Tato funkce vybírá nejvíce omezující rychlostní profil mezi různými statickými rychlostními profily.

### 3) Výpočet dynamického rychlostního profilu

Tato funkce počítá individuální dynamické brzdící dohledové křivky, tj. křivku intervence brzd, varovnou křivku atd. Tyto dynamické rychlostní profily vycházejí z nejvíce omezujícího statického rychlostního profilu, individuálních brzdných vlastností vlaku a sklonů. Výsledkem je tedy předvídaní dynamického chování vlaku pro účely dohledu.

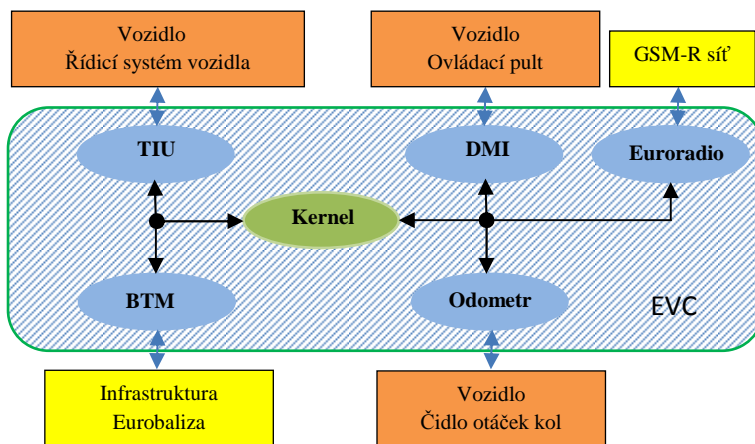
### 4) Porovnání aktuální rychlosti jízdy a polohy vlaku s brzdovou křivkou

Tato funkce určuje rozdíl rychlosti a dráhy mezi brzdnými křivkami a skutečnou rychlostí a polohou vlaku. Srovnání umožňuje včas generovat varování, příkazy k aplikaci brzd atd.

### 5) Brzdění

Tato funkce zajišťuje řízení dostupných brzdových prostředků. Když v důsledku předchozí funkce bude vydán příkaz k aplikaci brzdy, může systém působit nejprve na provozní brzdu a v případě, že provozní brzda nepracuje správně, bude spuštěna nouzová brzda.

Kontrolu rychlosti pohybu vozidla zajišťuje palubní vozidlová jednotka EVC, jejíž základní architektura je zobrazena na Obr. 10.



Obr. 10. Architektura palubní vozidlové jednotky EVC, zdroj autor

**TIU** – komunikační jednotka zajišťující propojení EVC s řídicími obvody vozidla

**DMI** – jednotka zajišťující předávání informací strojvedoucímu (vizuální formou i prostřednictvím zvukových signálů) a zadávání instrukcí strojvedoucím.

**Kernel** – centrální procesorový výpočetní systém, zpracovávající všechna dostupná data.

**BTM** – čtecí zařízení informačních bodů (balíza) z infrastruktury

**Euroradio** – komunikační protokol standardizovaný pro přenos informací mezi RBC a EVC

**Odometr** – systém pro určování ujeté vzdálenosti prostřednictvím odměřování otáček kol

Palubní vozidlová jednotka EVC je mobilní zabezpečovací zařízení umístěné ve vozidle. Je tvořeno příslušným HW a SW vybavením, které vykonává příslušné řídicí a dohlížecí algoritmy. Komunikuje a zpracovává informace přijaté od traťové části, provádí výpočet statického a dynamického rychlostního profilu, porovnává aktuální rychlost a polohu s dynamickým rychlostním profilem, prostřednictvím TIU komunikuje a zasahuje do řízení vozidla. EVC má dostatečnou časovou a paměťovou kapacitu pro řízení databáze traťové mapy. Řídí komunikaci styku s obsluhou (DMI), ovládá diagnostiku atd. Přenosový modul balízy snímá informace z balíz umístěných v infrastruktuře. Anténa na vozidle trvale vysílá nosnou vlnu vhodnou pro napájení balízy, takže vlastní balíza na trati může být energeticky pasivní. K přijaté informaci z balízy je v BTM připojen časový a odometrický údaj.

BTM přijímá, zpracovává a prověřuje (zjišťuje chyby a neměnnost) přicházející informace po celou dobu, kdy přijímací anténa zachycuje zprávy z balízy. BTM je současně schopen (měřením intenzity signálu) detekovat střed balízy v rozsahu  $\pm 20$  cm od skutečného středu balízy. Protože vlastní balíza a její umístění nedovoluje přímé určení směru jízdy, ke kterému balíza patří (tj. směr, ve kterém je balíza míjena, ve vztahu k normálnímu směru balízy), je vyhodnocení směru míjení balízy prováděno přečtením minimálně dvou balíz.

Odometrická jednotka zajišťuje měření ujeté vzdálenosti vozidla v závislosti na známém průměru kol a počtu otáček. Ve spolupráci s jednotkou BTM umožňuje vyhodnocovat polohu vozidla. Datové propojení s RBC centrálou zajišťuje GSM-R síť, s jejímž využitím je realizován přenosový protokol Euroradio pro rádiové sítě zajišťující bezpečný přenos informací.

### **3.4. Obousměrný bezdrátový přenos informací mezi mobilními a stacionárními částmi**

Klíčovou částí řešení je zajištění obousměrného bezdrátového datového spojení mezi všemi vozidly a řídicí radioblokou ústřednou, případně dalšími komponentami systému. Podíváme-li se na mapu pokrytí regionálních drah rádiovým signálem, zjistíme, že většina regionálních drah je bez jakéhokoli systému rádiového přenosu.

V současné době lze uvažovat o možném nasazení následujících technologií:

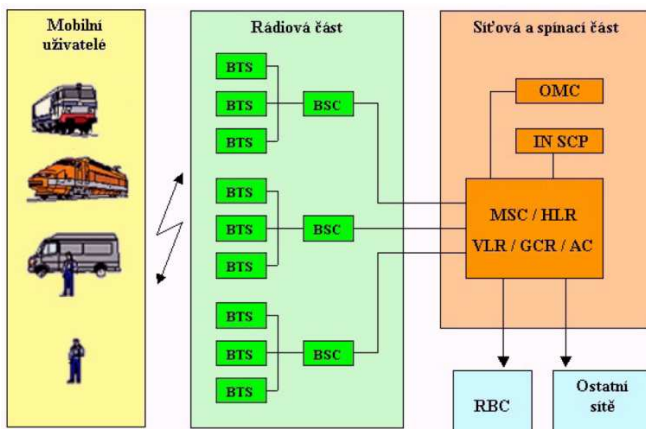
#### ***Systémy GSM-R***

Systém GSM-R je základní komponentou projektu ERTMS, představující standardizovaný technický prostředek pro realizaci obousměrného mobilního hlasového i datového přenosu. Tímto systémem lze zajistit potřebnou interoperabilitu a kompatibilitu v oblasti rádiové komunikace na tratích evropského konvenčního železničního systému.

Specifikace systému GSM-R vychází z praxí ověřené a masově rozšířené technologické platformy veřejného digitálního rádiového systému GSM doplněného o specifické drážní požadavky a vlastnosti vyžadované u profesionálního rádiového systému určeného pro železniční provoz.

Systém GSM-R kromě klasických přenosových služeb známých z veřejných sítí GSM (hlasová volání, okruhově vázané datové přenosy CSD, krátké textové zprávy SMS a datové paketové přenosy technologií GPRS) nabízí nadstavbové funkce a vlastnosti, specifické pro železnici, kterými jsou zejména:

- a) funkční adresování,
- b) adresování závislé na poloze,
- c) režim posunu,
- d) rozšířené hlasové služby (ASCI):
  - priority a upřednostnění hovorů (EMLPP)
  - skupinové volání obousměrné / jednosměrné



Obr. 11 Blokové schéma systému GSM – R, zdroj [14]

Systém se skládá z následujících komponent

**BTS** – Bázová vysílací stanice, zajišťující bezdrátovou komunikaci s uživatelským terminálem. Hustota a umístění těchto stanic musí být taková, aby byly splněny požadavky na pokrytí řízené oblasti dostatečně kvalitním signálem.

**BSC** – Systém řízení bázových stanic, zajišťuje propojení a komunikaci BSC s vnitřní sítí GSM.

**MSC** – Ústředna GSM provádějící řízení celé sítě. Ústředna obsahuje registry účastníků HLR/VLR, centrum autentizace AC

GSM-R se prioritně buduje na tranzitních koridorech a hlavních tratích. Plán implementace GSM-R [9] počítá s vybavením všech celostátních drah do roku 2013. Využití tohoto systému na regionálních drahách je diskutabilní. Hlavním důvodem jsou jak investiční, tak provozní náklady. Dle dostupných informací ohledně ceny výstavby systému GSM-R na koridorových tratích, se cena za 1km výstavby GSM-R sítě pohybuje v cenové relaci přibližně 2,1 mil. Kč/Km. přičemž reálné náklady mohou být mírně vyšší, protože konfigurace sítě kvůli složitějším geografickým podmínkám bude vyžadovat hustší síť BTS případně instalaci dodatečných vykrývačů a opakováčů signálu.

Cenu instalace lze snížit vhodnou konfigurací sítě

- připojením sítě GSM-R regionální dráhy na MSC celostátní dráhy. Toto řešení umožňuje snížit výrazně investiční náklady.
- pokrytím pouze důležitých míst tratě, jako jsou především dopravní a přejezdy na trati. Toto řešení je použitelné s akceptací snížení kapacity trati i možného zvýšení rizika, že nebude možné uskutečnit potřebné spojení v nepokryté části tratě.

Nasazení systému GSM-R je nutné zvážit zejména po ekonomické stránce. Obecně lze předpokládat, že náklady na provoz (spotřebovaná el. energie, servis a údržba systému) se mohou pohybovat v ceně až 150 t Kč/rok/km.

### ***Systémy GSM veřejného operátora***

Na regionálních tratích, které nejsou vybaveny žádným přenosovým systémem, je možné využít pro hlasové i datové přenosy sítě veřejných operátorů. Principiálně se jedná o podobnou síť jako GSM-R s tím rozdílem, že síť neumožňuje využití dodatečné funkcionality speciálně využívané pro specifické drážní prostředí. Proto lze tuto síť využívat pro hlasové služby, datové služby GPRS nebo okruhově vázané datové přenosy CSD.

Velmi problematické je však garantování pokrytí území a dostupnosti služeb. Území, na kterých se rozkládají regionální dráhy, bývá méně osídleno, navíc často ve velmi členitém terénu s bujnou vegetací a tunely. Vzhledem k vlastnostem a charakteru šíření signálu GSM, lze předpokládat velmi problematické zajištění minimálního pokrytí oblasti regionální dráhy. Řešení existuje v koncipování pokrytí pouze důležitých částí infrastruktury. Z tohoto přístupu však vyplývají obdobná rizika jako v případě systému GSM-R. Navíc zde existuje také další riziko spočívající v tom, že veřejný operátor neumožňuje garantování takovéto služby. Hlavním důvodem je zejména ekonomická výnosnost této služby, protože objemy služeb, které by regionální dráha v daném území využívala, jsou ve srovnání s ostatními poskytovanými službami operátora naprosto zanedbatelné. Jakékoliv technické úpravy nebo garantování parametrů systému je pro operátora značně nerentabilní.

Řešení problému s pokrytím a dostupností služeb lze částečně řešit využitím přístrojů s možností instalace více SIM karet více operátorů, přičemž systém používá připojení operátora, který má kvalitnější připojení.

### ***Systém TRS – Traťový rádiový systém***

SŽDC s.o. provozuje vlastní traťový systém, který odpovídá standardu UIC 751-3. Jedná se o stuhový analogový systém, pracující v kmitočtovém pásmu 150MHz a 450 MHz. Hlavní využití je zejména pro hlasové hovory mezi dispečerem a strojvedoucím. V současné době SŽDC s.o. nepovažuje tyto analogové systémy za perspektivní a hodlá je nahradit systémy digitálního rádia GSM-R. Jistá výjimka platí u systému 450Mhz, který je uznán jako systém

interoperabilní třídy B, proto je možné tento systém po přechodnou dobu dále používat. Vzhledem k neexistenci datového kanálu je v principu tento systém nepoužitelný pro systémy na regionálních drahách.

### ***Systém privátních sítí***

V případě vysokých investičních a provozních nákladů předchozích přenosových systémů je možné zvážit nasazení jiných privátních sítí, umožňující vytvoření digitální rádiové sítě. Jako vhodný systém se jeví například systém TETRA. TETRA je otevřený standard vyvinutý Evropským institutem pro normalizaci v telekomunikacích (ETSI). Hlavním cílem standardu TETRA bylo definovat dostatečně podrobně řadu otevřených rozhraní služeb a zařízení, aby nezávislí výrobci mohli rozvíjet produkty infrastruktury a terminály, které by plně spolupracovaly mezi sebou.

Principiálně se jedná o tzv. „trunkovou“ síť s TDMA (Vícenásobný přístup s časovým dělením). Jedná se o digitální síť, která přenáší jak data tak hlas. Rychlost datového kanálu závisí na použitém kmitočtovém rozsahu. Pro variantu TETRA release 2 jsou dostupné přenosové rychlosti 15.6 kbits/s (25 kHz kanálové pásmo) až 538 kbits/s (150 kHz kanálové pásmo).

V případě použití tohoto systému je možné využít 450 MHz pásma určeného pro drážní systém. Relativně nízký kmitočet umožňuje dobré pokrytí i ve členitém terénu, ve kterém se regionální trať vyskytují. Investiční náklady lze odhadovat přibližně ve velikosti 100 t Kč/km, přesný údaj lze však definovat až po konkrétním zaměření a konfigurování sítě. Provozní náklady lze odhadovat na přibližně 20t Kč/km/rok. Náklady na koncové terminály jsou v řádech 10 t Kč/ks.

### **3.5. Dopravní technologie a organizace řízení dopravy**

Řízení dopravy s využitím prvků systému ETCS L3 přináší řadu otázek, které vyplývají z odlišné koncepce řízení a zabezpečení provozu, než je dosud zavedeno v železničním provozu. Je zřejmé, že systém řízení a zabezpečení musí být v souladu s požadavky na dopravní technologii řízení a organizování dopravy.

#### ***Kontrola obsazení infrastruktury na trati a ve stanicích***

Aplikační úroveň ETCS L3 je představována jako systém, který nevyžaduje instalaci žádných detekčních prostředků v infrastruktuře. Je to však podmíněno zajištěním integrity vlaku a přesným určováním polohy vlaku. Ta je dána polohou čela vlaku a délkou soupravy, kterou zadává strojvedoucí do systému po sestavení soupravy. Pohyb po trati lze v zásadě realizovat bez zásadních rizik a problémů, zejména při použití principu „pozitivní lokalizace vlaku“, tedy potvrzování uvolnění virtuálních traťových bloků. Zatím prakticky neřešenou otázkou však zůstává případ, kdy dochází například k odstavení několika vozů soupravy na staniční koleji, přičemž část soupravy s hnacím vozidlem staniční kolej opustí. V dosavadních pilotních projektech se většinou systém předváděl na ucelených motorových jednotkách, kde tento problém nenastává. V případě soupravy složené



z osobních nebo nákladních vagónů však musí být systém připraven na řadu situací spočívajících v manipulaci se samostatnými vozy. Řešení může spočívat v následujících přístupech:

**a) RBC povede informační databázi všech vozidel, která se pohybují po infrastruktuře**

Tento přístup vyžaduje identifikování všech vozidel, která se pohybují v infrastruktuře. Následně musí být vytvořena a udržována databáze, která bude integrována do RBC, přičemž detailní informace o složení soupravy se bude přenášet v síti společně s číslem vlaku. V případě rozpojení soupravy a následné manipulaci s vozy musí být každý pohyb sledován a zaznamenán. Otázkou tohoto přístupu je, jakým způsobem sledovat konkrétní vozidla.

**b) Osazení infrastruktury detekčními prostředky**

Tento přístup spočívá v instalaci detekčních prostředků, zřejmě počítačů náprav, na každé kolejové větvení tak, aby bylo možné technickým způsobem spočítat počet náprav vjíždějících/odjíždějících souprav. Tím lze plně kontrolovat stav obsazenosti staničních kolejí. Rovněž je tím možné potvrdovat, teoreticky i nahrazovat funkci integrity vlaku v mezistaničních úsecích. Avšak v kombinaci s bezpečnou funkcí integrity vlaku lze rovněž odstranit nevýhodu počítačů náprav na dlouhém mezistaničním úseku v případě jejich poruchy. Integrity vlaku může v tomto případě sloužit k bezpečnému znovuoobnovení stavu volnosti úseku při nesouladu údajů zjištěných počítačem náprav. Nevýhodou je zvýšení nákladů na vybudování a provozování infrastruktury.

### ***Řízení posunu v dopravnách***

Systémy ETCS L2 a ETCS L3 se vyznačují možností provozu bez nutnosti instalace návěstidel. V případě uskutečnění vlakové cesty není tento stav problematický. Veškeré informace nutné k řízení vozidla jsou zobrazovány na panelu DMI strojvedoucího, který podle těchto informací řídí vozidlo do bodu dalšího zastavení pod plným dohledem systému ETCS.

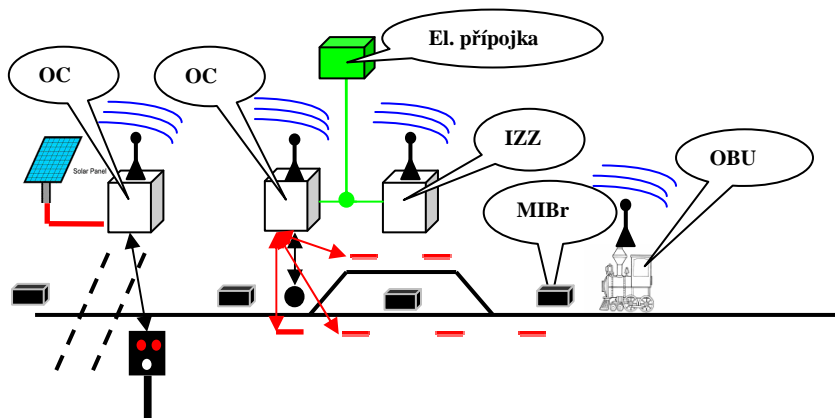
Komplikace však mohou nastat při organizování posunu. Systém ETCS tento mód zavádí s tím, že je vyhrazena definovaná část infrastruktury, která se ohraničí balízami. V případě opuštění dovoleného prostoru vozidlo zastaví. Otázkou je však skutečnost, jak má být strojvedoucí informován o přesných hranicích povoleného posunu. V případě neexistence návěstidel bude nutné sdělit strojvedoucímu přesné hranice dovoleného posunu, nejlépe instalací proměnných nebo pevných návěstí umístěných v infrastruktuře.

#### 4. Koncept integrujícího železničního zabezpečovacího systému pro regionální tratě

Současný stav provozu na regionálních tratích vyžaduje zásadní a koncepční změnu v přístupu k řešení. Je nutné si uvědomit, že jediný efektivní způsob řešení je v celkovém komplexním pohledu, tedy je třeba přistupovat k železničnímu systému jako celku, který se skládá z částí, jimiž jsou zejména:

- Infrastruktura
- Řízení a zabezpečení
- Vozidla
- Dopravní technologie
- Ekonomika provozu

Integrující železniční zabezpečovací zařízení, které je zde prezentováno, vychází z pojetí moderního vlakového zabezpečovače ETCS aplikační úrovně L3. Základní princip spočívá v integraci logických funkcí jednotlivých komponent potřebných k řízení a zabezpečení jízdy železničních vozidel do centrálního počítače za spoluúčasti řídicí jednotky na železničním vozidle. Hlavním záměrem je minimalizovat množství nutných komponent instalovaných v infrastrukturní části, minimalizovat investiční a provozní náklady. Z provozního hlediska je nutné minimalizovat zejména spotřebu elektrické energie, což je zásadní zejména pro přejezdová zabezpečovací zařízení. Základní struktura je vyobrazena na obr. 12.



Obr. 12 Struktura zabezpečení trati integrujícím železničním zabezpečovacím zařízením

Hlavní komponenty systému jsou následující:

**IZZ** - hlavní centrální počítač integrující funkce železničních zabezpečovacích systémů

**OBU** - Palubní jednotka hnacího vozidla

**OC** - Objektový kontrolér

**MIBr** - Balíza, kontrolní prvek umožňující přesnou lokalizaci polohy vozidla na trati.

**TRS** - traťový radiový systém zajišťující propojení jednotlivých komponent systému bezdrátovým datovým spojením

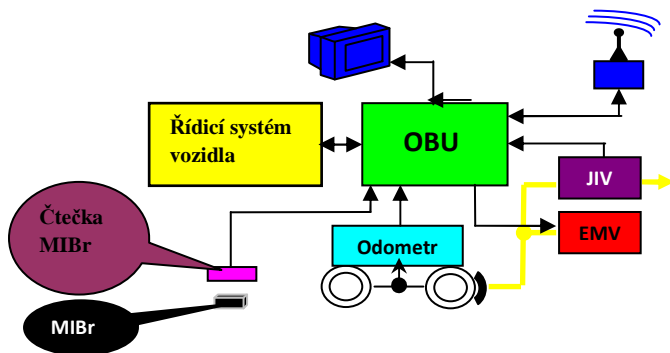
### ***Popis a návrh technického řešení jednotlivých částí***

**IZZ** provádí výpočet logických funkcí a zároveň slouží jako dispečerské pracoviště pro řízení dopravy. Systém integruje logické funkce staničního, traťového i přejezdového zabezpečovacího zařízení celé tratě nebo ovládané oblasti. Je tvořen výkonným počítačem se specializovaným SW vybavením. Komunikace s jednotlivými body na trati a vozidly je zajišťována bezdrátovým přenosovým systémem. Na tuto část systému jsou kladeny vysoké požadavky z hlediska spolehlivosti a bezpečnosti funkce, protože tvoří jádro systému, při jehož chybné funkci nebo nedostupnosti je negativně ovlivněn celý systém železnice.

**OBU** palubní jednotka je zabezpečovací zařízení umístěné na vedoucím vozidle vlaku. Jednotka obsahuje komunikační modul zajišťující komunikaci s centrálou **IZZ**, která povoluje jízdu vozidla do daného úseku trati. Dále obsahuje displej, kde se zobrazují informace pro strojvedoucího.

Pro bezpečnou funkci řízení vozidel musí jednotlivá vozidla lokalizovat svoji polohu, kterou předávají kontinuálně do **IZZ**. Lokalizace je prováděna jednak čtením pevných referenčních bodů – balíz **MIBr** s jednoznačnou identifikací polohy a odometrií (odečítáním ujeté vzdálenosti z počtu otočení kol). **OBU** jednotka může kontrolovat svoji aktuální polohu dvěma způsoby. První způsob spočívá v popisu mapy tratě uložené v jednotce **OBU**, kde je seznam všech bodů a délek jednotlivých úseků tratě, která je pojížďena. Jiný způsob může spočívat v přenosu těchto informací z balíz **MIBr**, které by obdobně jako Eurobalízy systému **ETCS** přenášely potřebná data o popisu tratě vždy při uskutečnění přenosu mezi vozidlem a infrastrukturou při projetí balízy.

Jednotka **OBU** má rovněž bezpečný výstup na **EMV** ventil, který je použit v bezpečnostně krizové situaci k nouzovému zastavení vlaku.



Obr.13. Struktura OBU jednotky

### **Technické řešení jednotky OBU**

Stávající řešení palubních částí systému ETCS pojmají jednotku OBU jako zařízení, které pouze vykonává dohled nad činností strojvedoucího. Při porušení bezpečnostních pravidel provádějí restriktivní zásah do jízdy vlaku. Tyto systémy se v případě aplikace ETCS označují jako ATC (Automatic train control), což je označení pro vlakové zabezpečovací zařízení „novějšího“ typu, disponující souvislou kontrolou rychlosti a používající brzdné křivky a jsou konstruovány s ohledem na požadavky na bezpečnost.

Modernější vozidla mohou mít řídicí systém hnacího vozidla doplněn rovněž o systém automatického vedení vlaku, tedy systém, který automatizuje ovládání řízení hnacího vozidla. Tyto systémy se označují jako ATO (Automatic train operation). V případě jedinečného českého systému AVV (Automatické vedení vlaku) se jedná o automatizační systém určený pro automatizaci řízení vozidel. Systém provádí aperiodické navádění vlaku na určenou rychlost, udržování rychlosti s přesností do 1 km/h, cílové zabrzdění do určeného místa a řízení vlaku tak, aby do následující stanice či zastávky dojel právě včas. Systém rovněž umožňuje optimalizaci spotřeby energie.

Uvedené rozdělení však prakticky znamená, že na palubě hnacího vozidla se nacházejí dva systémy, které pracují na obdobném principu výpočtu souvislé kontroly rychlosti a používají brzdné křivky. Rozdíl je v úrovni bezpečnosti a v rozsahu funkcí zasahujících do řízení vozidla. Možnou úroveň spolupráce obou systémů popisuje [20].

Pro regionální systémy je však toto řešení problematické z konstrukčních důvodů (instalace stávajících systémů ATC + ATO je velmi rozsáhlá a prakticky se vejde pouze do největších hnacích vozidel případně dvoupodlažní elektrické příměstské jednotky), navíc je velmi ekonomicky nákladné. Instalace samotného systému ATC na vozidlo dle specifikace ETCS L2 se pohybuje kolem 10 mil Kč. Z toho vyplývá, že dostupnost takového řešení pro vozidlo pohybující se po

regionální dráze je prakticky nerentabilní. Je proto nutné nalézt konstrukčně i ekonomicky přijatelné řešení.

Přestože systém AVV se považuje za doplňkový „příplatkový“ systém (zatím se hromadně uplatňuje především na vozidlech ČD řady 471), prakticky se jedná o systém s vysokou užitnou hodnotou, vysokou ekonomickou návratností i bezpečnostními přínosy. Ty jsou dány následujícími skutečnostmi:

- přispívá výrazně k bezpečnosti provozu tím, že odbřeměňuje strojvedoucího od rutinní činnosti. Strojvedoucí se tudíž může plně věnovat situaci na trati a zjišťovat, zda nehrozí nějaká kolizní situace, která nevyplývá přímo z dopravní situace a kterou tudíž vlakový zabezpečovač ETCS nemůže zjistit a reagovat na ni
- snižuje opotřebení hnacích ústrojí vozidla, jízda vozidla je řízena „optimálním“ způsobem nezávisle na zkušenostech a stylu jízdy strojvedoucího.
- optimalizuje energetickou náročnost jízdy vlaku, čímž snižuje spotřebu el. energie (v případě závislé trakce) a pohonných hmot (v případě nezávislé trakce)

Lze odhadnout, že využití systému AVV pro řízení vozidla se projeví výrazně v přímých nákladech na provoz a údržbu. Spokojenost, nižší námaha a komfort obsluhy se projevují již obtížněji prokazatelným zvýšením bezpečnosti.

Systém AVV je jednou z možných cest snižování provozních nákladů hnacích vozidel. Se zavedením systémů AVV lze z ekonomických důvodů však počítat pouze u nových vozidel.

Protože na drahách regionálních je nutné nalézt ekonomicky rentabilní řešení, je více než žádoucí z ekonomických i konstrukčních důvodů integrovat funkce ATC do systému ATO.

**OC** objektové kontroléry slouží k vykonání specifických činností v infrastruktuře jako je například přestavování výhybek, nebo signalizace na přejezdech. Důležitou vlastností této komponenty je možnost instalace v infrastruktuře a v případě přejezdů také energetická nenáročnost s využitím solární energie nebo alternativních zdrojů elektrické energie. Předpokládá se rovněž minimalizace rozměrů tak, aby nebylo nutné stavět rozsáhlé objekty pro umístění technologie. Z technologických důvodů bude OC v dopravních s kolejevým rozvětvením obsahovat počítač náprav, který zaznamená počet průjezdů náprav daným místem v kolejevém rozvětvení. Bude tak možné bezpečným způsobem zajišťovat kontrolu obsazení staničních kolejí v případě manipulace s vozy na staničních kolejích.

**TRS** traťový rádiový systém, který zabezpečuje propojení jednotlivých komponent řídicího a zabezpečovacího železničního systému prostřednictvím bezdrátové rádiové sítě. V současné době se nejvíce preferuje nasazení systému

GSM-R, který je nutné z důvodu zajištění interoperability nasadit zejména na celostátní dráhy. Podle [9] se s nasazením GSM-R systémů na regionální dráhy nepočítá. Jako nejvýhodnější se z provozního i ekonomického hlediska jeví využití „trunkové“ nebo ostrůvkové radiové sítě, konkrétní řešení musí umožňovat systémové požadavky na dostupnost, integritu a bezpečnost přenosu dat. Záměrem je preferovat využití radiových sítí v drážním pásmu 150 MHz a 450 MHz, které umožňují dobré pokrytí signálem i ve složitých terénních podmínkách regionálních tratí za přijatelných pořizovacích a následně provozních nákladů.

#### **JIV** – jednotka kontroly celistvosti vlaku

Nutnou podmínkou pro zajištění potřebné úrovně bezpečnosti je kontrola celistvosti (integrity) vlaku. Celistvost vlaku je nutnou podmínkou pro zajištění dostatečné úrovně bezpečnosti automatizovaného řízení provozu. Stávající úroveň závislá pouze na lidském činiteli je pro uvažovaný systém nevyhovující, proto musí být nalezeno odpovídající technické řešení založené na bezpečném „fail-safe“ systému. Přitom je nutné zvažovat možné ekonomické a provozní konflikty zvoleného řešení. Systém JIV je možné řešit následujícími variantami.

- 1) Dodatečné dosazení systému zajišťující funkci JIV na konec soupravy. Toto řešení bylo popsáno v kap. 3.2. a). Toto řešení může přinést řadu problémů v praktickém provozu. Navíc zavádí možné riziko lidského selhání v procesu zajištění bezpečné funkce kontroly konce soupravy.
- 2) Vybavení všech tažených vozidel prostředky pro systém JIV  
Toto řešení bylo popsáno v kap. 3.2. a). Jedná se o dosazení aktivní jednotky, využívající vozidlovou sběrnici pro komunikaci s řídicí jednotkou JIV umístěnou ve vozidle. Tato varianta je prakticky proveditelná pouze u některých vozů nejnovější generace. Je rovněž finančně velmi nákladná a zamezuje přístupu dalších potenciálních dopravců.
- 3) Vybavení pouze příslušného hnacího vozidla systémem JIV  
Toto řešení bylo popsáno v kap. 3.2. b). V principu se problematika instalace systému JIV soustředí pouze na hnací vozidlo, což je vzhledem k nutnosti implementace dalších subsystémů OBU již méně limitující. Po stránce technické realizace je tento způsob náročnější a zatím je pouze teoreticky rozpracován.

Z pohledu snadné integrace a ekonomické výhodnosti se jeví jako nejvhodnější instalace varianty 3). Pokud by se ukázala technicky a bezpečnostně neproveditelnou, bude nutné využít variantu 1), ovšem po vyřešení uvedených aspektů.

**MIBr** - Balíza, kontrolní prvek umožňující přesnou lokalizaci polohy vozidla na trati. V principu je možné používat standardizované řešení Eurobalise, které zajišťuje kompatibilitu s přístupem vozidel vybavených dle standardu ETCS. Použití těchto balíz však má jednu nevýhodu. Ta spočívá v principu lokalizace polohy a směru vozidla. Pro tuto funkci musí být instalovány v těsné blízkosti

minimálně dvě balízy. Většinou se instalují ve stanicích, kde se předpokládá potřeba načítání nové orientace vozidla. Tento způsob ekonomicky prodražuje dané řešení.

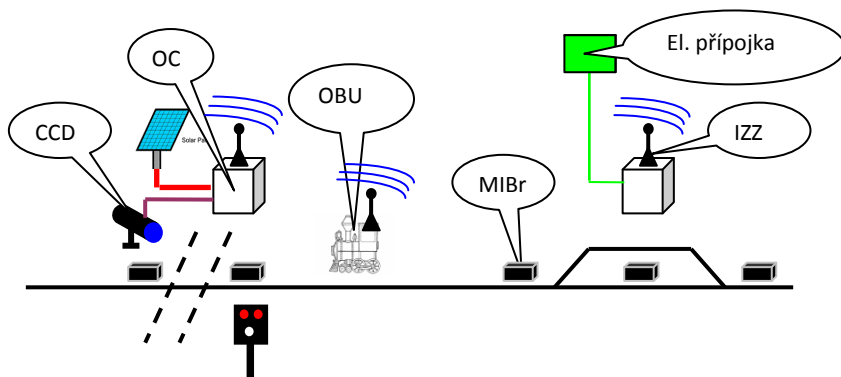
Je možné použít jiné typy balíz, které umožňují přímo při průjezdu vozidla předat informaci o směru poježdění (např. dosavadní jednotky MIB složené ze sekvence permanentních magnetů). Tyto jednotky však nebudou zaručovat kompatibilitu a tím přechodnost vozidel vybavených systémem ETCS aplikační úrovně L2 nebo vyšší.

#### 4.1. Aplikace zabezpečení přejezdu

Dosud žádný ze stávajících návrhů systému nebyl přímo zaměřen na snížení nákladů spojených s technologií zabezpečení přejezdů. Přitom nevyhovující úroveň zabezpečení přejezdů s ohledem na jejich významný počet na regionálních drahách má za následek výrazné snížení rychlosti i bezpečnosti železniční dopravy. S ohledem na potřebu navyšování rychlostí i úrovně bezpečnosti je nutné tuto problematiku řešit.

Problematiku zabezpečení přejezdů lze řešit následujícími způsoby:

- a) Rušení přejezdů – v rámci projektu [15] byla problematika přejezdů celkově analyzována. Bylo zjištěno, že platná právní úprava týkající se zřizování a rušení přejezdů je v praxi obtížně použitelná. Byla proto navržena nová metodika a návrh legislativních změn pro zřizování a rušení přejezdů. Praktické zkušenosti však ukazují, že rušení přejezdů je mnohdy velmi složitým procesem, který je nutné řešit i s majiteli přilehlých pozemků a nemovitostí.
- b) U málo využívaných přejezdů instalovat mechanické uzamykatelné závory, které bude možno kontrolovatelným postupem ovládat. Zvednutí závory musí být provedeno až po povolení dispečerem. Toto povolení může být realizováno buďto technickým nebo administrativním způsobem.
- c) Zabezpečení přejezdu přejezdovým zabezpečovacím zařízením, které vyžaduje minimální investiční i provozní náklady a zároveň umožňuje zvýšení úrovně bezpečnosti.



Obr. 14. Zabezpečení přejezdu integrujícím železničním zabezpečovacím zařízením, zdroj autor

V místě úrovnňového křížení s pozemní komunikací bude umístěn ostrovní OC, který bude propojen s IZZ a řídicím vozidlem blížícím se k přejezdu. Systém musí být schopen spolupůsobením OBU s lokalizací polohy řídicího vozidla, IZZ a OC vyvolat včas výstražnou signalizaci na přejezdu a spuštění této výstrahy signalizovat řídicímu vozidlu povolením k jízdě přes přejezd ve výstražném stavu. V negativním případě je nutné vydat příkaz k zastavení vozidla resp. povolení jízdy „opatrně“ přes oblast přejezdu. Strojvedoucí bude o funkčním stavu na přejezdu kontinuálně informován.

Jako další funkce pro zvýšení bezpečnosti je možno zařízení doplnit o kamerový systém, který bude detekovat změny v nebezpečné oblasti přejezdu a bude rovněž umožňovat předání varovné indikace v případě detekce překážky na přejezdu přímo na kolejové vozidlo.

#### ***Minimalizace investičních a provozních nákladů***

- Technologie OC bude miniaturizována do velikosti skříně rozvaděče, který bude umístěn do bateriové studny nebo venkovního rozvaděče.
- Napájení musí být provedeno výhradně ze zdroje, který nevyžaduje elektrickou síťovou přípojku.
- Primárním zdrojem jsou akumulátory s prediktivní diagnostikou stavu energie. Dobíjení akumulátorů se uskutečňuje prostřednictvím solárního panelu.
- Spotřeba el. energie musí být minimalizována. V základním bezvýstražném stavu musí být aktivní pouze minimum obvodů umožňujících aktivaci výstrahy
- Systém nebude poskytovat pozitivní návěšt



### ***Možnosti zvýšení úrovně bezpečnosti přejezdů.***

- **PZZ se závorami** - z provedených výzkumů [15] zabývajících se bezpečností na přejezdech jednoznačně vyplývá, že nejvíce těžkých nehod na přejezdech se odehraje na přejezdech vybavených pouze světelným přejezdovým zabezpečovacím zařízením bez závor. Je proto nutné nalézt takové technické a při tom ekonomicky přijatelné řešení, které umožní instalaci mechanické zábrany.
- **Detekce obsazenosti nebezpečné oblasti přejezdu v době výstrahy** - Ke zvýšení bezpečnosti může rovněž přispět instalace kamerového systému. Samotná přítomnost kamerového systému může působit preventivně, může však sloužit také pro přenos varovné informace do blížícího se kolejového vozidla. Prakticky tím lze zmírnit následky škod v případě uvážnutí vozidla na přejezdu mezi sklopenými závorami a vyslání včasné varovné informace na kolejové vozidlo. Nelze však předpokládat, že by bylo možné zabránit střetům, kdy silniční vozidlo vjede na přejezd těsně před sklopením závor a uváže tam. Důvodem je skutečnost, že nelze prodlužovat dobu výstrahy tak, aby byl vlak blížící se k přejezdu schopen zastavit před přejezdem v případě vyskytující se překážky po sklopení břeven závor. Vedlo by to k neúměrnému prodloužení doby uzavření přejezdu, což by naopak zvyšovalo pravděpodobnost střetu se silničním vozidlem. Kolejové vozidlo proto musí mít po obdržení informace o funkčním stavu PZZ povolení k jízdě až za přejezd s tím, že bude-li zjištěna během předzváněcí doby nebo po sklopení závor překážka v nebezpečné oblasti přejezdu, bude vydána varovná informace, která bude aktivovat brzdu vozidla. Dojde tedy ke zkrácení doby reakce a strojvedoucí bude dříve varován o možném nebezpečí.
  - **Zkrácení doby výstrahy** - uvedená koncepce PZZ ovládaná aktivně jízdou spolupracujícího vozidla umožňuje podstatné zkrácení, resp. zpřesnění výstražných dob na přejezdech. Je to dáno tím, že palubní jednotka navádí vozidlo dle známé rychlostní křivky, proto je možné predikovat s vysokou přesností příjezd vlaku na přejezd. Tímto postupem lze odstranit výrazné rozdíly doby příjezdu na přejezd např. u zastavujícího osobního vlaku a rychlíku. Lze předpokládat, že tento přístup zvýší bezpečnost na přejezdu minimalizací doby výstrahy pod 2 min, které jsou z pohledu účastníka silničního provozu kritické.

## 5. Koncepce bezpečnosti a parametry RAMS

Při řešení IZZ musí být dodrženy požadavky a podmínky stanovené platnou legislativou, zejména požadavky Vyhlášky MD č. 177/1995 Sb., norem ČSN 34 2600, ČSN EN 50126, ČSN EN 50129, ČSN EN 50159-1, ČSN EN 50128, ČSN 34 2617 pro funkci zabezpečovacího zařízení. Řešení přenosu bezpečnostně relevantních dat v otevřeném systému musí splňovat požadavky ČSN EN 50159-2.

Je však nutné upozornit, že odkaz na výše uvedené normy neřeší vše. Vzhledem k tomu, že se jedná o vývoj a aplikaci nových technologií, pro které nejsou dosud zavedeny jednoznačné požadavky a kritéria jak na konstrukci, tak na provoz a posuzování, bude nutné přizpůsobit této situaci platnou legislativu.

V souladu s požadavky na drážní systémy dle ČSN EN 50 126, musí být pro IZZ zpracována podrobná analýza rizik. V principu se jedná o proces založený na identifikování rizik či hrozeb, určování jejich četnosti výskytu a odhadování jejich následků. Hlavním cílem analýzy rizik je pro naše účely sumarizace uvažovaných rizik a stanovení akceptovatelných měr rizik. Výstupem této analýzy musí být stanovení bezpečnostních požadavků, které má navržený systém na definované úrovni zajistit. Běžnou současnou praxí bývá, že je vyvíjeno nové zařízení, které je modernější variantou oproti stávajícím, na drahách již provozovaným zařízením. V tomto případě lze do jisté míry základní rizika určovat jednak ze zkušeností a způsobů použití stávajících zařízení, tak rovněž z normativních dokumentů. Ani v tomto případě však nelze tuto etapu přeskočit či považovat za již vyřešenou. Nové principy konstrukce a funkce vyskytující se u nového zařízení vždy přinášejí odlišnosti v použití či údržbě systému, které musí být důkladně analyzovány.

V případě vývoje zcela nového zařízení je nutné provést proces analýzy rizik velice pečlivě s uvažováním všech možných rizik, která souvisejí především se způsobem začlenění nového zařízení do stávajícího systému řízení a zabezpečení železničního provozu.

Obecně je proces stanovení a přijetí rizik v současné době velmi problematický. V současné době neexistují jednotné a právně závazné přístupy k definování, hodnocení a přijímání rizik drážních systémů. Následně to vede zejména k tomu, že se drážní systémy většinou konstruují s co nejvyššími požadavky na bezpečnost ve snaze vyhnout se případným sporům vyplývajícím z aplikace nižší úrovně bezpečnosti, než je normou předepsaná úroveň nejvyšší. Také lze poznamenat, že co nejvyšší číslo parametru SIL je velice dobrým artiklem v konkurenčním boji výrobců.

V souvislosti s navrhovanou technologií pro regionální dráhy je však nutné přístupy analýzy rizik a stanovení požadavků na SIL realizovat s co nejvyšší snahou prokázat požadavky na bezpečnost tak, aby náklady na řešení možných rizik byly ekonomicky přijatelné. Analýza proto musí být prováděna v rámci celého systému (všech složek dráhy) s uvažováním všech provozních i poruchových režimů.

Jako základní rizikové události lze uvést:

- a) Střet dvou kolejových vozidel na trati nebo staniční koleji
- b) Střet kolejového vozidla s uživatelem pozemní komunikace
- c) Nedodržení rychlosti jízdy kolejového vozidla s následným vykolejením (vlivem překročení dovolené rychlosti)
- d) Nepřímé ohrožení cestujících nebo zaměstnanců vlivem porušení provozních pravidel
- e) Sekundární ohrožení bezpečnosti vlivem poruchy systému (nízká dostupnost a spolehlivost systému)

Jednotlivé výše uvedené vrcholové rizikové události musí být analyzovány v rámci celého drážního systému a musí být prokázáno, s jakou úrovní bezpečnosti je nutné jednotlivé části systému řešit.

### **Požadavky na parametry RAMS**

S ohledem na požadavky norem ČSN EN 50126 a ČSN EN 50 129 je potřebné definovat cílové parametry RAMS systému. Vzhledem k charakteru regionální dopravy, kde četnost spojů je výrazně nižší než na koridorových tratích, lze uvažovat méně přísné požadavky na spolehlivost systému než u systémů určených pro hlavní nebo koridorové tratě. Přesto celková koncepce systému a parametry RAM jednotlivých kritických komponent musí být konstruovány a provozovány tak, aby nedocházelo k častým ztrátám funkce systému. To je důležité především proto, že při selhání nebo výpadku systému musí být použity náhradní prostředky pro řízení dopravy, které mají až o několik řádů nižší parametry bezpečnosti. Parametry RAMS lze definovat dle dokumentu [19] následovně:

### **Spolehlivost (R)**

<b>Typ chyby</b>	<b>Požadovaný čas [hodin]</b>
Střední doba do poruchy mezi významnými poruchami (MTBFSi)	87600
Střední doba do poruchy mezi hlavními poruchami (MTBFMA)	3650
Střední doba do poruchy mezi malými poruchami (MTBFMi)	470

Přičemž poruchy jsou kategorizovány takto:

**Významná porucha** – porucha systému velkého rozsahu takovým způsobem, že jejím následkem nastane výpadek dalších klíčových komponent systému s důsledkem na přerušení provozu ve významném rozsahu.

**Hlavní porucha** – porucha části systému, která způsobuje omezení provozu alespoň části systému. Pro provoz systému může být používáno definovaných nouzových postupů.

**Malá porucha** – porucha části systému, která neomezuje provoz a nevyžaduje využití nouzových postupů obsluhy systému

Ve výpočtech se dále předpokládá, že oprava začne být prováděna do 2h od jejího zjištění.

### ***Dostupnost (A)***

Dostupnost je ovlivněna spolehlivostí, udržovatelností a pro některé stupně také bezpečností. Dostupnost může být ovlivněna ze strany dodavatele vysokou spolehlivostí systému a vhodností návrhu, který svými vlastnostmi může umožňovat rychlou opravu systému po poruše. Dostupnost je rovněž ovlivněna i jinými faktory, např. organizací údržby. Technická dostupnost maximální konfigurace specifické aplikace systému se vypočítá podle vzorce

$$A = \text{MTBF} / (\text{MTTR} + \text{MTBF})$$

Technická dostupnost musí být nejméně 99,98%.

### ***Udržovatelnost (M)***

Požadavky a způsob zajištění udržovatelnosti musí zajistit, že se po celou dobu provozní životnosti systému tento vrátí do normálního provozu rychle a za rozumnou cenu.

Střední doba opravy (MTTR) musí být maximálně 30 minut pro významné nedostatky. Průměrná doba do opravy musí být maximálně 1 hodina pro hlavní a vedlejší selhání.

### ***Bezpečnost (S)***

Pro maximální konfiguraci systému musí být přijatelná míra rizika (THR) méně než  $1E-8$  nebezpečné poruchy za hodinu. Dle ČSN EN 50129 tato míra odpovídá úrovni SIL=4.

## 6. Závěr

V ČR zastupují více než 45% železniční sítě dráhy regionální. Tyto dráhy zajišťují propojení více než 28% obcí a tvoří tak důležitou součást dopravního systému ČR. Přesto je přes 50% těchto regionálních drah řízeno technicky i ekonomicky nevyhovujícím způsobem, pro který je charakteristický velmi vysoký podíl lidského činitele s minimálním využitím technických prostředků. Zároveň se na těchto drahách vyskytuje velmi vysoký počet přejezdů, mnohdy zabezpečených pouze výstražnými kříži, které výrazně omezují (po stránce ekonomické, funkční i bezpečnostní) zapojení této části železniční sítě do integrovaných dopravních systémů měst a regionů.

Je zřejmé, že současný stav provozování regionálních drah v ČR je nevyhovující. Hlavní příčinu je možné spatřovat v dlouhodobém nedostatku finančních zdrojů určených především na výraznou modernizaci související se změnou koncepce technologie řízení a zabezpečení. Dostupné řešení aplikované zejména na celostátních drahách je zejména z ekonomického důvodu nevyhovující a plošně neaplikovatelné.

V současné době je však možné sledovat rozvoj nových moderních technologií v oboru řízení a zabezpečení, které se zaměřují rovněž na oblast regionálních drah. Tyto technologie se odlišují od známých přístupů aplikovaných na celostátních drahách jak odlišnou filosofií funkce, vhodnou pro charakter provozu na regionálních drahách, tak zejména požadavkem na minimalizaci investičních a provozních nákladů. Nové technologie řízení a zabezpečení, principiálně vycházející z koncepce ERTMS/ETCS L3, umožňují výrazným způsobem zvýšit podíl automatizace při řízení a zabezpečení regionálních drah. Hlavní koncepční změna, vyplývající z doposud navržených nových přístupů, spočívá především ve vybavení vozidla technickými prostředky, které zajišťují aktivně zapojení vozidla do procesu řízení a zabezpečení vlastního pohybu po infrastruktuře. Tím je možné výrazným způsobem zvýšit úroveň automatizace daného procesu a snížit investiční i provozní náklady na straně infrastruktury.

Zásadní technické části těchto systémů jsou dnes ve fázi experimentálního ověření a začínají se v některých aplikacích nasazovat také do reálného provozu. V současné době však není dostupné komplexní technologické řešení, které by bylo zároveň ekonomicky i provozně přijatelné z hlediska charakteru provozu regionálních drah v ČR. Nasazení těchto technologií v prostředí regionálních drah ČR je podmíněno koncepční analýzou, zabývající se celým železničním systémem regionálních drah a jeho začleněním do integrovaných dopravních systémů. Přímé přenesení např. technologie ERTMS Regional, resp. ETCS L3 nemusí být vyhovující a přímo aplikovatelné s ohledem na odlišný charakter regionálních drah v ČR oproti západním zemím EU. Hlavní odlišnosti lze spatřovat na technologické, ale i ekonomické úrovni, proto bylo v této práci navrženo a diskutováno technické řešení nového integrujícího zabezpečovacího zařízení. Návrh vychází z koncepce systému ETCS L3. Navržené řešení je však specificky zaměřeno na nalezení

optimálního řešení pro regionální dráhy v ČR jak z pohledu technologie a zabezpečení provozu, tak snížení investičních a provozních nákladů daného řešení. Je řešena také problematika zabezpečení úrovnových přejezdů, jakožto prvků kritických po stránce ekonomické i bezpečnostní. Problematika je diskutována na úrovni koncepce systému. Uvedená koncepce je založena na jistých technických a ekonomických předpokladech, které musí být v dalších etapách vývoje systému detailně rozpracovány a ověřeny.

Zavádění a ověřování nových technologií je vždy velmi problematické, týká-li se zejména tak zásadní změny, jakou je celková koncepce a filosofie řízení a zabezpečení drážního provozu. I proto je dnes problematické ověření rozsáhlých technologických celků, které mají inovativní, doposud nevyzkoušený a neověřený princip funkce, na reálném systému velkého dopravce nebo vlastníka infrastruktury v podobě ČD a.s. případně SŽDC s.o. Současná ekonomická situace vlastníků a provozovatelů vede spíše k nákupu a provozování dopravních systémů za účelem pozitivní ekonomické bilance, než financování vlastních vývojových a výzkumných činností. Pro železniční průmysl je rovněž návrh a vývoj zcela nových technologií vždy velkou technickou a především ekonomickou výzvou. Naskýtá se zde možnost zapojení univerzitních pracovišť, které mohou významně přispět k hledání optimálního řešení jak na teoretické úrovni, tak na úrovni experimentálního a laboratorního ověřování a demonstrování funkčních vzorů.

Řešení problematiky regionálních drah v ČR je v současné době velmi aktuální. S ohledem na ekonomické požadavky musí regionální železnice ve velmi krátké době vyřešit zásadní koncepční otázky. Buď bude regionální dráha podstatným způsobem zredukována a dopravní obslužnost bude řešena autobusovou dopravou, případně individuální automobilovou dopravou nebo dojde ke změně přístupu technického i ekonomického modelu využívání regionálních drah. V případě prvního způsobu vývoje bude zřejmě dopravní systém v ČR následovat modely dopravních systémů v západních zemích, které v současné době díky vysoké saturaci a negativním vlivům silniční sítě znovu zavádí alespoň část původních zredukováných kolejových systémů. Druhý přístup nevylučuje jistou redukci, případně úpravu vedení obtížně využitelných drah. Nabízí však při vhodné aplikaci nových metod a technologií možnost efektivního začlenění regionálních drah do systému integrované dopravy, který má velmi vysoké celospolečenské přínosy. Podmínkou nalezení efektivního a funkčního řešení je komplexní řešení problematiky celého železničního systému, který se skládá ze všech spolupracujících subsystémů (Infrastruktura, Řízení a zabezpečení, Vozidlo, Dopravní Technologie a řízení dopravy, Ekonomika provozu). V této souvislosti je problematika řízení a zabezpečení provozu pouze nutnou, nikoliv postačující a vše řešící součástí.

## Literatura

- [1] Leso, M. Železniční zabezpečovací systém, Praha : ČVUT v Praze, 2010.
- [2] Zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách v platném znění
- [3] Kategorizace železniční sítě  
[http://www.mdcr.cz/cs/Drazni\\_doprava/Kategorizace+zel+site.htm](http://www.mdcr.cz/cs/Drazni_doprava/Kategorizace+zel+site.htm)
- [4] Kategorie drah, provozovatelé dráhy <http://provoz.szdc.cz/portal/>
- [5] Správa železniční dopravní cesty s.o., [www.szdc.cz](http://www.szdc.cz)
- [6] Ministerstvo dopravy České Republiky, [http://www.mdcr.cz/cs/Drazni\\_doprava/](http://www.mdcr.cz/cs/Drazni_doprava/)
- [7] UIC, ERTMS Regional, [www.uic.org](http://www.uic.org)
- [8] SEIFFERT, Rolf. Train Integrity, making ETCS L3 happen. Signal+Draht. Září 2010, 9/2010, s. 49-50.
- [9] MD ČR, Národní implementační plán ERTMS, září 2007, Praha
- [10] Petr Kolář, Zabezpečovací systém LOCOPROL, Vědeckotechnický sborník ČD č. 19/2005
- [11] <http://www.locoprol.org>
- [12] Petr Kolář, Radioblok, Vědeckotechnický sborník ČD č. 23/2007
- [13] Václav Chudáček, Libor Lochman, Vlakový zabezpečovací systém ERTMS/ETCS, Vědeckotechnický sborník ČD č. 5/1998
- [14] Jiří Šustr, GSM-R, mobilní komunikační systém pro železnici, Vědeckotechnický sborník ČD č. 20/2005
- [15] 1F82A/032/130 - Železniční přejezd v dopravním systému ČR (2008-2009, MD0/1F)
- [16] Aleš Filip, Jiří Suchánek, Certifikace satelitního signálu GALILEO pro železniční aplikace, Vědeckotechnický sborník ČD č. 22/2006
- [17] Aleš Filip, Lubor Bažant, Hynek Mocek, Vlakový polohový lokátor na principu GPS/GNSS pro zabezpečovací techniku, Praha červen 2000
- [18] TETRA, Critical communications for all professional users,  
<http://www.tetramou.com>
- [19] UIC, ERTMS REGIONAL RAMS Requirements, Version: 01.00 DRAFT 1.02 20-01-06
- [20] Aleš Lieskovský, Ivo Myslivec, Pavel Špaček, ETCS a AVV - spolupráce, nikoliv konkurence, Vědeckotechnický sborník ČD č. 21/2006
- [21] Presentations from LOCOPROL Nice Conference - 25 and 26 January 2005
- [22] ČSN EN 50126-1 Drážní zařízení - Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS)
- [23] ČSN EN 50129 Drážní zařízení - Sdělovací a zabezpečovací systémy a systémy zpracování dat - Elektronické zabezpečovací systémy

## **Profesní životopis Ing. Martina Leso, Ph.D.**

### **Vzdělání**

---

1988 - 1992	Střední průmyslová škola dopravní, Masná 18, Praha 1 Obor Zabezpečovací a sdělovací technika v dopravě
1994 - 1999	Ing. - České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Konviktská 20, Praha 1, Obor Automatizace v dopravě a telekomunikacích
1999 – 2004	Ph.D. - České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Konviktská 20, Praha 1, Obor Inženýrská informatika, Disertační práce “Redundantní a kombinované železniční zabezpečovací systémy a jejich implementace ”

### **Dosažená praxe**

---

1998 – dosud:	Podílí se na hodnocení bezpečnosti a spolehlivosti železničních zabezpečovacích systémů
1999 – dosud:	Odborný asistent ČVUT v Praze, Fakulta dopravní
2006 – dosud :	zkušební technik v Zkušební laboratoři Fakulty dopravní
2009 – dosud :	zástupce vedoucího Zkušební laboratoři Fakulty dopravní
2008 – dosud :	hodnotitel bezpečnosti - Certifikačním orgánu pro výroby při Fakultě dopravní
2010 – dosud :	zástupce vedoucího Certifikačního orgánu pro výroby při Fakultě dopravní

### **Vede a přednáší předměty:**

- Železniční zabezpečovací technika
- Železniční zabezpečovací systémy

### **Vede a spolupracuje na fakulních projektech:**

- Vede projekt Dopravní sál Fakulty dopravní.
- Spolupracuje na řešení projektu Krkonošské metro.

### **Vědecké aktivity:**

V rámci ČVUT spolupracuje na projektech VaV zabývajících se problematikou řízení a zabezpečení železniční dopravy. Mezi nejvýznamnější řešené projekty patří:

- Grant MD ČR 1F82A/032/130 „Železniční přejezd v dopravním systému ČR“, nositel KPM CONSULT, a.s.
- Grant MPO-TANDEM FT-TA3/025 IDMAIN - inteligentní diagnostický systém pro kolejová vozidla



K odborným zájmům patří zejména vývoj elektronických řídicích a zabezpečovacích systémů. Jako nejvýznamnější lze uvést:

- Elektronický systém řízení modelového kolejiště pro Dopravní sál Fakulty dopravní včetně unikátního řešení ovládní jízdy kolejových vozidel pomocí bezdrátového rozhraní „Bluetooth“,
- Ovládní listového informačního systému „Pragotron“ (Presentace v galerii alternativního umění Dox 11/2010, příprava nasazení na Žst. Frýdlant pro SŽDC s.o.)

Působí rovněž v aktivitách zabývajících se komplexním řešením problematiky Regionálních drah v podmínkách ČR řešený v rámci projektu „Krkonošské metro“. Zde je především řešena koncepce nové technologie řízení a zabezpečení regionálních drah. V rámci tohoto projektu rovněž řeší vývoj a provozní ověření technologie nového ekonomicky i ekologicky výhodného hybridního trakčního pohonu využívajících alternativní paliva pro použití na lehkých kolejových vozidlech vhodných pro regionální tratě.

#### Seznam vybraných vědeckých a odborných prací

- Leso, M., Brandejský, T. : Analýza rizika ve schvalovacím procesu železničních zabezpečovacích zařízení z pohledu hodnotitele bezpečnosti. In 17. mezinárodní sympóziu "Zvyšovanie konkurencieschopnosti európskeho železničného systému" EURO - Žel 2009. Zborník prednášok. Žilina: Žilinská univerzita, 2009, díl 1, s. 185-192. ISBN 978-80-554-0024-2.
- Leso, M., Brandejský, T. : Hodnocení železničních systémů podle evropských standardů. In EURO - Žel 2010. Žilina: Žilinská univerzita, 2010, s. 29-32. ISBN 978-80-554-0197-3.
- Leso, M., Brandejský, T. : Posuzování bezpečnosti zabezpečovacích zařízení. In Moderní zabezpečovací, řídicí a telekomunikační technika na tratích ČR jako součást evropského železničního systému. Praha: České dráhy, a. s., Generální ředitelství, 2007, s. 65-70.
- Leso, M., Brandejský, T., Fábera, V.: Aplikace multicore procesorů a multiprocessorových systémů - analýza rizik. In 17. mezinárodní sympóziu „Zvyšovanie konkurencieschopnosti európskeho železničného systému" EURO - Žel 2009. Zborník prednášok. Žilina: Žilinská univerzita, 2009, díl 1, s. 179-184. ISBN 978-80-554-0024-2.
- Leso, M., Brandejský, T., Fábera, V.: Aplikace nových HW a SW platforem v železničních zabezpečovacích systémech. In EURNEX Žel 2008. Žilina: Žilinská univerzita, 2008, s. 204-211.
- Leso, M., Brandejský, T., Fábera, V.: Klasifikace bezpečnostně kritických funkcí. In EURNEX Žel 2008. Žilina: Žilinská univerzita, 2008, s. 251-257.
- Leso M.: „Nové prostředky k návrhu složitých zabezpečovacích systémů s dominantními požadavky na spolehlivost“, sborník konference ELEKTRO 2001