

# TECHNICKO-PROVOZNÍ STUDIE

## TECHNICKÁ ŘEŠENÍ VRT

05/2017

### 4.6

## TECHNICKÉ PARAMETRY VRT V EVROPĚ SUBSYSTÉM CCS – ŘÍZENÍ A ZABEZPEČENÍ

Zpracovatelé: Petr Nekula, Michal Pavel, Martin Štrof





---

4.6

## SUBSYSTÉM CCS

---



# OBSAH

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>ÚVOD .....</b>   | <b>5</b>  |
| 1.1      | OBSAH SEŠITU .....  | 5         |
| <b>2</b> | <b>ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ .....</b>                                     | <b>5</b>  |
| 2.1      | OBEČNĚ .....  | 5         |
| 2.1.1    | Přejezdová zabezpečovací zařízení .....                                 | 6         |
| 2.1.2    | Staniční a traťová zabezpečovací zařízení .....                         | 7         |
| 2.1.3    | Vlaková zabezpečovací zařízení .....                                    | 7         |
| 2.2      | DIAGNOSTICKÉ SYSTÉMY ZABEZPEČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ .....                     | 15        |
| 2.3      | NADŘÁZENÉ A DOHLEDOVÉ SYSTÉMY ŘÍZENÍ PROVOZU .....                      | 16        |
| 2.3.1    | Provozní dohled .....   | 17        |
| 2.3.2    | Dálkové ovládání zabezpečovacího zařízení .....                         | 18        |
| 2.3.3    | Automatické stavění vlakových cest .....                                | 18        |
| 2.3.4    | Optimalizace energetické spotřeby a návaznosti spojů .....              | 19        |
| 2.3.5    | Řízení fyzické a informatické bezpečnosti .....                         | 20        |
| 2.4      | POROVNÁNÍ ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ VE SLEDOVANÝCH ZEMÍCH .....              | 20        |
| 2.4.1    | Komentář k rozdílným základním parametrům .....                         | 21        |
| <b>3</b> | <b>SDĚLOVACÍ ZAŘÍZENÍ .....</b>   | <b>28</b> |
| 3.1      | OBEČNĚ .....  | 28        |
| 3.2      | TECHNICKÉ PARAMETRY VE SLEDOVANÝCH ZEMÍCH .....                         | 28        |
| 3.2.1    | Optická kabelizace .....  | 28        |
| 3.2.2    | Přenosový systém, datová síť (architektura, kapacita, redundance) ..... | 29        |
| 3.2.3    | Kamerové systémy a ochrana proti požáru a vniknutí nepovolaných osob .. | 30        |
| 3.2.4    | Informační systémy (vizuální a rozhlasové zařízení) .....               | 31        |
| 3.2.5    | Digitální rádiový systém GSM-R .....                                    | 32        |
| 3.3      | DIAGNOSTIKA TECHNOLOGICKÝCH SYSTÉMŮ .....                               | 34        |
| 3.3.1    | Diagnostické systémy železniční infrastruktury .....                    | 34        |
| 3.3.2    | Nadstavbové systémy železniční infrastruktury .....                     | 35        |
| 3.4      | POROVNÁNÍ PARAMETRŮ VE SLEDOVANÝCH ZEMÍCH .....                         | 36        |
| <b>4</b> | <b>ZDROJE .....</b>   | <b>36</b> |



## 1 ÚVOD

---

### 1.1 OBSAH SEŠITU

---

Tento sešit se věnuje popisu parametrů vysokorychlostních tratí ve sledovaných zemích z pohledu systémů zabezpečovacího a sdělovacího zařízení, tj. v oblasti Řízení a zabezpečení dle české terminologie, neboli Control command and Signaling – CCS dle obvyklé terminologie pro interoperabilní systémy na železnici. U vysokorychlostních tratí jsou oba tyto systémy vzájemně úzce spjatý a i proto je tento sešit věnován společně oběma uvedeným systémům.

Sledovanými zeměmi jsou:

- Rakousko /AT/,
- Německo /DE/,
- Francie /FR/,
- Španělsko /ES/,
- Itálie /IT/.

Shodně jsou ve všech zemích základním dokumentem, kterými se řídí návrh technických parametrů v oblasti zabezpečovacího a sdělovacího zařízení, technické specifikace pro řízení a zabezpečení (TSI CCS). V přístupu k jednotlivým oblastem těchto specifikací se však jednotlivé země liší. V následujících kapitolách je uveden popis shodných a rozdílných oblastí, které byly v jednotlivých zemích zjištěny.

## 2 ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ

---

### 2.1 OBECNĚ

---

Z pohledu ČSN 34 2600 ed. 2 se zabezpečovací zařízení člení na staniční, traťová, vlaková a přejezdová zabezpečovací zařízení. Pro potřeby této studie bude toto dělení sledováno i v následujících kapitolách ačkoliv např. v počítačově orientovaných systémech staničního a traťového zabezpečovacího zařízení je tato hranice čistě formální stránkou.

Úvodem je třeba zdůraznit, že toto členění je poněkud zastaralé a neodpovídá překotnému vývoji v systémech Řízení a zabezpečení. Současné evropské tendence v dopravě směřují k centralizaci a sjednocování. To je vedeno snahou bezproblémového propojení národních železničních sítí evropských zemí. Ale nejsou to jen „politické“ tendence. Je to i přirozené zjištění, že dálkové, centralizované řízení je efektivnější jak z hlediska kapacit sítě, tak z hlediska úspory pracovních sil.

Je tedy skutečností, že systémy Řízení a zabezpečení lze chápat nejen zúženě jako systémy pro bezpečnou jízdu vlaků, ale i jako systémy pro účinné řízení dopravy, které zajišťují jak horizontální propojenost oblastí a sítí, tak vertikální vazbu od obchodních (business) systémů řízení dopravy, přes dispečerskou správu a dohled vlaků dopravců a dispečerské

řízení sítě či oblasti správcem sítě až po systémy efektivního a bezpečného řízení provozu na jednotlivých tratích a ve stanicích. V posledních zhruba dvou dekadách k tomuto důslednému propojení došlo přirozenou cestou zvyšování efektivity a kapacity. A k tomu ještě přibýly svým významem neopomenutelné informační systémy jak pro dopravce – operátory, tak pro cestující. Ty prorůstají jednotlivými vrstvami řízení provozu.

Obecně lze systémy řízení provozu označit jako Traffic Management Systems – TMS, přičemž jejich hranice směrem nahoru je neostrá. K tomu ještě přibýly svým významem neopomenutelné informační systémy jak pro dopravce – operátory, tak pro cestující. Ty prorůstají jednotlivými vrstvami systému řízení provozu.

Ve světě se pak systémy, které slouží automatizaci řízení a zabezpečení na té nejnižší úrovni, zejména pak s důrazem na traťové a vlakové zabezpečovače, dělí na systémy (nepřesně přeložené do češtiny):

- Automatického vlakového řízení – Automatic Train Control – ATC,
- Automatického vlakového zabezpečení – Automatic Train Protection – ATP,
- Automatického vlakového dohledu – Automatic Train Supervision – ATS.

Přičemž systémy ATP a ATS jsou podmnožinou systému ATC. Do třídy systémů ATP spadají klasické systémy zabezpečení včetně vozidlových zabezpečovačů. Ty musí prokazatelně splňovat integritu bezpečnosti a spadají pod působnost evropských norem a schvalovacích procesů.

Do třídy systémů ATS pak povětšinou spadají hierarchicky nadřazené systémy, jako jsou dispečerské systémy řízení provozu umožňující dohlížet na provoz, dálkově stavět (ručně či automaticky) jízdní cesty, generovat dopravní dokumentaci, dohlížet na stavy tratí a vlaků na nich, podporovat dispečerské rozhodování nebo pasažérské informační systémy, podporovat asistenční systémy strojvedoucích (Driver Assistance System – DAS) či systémy automatického vedení vlaků (Automatic Train Operation – ATO). U těchto systémů se nicméně obvykle nepožaduje ani žádná míra integrity bezpečnosti, ani interoperabilita. Což ovšem nebude velmi pravděpodobně platit i v budoucnosti.

Systémy řízení provozu pak k výše uvedenému přidávají funkce diagnostiky, řízení údržby, řízení napájecích systémů a energetiky sítě či podsítě, informační systémy pro cestující, vazba na další vyšší systémy v hierarchii řízení.

---

### 2.1.1 PŘEJEZDOVÁ ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ

---

Naprosto nezbytné je nutné zdůraznit, že ve sledovaných zemích je u vysokorychlostních tratí zásadně sledováno mimoúrovňové křížení s pozemními komunikacemi, neboť následky kolize drážního vozidla pohybujícího se rychlostmi přesahujícími 160 km/h se silničním vozidlem by byly fatální pro obě zúčastněné strany. Platí totiž obecně známý fakt, že kinetická energie pohybujícího se tělesa roste s druhou mocninou rychlosti, jakou se těleso pohybuje.



Tento přístup je zásadně nutné sledovat i vysokorychlostních tratí budovaných v České republice.

### 2.1.2 STANIČNÍ A TRAŤOVÁ ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Staniční a traťová zařízení zabezpečovací zařízení používaná ve sledovaných zemích lze charakterizovat z pohledu TNŽ 34 2620 jako zařízení 3. kategorie. Systémy tedy zajišťují závislosti návěstidel a ostatních technických prostředků, které informují strojvedoucího o dovolené jízdě na:

- vyloučení současně zakázaných jízdních cest a současně zakázaných jízd v mezistaničních úsecích,
- zabezpečených výhybkách a výkolejkách,
- volnosti jízdní cesty a volnosti traťových oddílů,
- průjezdu drážních vozidel kontrolním místem,
- stavu návazných částí zabezpečovacího zařízení a návazných zabezpečovacích zařízení.

Vnitřní architektura systémů staničního a traťového zabezpečovacího zařízení v jednotlivých zemích se různí. Předmětem této studie nemůže být podrobný popis těchto rozdílů, neboť mnohé informace nejsou veřejné, nebo jsou v mnoha případech i důvěrné. Také rozsah rozdílů je v mnoha zemích obrovský, neboť je třeba si uvědomit (s výjimkou Rakouska), že jejich vysokorychlostní sítě byly budovány desítky let a proto jsou jednotlivá řešení často poplatná době či dodavateli.

### 2.1.3 VLAKOVÁ ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Vysokorychlostní tratě se budují jako rychlá spojení mezi významnými aglomeracemi v rámci daného státu, ale zejména jako rychlá mezinárodní spojení. Je tedy nutné zajistit vzájemnou kompatibilitu řízení a zabezpečení jízdy vlaku mezi jednotlivými státy. Rozhodnutí komise 2012/88/EU ze dne 25. ledna 2012 jednoznačně definují, že nově budované či rekonstruované tratě zařazené to systému vybrané železniční sítě TEN-T, do které jsou vysokorychlostní tratě zahrnuty, musí být vybavovány systémy třídy A., tzn. systémem jednotného systému řízení a zabezpečení. Parametry kladené na systém třídy A splňuje pouze systém ERTMS/ETCS. Ve sledovaných zemích je tedy jednotně na nově budovaných vysokorychlostních tratích nasazován výhradně vlakový zabezpečovač ERTMS/ETCS, což je systém, který výhradně spadá do kategorie systémů ATP s požadavky na integritu bezpečnosti.

Nicméně na tratích budovaných před platností výše zmíněného rozhodnutí se uplatňovaly i národní systémy. To je zejména případ Francie, která byla průkopníkem výstavby vysokorychlostních tratí. Národním systémem pro vysokorychlostní tratě byl systém TVM, který bude popsán dále. V Německu se na mnoha vysokorychlostních tratích využívá i systém PZB/LZB. Nahrazování těchto národních systémů systémem ERTMS/ETCS v obou zemích probíhá velmi pozvolna, zatím hlavně formou výstavby nových tratí, na kterých je již zřizován výhradně systém ERTMS/ETCS.

## SYSTÉM TVM

Ve Francii se na vysokorychlostních tratích uplatnily v první řadě dvě generace poměrně pokročilých traťových zabezpečovacích systémů TVM 300 a TVM 430. Jedná se již o systémy se signalizací v kabině strojvedoucího (tzv. Cab signaling) a s důslednou kontrolou dodržování traťové rychlosti. Teprve tratě budované v poslední době jsou vybavovány systémem ERTMS/ETCS, byť s národním systémem se zatím ještě přechodně počítá jako se záložní variantou využívanou prostřednictvím modulu STM.

Systém TVM byl vyvinut francouzskou skupinou CSEE. Používá kolejové obvody v obou kolejnicích za účelem vysílání zabezpečovacích dat na vozidlové počítače spolu s pevnými balízkami s induktivní smyčkou jako vysílací anténou. Vlastnosti byly ve své době na vrcholu techniky, byť stále ještě používaly např. reléovou technologii.

TVM je systém s pevným blokem. Trať je rozdělena na pevné kolejové oddíly, přičemž za normálních podmínek se předpokládá obsazení pouze jedním vlakem v jednom oddílu. TVM je permissivního typu v tom smyslu, že je povolena jízda na zodpovědnost strojvedoucího limitovanou rychlostí (30 km/h) na dohledovou vzdálenost i poté, když byl vlak systémem zastaven.

První verze TVM 300 se liší od poslední verze TVM 430 zejména délkou oddílu a maximální povolenou traťovou rychlostí. Pevné úseky u TVM 430 mají délku 1 500 m. Oddíly jsou kratší než zábrzdňá vzdálenost vlaku, takže brzdící sekvence se rozprostírá přes několik oddílů, nominálně přes 4. Toto relativně časté dělení umožňuje jízdu vlaků v poměrně krátkých intervalech, což vede k dostatečně vysoké kapacitě tratě bez nutnosti klást zvýšené požadavky na brzdící výkony vlaků. Vlakové intervaly se podařily zkrátit z 5 min u TVM 300 na 3 min u TVM 430.

Následující tabulka ukazuje dosažené parametry na některých tratích ve Francii:

Tabulka 1: Dosažené parametry na některých tratích ve Francii

|                                     | TVM 300<br>TGV-PSE | TVM 300<br>TGV-A* | TVM 430<br>TGV-R | TVM 430<br>TGV-NG |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Max rychlost [km/h]                 | 270                | 300               | 300              | 360               |
| Nominální délka oddílu [m]          | 2100               | 2000              | 1500             | 1500              |
| Normální zábrzdňá vzdálenost [m]    | 8400<br>4 blocks   | 10000<br>5 blocks | 7500<br>5 blocks | 9000<br>6 blocks  |
| Minimální interval mezi vlaky [min] | 5                  | 4                 | 3                | 3                 |

Hranice oddílu jsou indikovány vizuálně informativní tabulkou, kterou nemusí strojvedoucí zaznamenávat. Každý oddíl má vlastnosti vztahující se k vlaku, jenž jej obsadil. Pevné vlastnosti jsou délka, profil – stoupající, klesající a rovný, a max. rychlost, která obvykle činí 300 km/h. Vlastnosti, které se mění dle situace na trati a dle obsazenosti trati či dalších překážek na trati, jsou cílová rychlost na konci úseku a cílová rychlost na konci následného úseku. Všechny tyto údaje jsou přenášeny TVM systémem na vozidlový počítač a na displej v kabině. Odpovědností strojvedoucího je dodržet tyto navěštěné rychlosti. Pokud je

nedodrží, vozidlový počítač vlak automaticky zastaví. Údaje z infrastruktury na vozidlo jsou přenášeny 27 bitovým slovem s 6 bity redundance s možností jednoduché opravy chybně přečteného slova.



Obrázek 1: Pohled na hranici oddílu a pracoviště strojvedoucího vybaveného systémem TVM

#### SYSTÉM PZB

Systém PZB (Punktförmige Zugbeeinflussung) vychází ze systému Indusi jako jeho novější vývojový stupeň. Jedná se o bodový vlakový zabezpečovač s kořeny ve 20. letech 20. století. Systém využívá k přenosu návěsti návěstidla bodových prvků – magnetů Indusi, které jsou umístěny vně koleje u pravé kolejnice ve směru jízdy v určité vzdálenosti před návěstidlem. Rezonanční frekvence bodového prvku je volena dle omezující návěsti následujícího návěstidla. Zpravidla se používají tři různé rezonanční frekvence. Informace o omezující návěsti je na vozidlo přenášena pomocí sledování poklesu napětí v rezonančním obvodu vysílače při jízdě vlaku nad bodovým prvkem.

Obrázek 2: Pohled na magnet Indusi a snímač systému PZB



V případě že strojvedoucí nerespektuje přenesené omezení jízdy, tzn. že nepřizpůsobí rychlost vlaku a neobslouží správným způsobem zařízení, dojde k nouzovému brždění. Systém může být používán do maximální traťové rychlosti 160 km/h.

### SYSTÉM LZB

Systém LZB (Linienförmige Zugbeeinflussung) je liniovým vlakovým zabezpečovacím zařízením vyvinutým pro vysokorychlostní tratě v Německu s kořeny v 60. letech 20. století. Systém zajišťuje přenos souhlasu k jízdě na údajů pro řízení vlaku na stanoviště strojvedoucího a současně sleduje parametry jízdy jako je maximální rychlost a brzdné křivky. V případě překročení těchto parametrů dochází k rychločinnému brždění. Systém se skládá z traťové a vozidlové části, přičemž k přenosu povelů mezi traťovou a vozidlovou částí slouží pár vodičů tvořících smyčku. Hlavní částí traťové části je LZB centrála (systém 2 ze 3), která na základě údajů o postavení vlakové cesty a volnosti úseků zpracovává vydává pokyny po jízdě vlaku. Hlavní částí vozidlové části je vozidlový počítač LZB, který na základě vstupních údajů o vozidle sleduje dodržování pokynů obdržených od centrály LZB.



Obrázek 3: Pohled na ovládací pracoviště strojvedoucího systému LZB

LZB předává strojvedoucímu následující informace:

- Maximální dovolená rychlost (okamžitá)
- Cílová rychlost (nejbližší změna maximální dovolené rychlosti)
- Vzdálenost cíle (okamžitá vzdálenost místa změny maximální dovolené rychlosti)

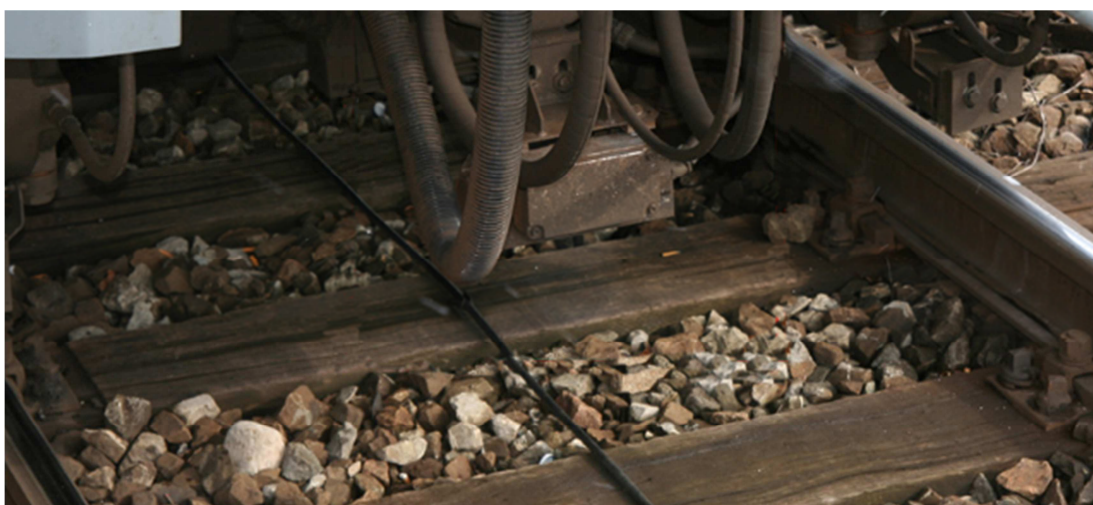
Hodnota maximální dovolené rychlosti se průběžně mění při přiblížení cíle podle brzdicí křivky odvozené z parametrů vlaku, až dosáhne v místě cíle cílové rychlosti. Návěsti "stůj" odpovídá cílová rychlost 0 km/h. Pokud je vzdálenost cíle větší než 13.000 m, zobrazuje se jako cílová rychlost aktuální maximální dovolená rychlost. Teprve při přiblížení na menší vzdálenost se zobrazí nová cílová rychlost a začne odečítání vzdálenosti do cíle



LZB bylo původně vyvinuto pro vysokorychlostní dopravu. Přináší však některé další výhody, které jej předurčují k nasazení i v dalších oblastech. Je to především:

- možnost uplatnění poměrně krátkých traťových oddílů
- možnost přizpůsobení výpočtu brzdící křivky libovolným vozidlům a sklonu trati

Obě tyto přednosti vedou ke zvýšení kapacity tratí, což vede k využití LZB i na tratích s hustou osobní dopravou (S-Bahn). Stavba prvních vysokorychlostních tratí s maximální rychlostí 280 km/h a spády až 12,5 ‰ si vyžádala další vývoj zařízení, který vyústil do typu "LZB 80" se zobrazovaným úsekem až 10 km dlouhým. V současné době se používá typická délka zobrazovaného úseku 7 km pro rychlost 200 km/h, délka zobrazovaného úseku 10 km pro rychlosti pro 230 – 280 km/h a délka zobrazovaného úseku 13 km pro rychlost 300 km/h.



Obrázek 4: Pohled na přijímací anténu vozidlové části systému LZB a kabelu přenosové smyčky

#### SYSTÉM ASFA

Systém ASFA (Ad de Senales y Frenado Automatico) je bodovým vlakovým zabezpečovačem, který byl poprvé aplikován v 80. letech 20. století. Systém využívá podobný princip přenosu návěsti následujícího návěstidla na ovládací panel do kabiny strojvedoucího jako systém PZB. V určité vzdálenosti před návěstidlem je tedy umístěn laděný rezonanční obvod, jehož rezonanční frekvence je volena v závislosti na návěsti. Přenos návěsti do kabiny strojvedoucího je zajištěn indukčním přenosem. Na rozdíl od systému PZB jsou balízy umísťovány mezi kolejnice asymetricky vůči ose koleje, čímž je zajištěna směrovost systému. Systém pak dokáže pracovat až s devíti různými frekvencemi v rozsahu 60-10 kHz. Systémem však pro indikaci následující návěsti využívá pouze pět z nich. V případě, že systémem signalizováno omezení rychlosti, je systémem kontrolováno, zda došlo k požadovanému snížení rychlosti v určitém čase. V případě, že k tomuto snížení nedojde je automaticky aktivovány nouzové brzdy.



Obrázek 5: Pohled na balízu systému ASFA

### SYSTÉM ERTMS/ETCS

Evropský vlakový zabezpečovací systém ERTMS/ETCS má umožnit bezproblémovou přechodnost vlaků mezi jednotlivými státy bez výměny hnacích vozidel na hranicích. S nasazováním systému se počítá zejména na vysokorychlostních tratích, tranzitních koridorech a dalších vybraných tratích. V České republice definuje stávající železniční síť, která se plánuje vybavit systémem ERTMS/ETCS, Národní implementační plán ERTMS vydaný Ministerstvem dopravy v listopadu roku 2014. Povinná aplikace ERTMS se dle tohoto dokumentu bude rovněž týkat cca 500 km vysokorychlostních tratí, jejichž budování se v ČR připravuje.

Tabulka 2: Připravované tratě Rychlých spojení

| Označení | Trať                   |
|----------|------------------------|
| RS 1     | Praha - Brno           |
| RS 1     | Přerov - Ostrava       |
| RS 4     | Praha – Ústí nad Labem |
| RS 5     | Praha – (Wrocław)      |
|          | Brno - Přerov          |

Zabezpečovač ERTMS/ETCS je tvořen jednotlivými funkčními bloky, které svými kombinacemi a různou úrovní spolupráce se stávajícím zabezpečovacím zařízením umožňují dosažení různých úrovní funkce tohoto systému.

#### ▪ ERTMS/ETCS LO

Při aplikaci této úrovně systému se vozidlo vybavené vozidlovou částí ERTMS/ETCS pohybuje po železniční infrastruktuře, která není vybavena traťovou částí ERTMS/ETCS ani traťovou částí národního vlakového zabezpečovače (nebo je vybavena takovým národním zabezpečovačem, se kterým není kompatibilní výbava

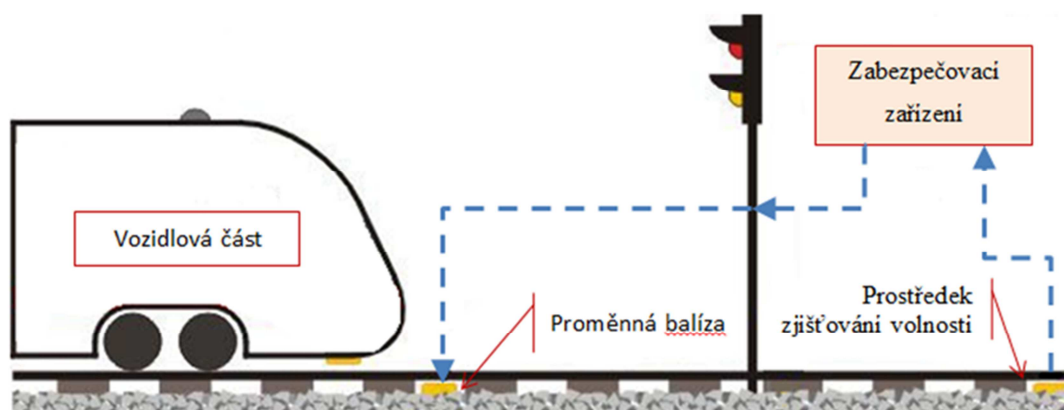
vozidla). Palubní část zajišťuje nepřekročení rychlosti stanovené pro tuto úroveň (v ČR je stanovena rychlost na 100 km/h). Strojvedoucí musí plně respektovat všechna návěstidla na trati.

- **ERTMS/ETCS STM**

V této variantě je vozidlo vybaveno vozidlovou částí ERTMS/ETCS a pohybuje se na železniční infrastruktuře, která je vybavena traťovou částí národního vlakového zabezpečovače. Na vozidle je pak zřízen národní přenosový modul STM (Specific Transmission Module), který umožňuje převést informace z národního zabezpečovače na informace využitelné systémem ERTMS/ETCS. Do jisté míry se tedy jedná o zařízení, které bude využitelné zejména v době přechodu mezi národním zabezpečovačem a systémem ERTMS/ETCS. Palubní část v této aplikační úrovni v podstatě plní funkci národního vlakového zabezpečovače.

- **ERTMS/ETCS L1**

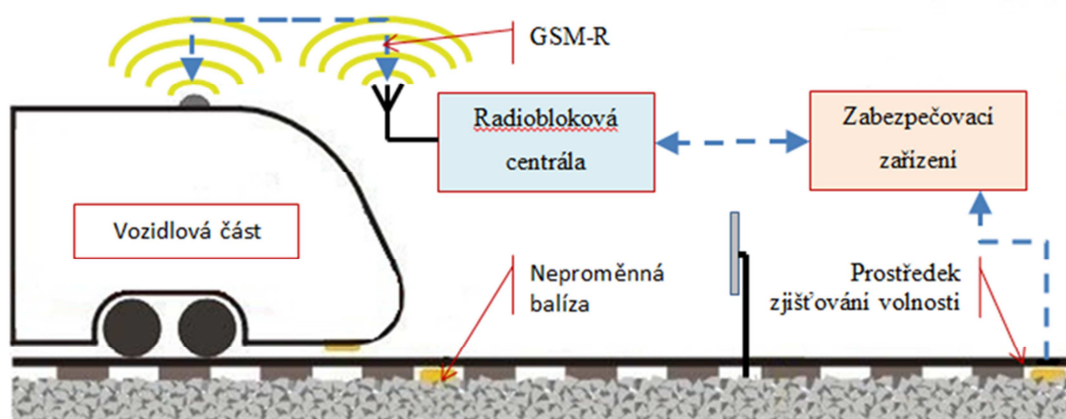
Vozidlová část v této aplikační úrovni spolupracuje s přepínatelnými balízami. Balíza (tzv. Eurobalise) umístěná na trati zprostředkovává díky bezdrátové čtečce na vozidle BTM (Balise Transmission Module) vozidlové části povolení k jízdě. To je odvozeno od návěstního znaku následujícího návěstidla v nejjednodušší aplikaci, přesněji řečeno od informací ze staničních nebo traťových zabezpečovacích zařízení, a současně informaci, která umožňuje sledovat nejvyšší dovolenou rychlost vlaku v následujícím traťovém úseku podle statického rychlostního profilu odvozeného od popisu tratě. Po funkční stránce lze systém považovat za bodový vlakový zabezpečovací systém, neboť k přenosu informace na vozidlo dochází v místě proměnné balízy. Pokud by došlo ke změně návěstního znaku po minutí balízy není možnost o této změně vozidlovou část ERTMS/ETCS nově informovat. Odstranění této nevýhody spočívá v zavedení tzv. in-fill (výplňové) informace. Pro vysílání in-fill informace je možno vybudovat systém doplňující přepínatelnou balízu, který zajistí případnou aktualizaci povolení k jízdě na vozidle v prostoru mezi balízou a návěstidlem. Řešením je například zřízení technologie poskytujících in-fill informace jako jsou například smyčky Euroloop nebo radiového systému GSM-R, které zajistí nepřerušovaný přenos informací na vozidlo v prostoru mezi proměnnou balízou a návěstidlem.



Obrázek 6: Funkční schéma ERTMS/ETCS L1

### ▪ ERTMS/ETCS L2

Vozidlová část v této aplikační úrovni spolupracuje primárně s nepřepínatelnými balízami (přepínatelné balízy se používají pro speciální funkce). Balízy slouží jako referenční bod, k němuž jsou vztaženy specifické informace vázané k poloze balízy. Povolení k jízdě získává vlak prostřednictvím radiové sítě GSM-R z radioblokové centrály (RBC). Vozidlo získává informace o svojí průběžné poloze ze systému odometrie (např. snímače otáček na nápravách, Dopplerův radar, apod.) umístěných na vozidle. V této aplikační úrovni nejsou na trati nutná světelná návěstidla. Jsou však vyžadovány prostředky detekce volnosti trati, neboli informace o volnosti pevně daného úseku. Ty zajišťují i nadále konvenční prostředky a to primárně z důvodu kontroly celistvosti vlaků v úseku řízeném příslušnou RBC. V případě, že na trati nejsou zřízena oddílová návěstidla, musí být hranice jednotlivých prostorových oddílů označeny neproměnnými návěstidly zejména pro případ mimořádností a označení dalších míst na trati.

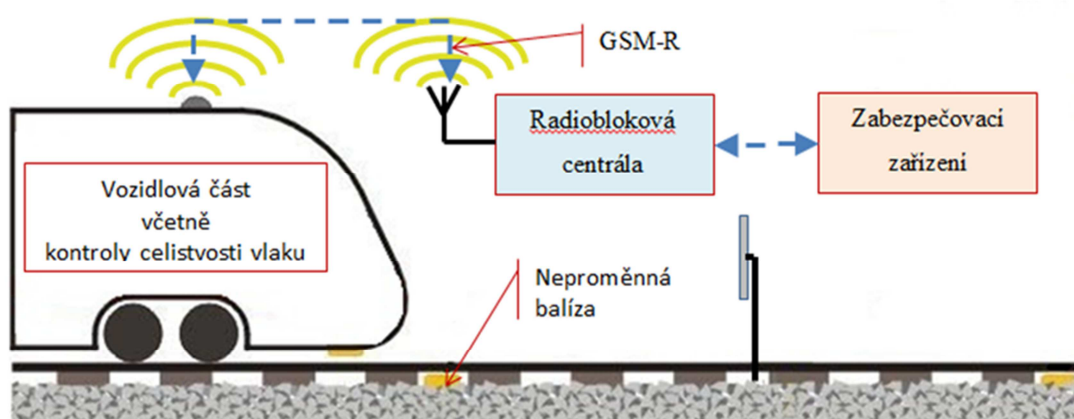


Obrázek 7: Funkční schéma ERTMS/ETCS L2

### ▪ ERTMS/ETCS L3

Tato úroveň vychází z úrovně L2 zejména s tím rozdílem, že v této aplikační úrovni je poloha vlaku a jeho celistvost zjišťována výhradně vozidlovou částí. Volnost úseků tedy není zjišťována prostředky zjišťování volnosti na straně infrastruktury. Aplikace tak umožňuje nahrazení pevných prostorových oddílů tzv. „pohyblivými“. To umožňuje zvýšit propustnost trati. Zavedení této aplikační úrovně v současnosti mimo jiné vázne i na kontrole celistvosti vlaku u vlaků, které nejsou tvořeny ucelenou jednotkou. V případě rozdělení tratě na pevné oddíly musí být i v této úrovni na trati zřízena neproměnná návěstidla.





Obrázek 8: Funkční schéma ERTMS/ETCS L3

## 2.2 DIAGNOSTICKÉ SYSTÉMY ZABEZPEČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ

Bezporuchový provoz zabezpečovacích systémů (včetně venkovních prvků) vyžaduje trvalou diagnostiku jejich stavu. Sledování stavu zařízení se zřizuje za účelem včasné detekce jejich poruchy nebo pro predikci možného poruchového stavu ještě před tím, než nastane. Včasnou detekci poruchy zajistí bezpečné a mnohdy redundantní části systémů z principu samy o sobě. Mnohem obtížnější je však zajistit predikci možného vzniku poruchy. V každém případě průběžná diagnostika, nezávislá na vlastní funkci zabezpečovacího zařízení, výrazně podporuje a urychluje celý proces detekce a obnovy systémů a vede obvykle i k účinnější údržbě. Prediktivní či technickým stavem podmíněná údržba, na rozdíl od periodické údržby, podstatným způsobem zefektivňuje celý proces. Takový údržbový proces zcela závisí na kvalitě a míře pokrytí stavů a poruch průběžnou diagnostikou.

Toto samozřejmě platí stejnou měrou pro systémy zabezpečení konvenčních tratí i pro systémy zabezpečení vysokorychlostních tratí. Vysokou provozní pohotovost bez toho nelze dosáhnout, zejména ne pro prvky bez redundance. Nicméně z hlediska možných škod i rizik je důležitost včasné detekce poruchových stavů u vysokorychlostních tratí podstatně důležitější.

Sběr digitálních dat z řídicích částí systému zabezpečovacího zařízení je velmi podstatný a v současnosti již bývá běžnou součástí dodávky těchto systémů. Neméně důležitá je však diagnostika venkovních prvků, napájecích obvodů a izolačních stavů, která již nebývá standardní součástí dodávek zabezpečovacích zařízení.

Základní součástí diagnostických systémů uvedených prvků jsou měřicí ústředny. Těmi lze sledovat stavy následujících prvků a systémových stavů:

- proměnná návěstidla a indikátory (v případě vysokorychlostních tratí bývají nasazována jen v omezené míře) a jejich budicí a kontrolní obvody,
- kolejové obvody,
- počítače náprav (obvykle častěji v následující kategorii „inteligentních“ systémů),
- přestavníky výměn,

- obvody napájení,
- izolační stavy všech obvodů,
- provozní teploty všech systémů.

Nasnímané analogové a sebrané digitální údaje sledovaných veličin jsou převedeny do jednotného číslcového formátu, ukládány, zobrazovány a podle provozovatelem stanovených pravidel také archivovány.

Souběžně jsou sbírány na datových rozhraních a následně ukládány, zobrazovány a archivovány také údaje a diagnostické zprávy počítačově řízených zabezpečovacích systémů:

- staniční zabezpečovací systémy (centralizované i distribuované),
- traťové zabezpečovací systémy (centralizované i distribuované),
- další „inteligentní“ zabezpečovací systémy, např.:
  - centrály kolejových obvodů,
  - centrály počítačů náprav,
  - kontroléry napájecích systémů.

Přejezdové zabezpečovací systémy úmyslně vynecháváme, protože na vysokorychlostních tratích se nebudují.

Další detekční a diagnostické informace proudí podobným způsobem od doplňkových prvků pro detekci poruch na vozidlech uvedených v kapitole 3.3.1.

Ve všech zemích, resp. u všech správců infrastruktury byly uvedené diagnostické systémy zabezpečovacích zařízení instalovány a provozovány. Určit míru podrobností sbíraných stavů a způsoby jejich zpracování se však vymyká rozsahu a zaměření této studie. Mj. proto, že všechny systémy jsou do vysoké míry závislé na jejich výrobcích a dodavatelích. Trend v nasazování a zlepšování diagnostických systémů směrem k zajištění technickým stavem podmíněné a predikované údržby je nicméně zřejmý. Systémy již dokáží zpracovávat informace multikriteriálními statistickými metodami, které vyhodnocují trendy a blížící se limitní a kritické stavy. Jsou již nasazována softwarová řešení pro metody typu „big data“, které umí hodnotit stavy sítě z různých pohledů a souvislostí. Přesto bylo možno pozorovat významné rozdíly např. ve způsobu centralizace těchto systémů. Ve Španělsku a Francii preferují soustředění diagnostických pracovních stanic a jejich obsluhy v prostorách dispečerského řízení celé oblasti. Zatímco v Itálii bývají diagnostické a údržbové centrály situované odděleně od dispečerského řízení oblasti.

## 2.3 NADŘAZENÉ A DOHLEDOVÉ SYSTÉMY ŘÍZENÍ PROVOZU

---

Do kategorie systémů automatického vlakového dohledu (ATS) lze zařadit nadřazené a dohledové systémy řízení provozu zajišťující pro zaměstnance podílející se na řízení provozu zejména vyšší efektivitu řízení při řešení běžných provozních situací, ale zejména vyšší kvalitu informací potřebných pro řešení mimořádných situací. Tyto systémy bývají nasazovány zejména v rámci tzv. Centralized Train Control (CTC) systémů. Ty jsou obvykle

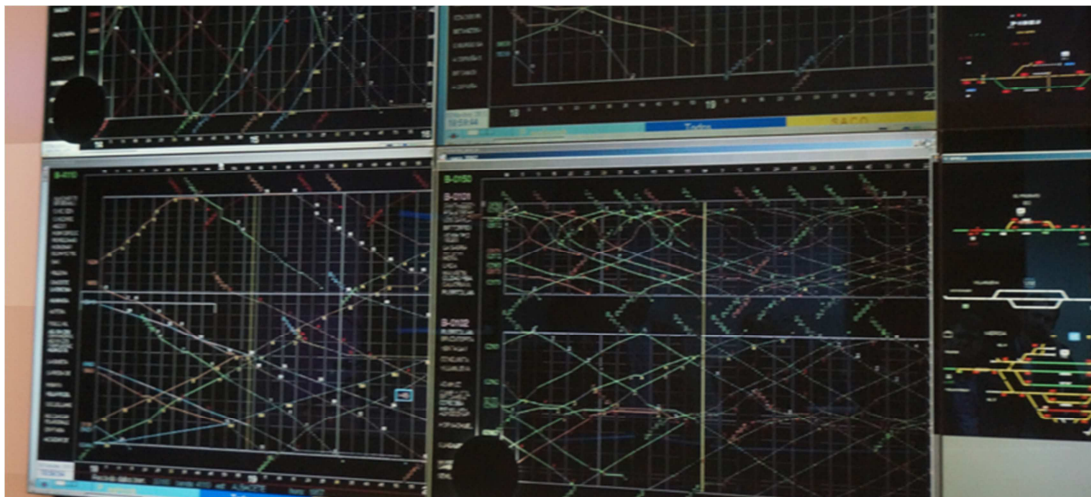
soustředěny do jednoho centra pro významnou část sítě. Vymezení části sítě řízené jedním CTC je obvykle zvoleno tak, aby minimalizovalo interakci s dalšími centry v celé síti, popř. oddělují konvenční a vysokorychlostní síť.

Dále uvedené systémy slouží v první řadě jako mezičlánek mezi zabezpečovacími systémy na trati a ve stanicích, a mezi systémy centralizovaného dispečerského řízení či dohledu provozu jak vlastního správce železniční sítě, tak jednotlivých dopravců provozujících dopravu v této síti. Mezi tyto systémy patří z pohledu zabezpečovacího zařízení zejména níže uvedené systémy, ale zejména také systémy sdělovacího zařízení a informační systémy pro cestující, které jsou popisovány dále.

Nicméně systémy centralizovaného dispečerského řízení již obvykle zůstávají jednotné a společné pro všechny typy tratí a netřeba je diskutovat jen z pohledu vysokorychlostních tratí.

### 2.3.1 PROVOZNÍ DOHLED

Aplikace, které lze charakterizovat jako provozní dohled, jsou už v současnosti u nás i v zahraničí vnímány jako nedílná součást zabezpečovacího zařízení ačkoliv se jedná o telematickou aplikaci. Aplikace poskytují řídícímu zaměstnanci aktuální informace o dopravní situaci a automaticky vedou dopravní dokumentaci. Formou grafikonu vlakové dopravy zobrazují a dokumentují dopravu v určeném traťovém úseku, čímž poskytují zaměstnancům podílejícím se na řízení drážní dopravy více času pro jejich nutná rozhodnutí. Ačkoliv grafická prezentace systému vůči uživateli je ve sledovaných zemích rozdílná, principiálně jsou všechny systémy shodné. Dá se říci, že těmito aplikacemi se stírají principiální rozdíly mezi řídicími a zabezpečovacími systémy různých dodavatelů a stávají se nedílnou součástí celé hierarchie řídicích systémů provozu.



Obrázek 9: Pohled na obrazovky pro podporu dispečerského rozhodování a řízení ve Španělsku

---

### 2.3.2 DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

---

V zahraničí i u nás je dálkové ovládání zabezpečovacího zařízení vnímáno jako neodmyslitelná součást systému zabezpečovacího zařízení. Je evidentní, že u vysokorychlostních tratí je v zahraničí standardem, bez kterého se žádné nové systémy nebudují. Systém umožňuje ovládání vybraného úseku trati, tzn. více staničních a traťových zabezpečovacích zařízení z jednoho místa, tzv. dispečerského pracoviště. Zobrazení reliéfu stanic je na monitorech, které má řídící pracovník umístěny přímo na svém pracovišti, případně i na velkoplošném zobrazení. Ovládání zabezpečovacího zařízení však ve všech sledovaných zemích probíhalo zásadně a jen z vlastních monitorů dispečera a panely velkoplošného zobrazení sloužily výhradně pro lepší získání celkového přehledu o řízení oblasti.



Obrázek 10: Pracoviště řízení provozu Madrid Atocha

Mezi hlavní výhody dálkového ovládání zabezpečovacího zařízení patří úspora pracovníků podílejících se na řízení a organizování dopravy a soustředění informací potřebných pro rozhodování z celé řízené oblasti do místa řízení. Řízení dopravy je pak efektivnější než v případě izolovaného využití informace. Dispečer tak dokáže s větším předstihem odhalit možné kolizní situace a přizpůsobit tomu řízení provozu.

Velikost řízených oblastí je volena s ohledem na intenzitu dopravy v dané oblasti, tak aby vytížení řídících pracovníků bylo rovnoměrné. Je běžné, že v případě vyšší intenzity dopravy je jedna řízená oblast rozdělena mezi dvě dispečerská pracoviště.

---

### 2.3.3 AUTOMATICKÉ STAVĚNÍ VLAKOVÝCH CEST

---

Tato funkce je dalším nástrojem, který snižuje zátěž na řídící pracovníky. Zatímco funkce automatického stavění vlakových či jízdních cest je v zahraničí běžné využívána nejen u vysokorychlostních tratí, u nás je její nasazení na úrovni prvních zkušebních implementací. Do budoucna však bude nepochybně požadována jako nedílná část systému stejně jako výše uvedené systémy, neboť přináší značné snížení zátěže pro řídícího dispečera.

Automatické stavění jízdních cest slouží k zajištění plynulé a bezpečné železniční dopravy a ke zvýšení produktivity práce v oblasti řízení provozu formou automatizace rutinních činností při stavění jízdních cest. Systém předpokládá pro svoji činnost zavedení dálkového ovládání zabezpečovacího zařízení, elektronický jízdní řád a další řídicí funkce tak, aby měl systém pro svá rozhodnutí k dispozici aktuální informace o stavu železniční infrastruktury a pozici/pohybu jednotlivých vlaků v řízené oblasti. Na základě vyhodnocení informací pak software povoluje jednotlivá staniční zabezpečovací zařízení. Dostatek vstupních informací pak systému umožňuje s dostatečným předstihem vyhodnotit potencionální vznik kolizní situace, přijmout příslušná opatření a tím zajistit plynulejší provoz a lepší využití kapacity dopravní cesty. Za normálních provozních podmínek řídící zaměstnanec pouze dohlíží na dodržování stanovených podmínek a může tak věnovat více pozornosti řešení odchylek od těchto podmínek. Zásah řídicího zaměstnance je vyžadován pouze v případech blížící se potencionálně konfliktní situace.

---

#### 2.3.4 OPTIMALIZACE ENERGETICKÉ SPOTŘEBY A NÁVAZNOSTI SPOJŮ

---

Pro účely optimalizace energetické spotřeby a návaznosti spojů se v menší míře začínají používat 2 typy systémů pro podporu automatizace vedení vlaků:

- Driver Assistance Systém (DAS) – asistenční systémy strojvedoucích,
- Automatic Train Operation (ATO) – automatické vedení vlaku.

První z obou systémů je technicky jednodušší systém, který umožňuje dispečerovi nebo centralizovanému systému řízení provozu zasílat podle potřeby či periodicky strojvedoucímu na vedoucí vozidlo požadavek na momentální rychlost jízdy podle stavu sítě tak, aby docházelo jednak k šetření elektrickou energií pro pohon, ale i ke zlepšení návaznosti spojů v celé síti. K optimálnímu řízení to má ovšem daleko, protože nelze požadovat po strojvedoucím, aby řekněme každých 5 sekund reagoval na nové požadavky centrály. Na druhou stranu, výhodou tohoto řešení je fakt, že pokud centrální systém dokáže reagovat na potřeby a požadavky dalších subsystémů (např. ENE), je řešitelné do optimalizace zahrnout i tyto požadavky. Je tedy možné třeba lépe regulovat spotřebu energie vlakem v daném úseku tratě za účelem omezení přetížení trakčního napájení apod.

Systém automatického vedení vlaku dokáže díky sofistikovaným algoritmům, které jsou součástí řídicího systému vozidla, téměř ideálně optimalizovat tah a brzdění vlaku v daném místě trati podle traťového profilu, jízdního profilu, a zejména jízdního řádu. K tomu nemusí dostávat žádnou dynamickou informaci z centra, stačí mít v systému na vozidle nahaný traťový profil projížděné trati. Reakce systému jsou pak v řádu desítek či stovek milisekund. Takový izolovaný systém ovšem nemůže adaptovat své chování v závislosti na aktuálním stavu v železniční síti. K tomu je nutné zajistit datový přenos údajů z řídicí centrály na vlak. Takový přenos je nutný také pro zajištění interoperability, aby vlaky vjíždějící do dané oblasti mohly získávat zejména traťový profil dálkově, tj. bezdrátovým datovým přenosem (jiný přenos v rámci systému ERTMS/ETCS nemá cenu uvažovat). Je-li již datový přenos zajištěn, je možné přenášet i další informace ze systémů provozního řízení za účelem síťové optimalizace.



Na vysokorychlostních tratích v Evropě dosud není nasazen žádný systém typu automatického vedení vlaku, ale ani nasazení systémů plnohodnotných asistenčních systémů strojvedoucího nebylo dosud realizováno. Ve Španělsku a Francii uvádějí, že mají jisté možnosti dálkového „usměrňování“ rychlostí vlaku na trati či jízdních dob, ale dle všeho se jedná pouze o elementární hlasové pokyny strojvedoucímu hlasovým rádiem nebo přenosy jednoduchých informací charakteru zpráv pageru.

---

### 2.3.5 ŘÍZENÍ FYZICKÉ A INFORMATICKÉ BEZPEČNOSTI

---

Používání uzavřených kabelových televizních okruhů s archivací videa a protipožárních systémů je již naprostým základním standardem.

V posledních letech začínají klást správci infrastruktury důraz na fyzickou a informatickou bezpečnost. Jde jednak o kontrolu traťové infrastruktury:

- proti náhodným překážkám (např. pád vozidel z mostů, stromů a kamení z okolí tratě),
- proti rozkrádání a vandalismu,
- proti „mechanickým“ sabotážím,
- proti neoprávněnému vstupu osob nejen do budov, ale i do venkovních prostor.

K tomu přibývá kontrola proti neautorizovaným vniknutím do řídicích a komunikačních struktur:

- kontrolou autorizace osob k řídicím systémům:
  - řízení přístupových a práv a rolí,
- zvýšenou ochranou proti kybernetickým útokům a jejich včasnou detekcí.

## 2.4 POROVNÁNÍ ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ VE SLEDOVANÝCH ZEMÍCH

---

Dá se tedy říci, že úroveň zabezpečení vysokorychlostních tratí ve sledovaných zemích je srovnatelná. Systémy ERTMS/ETCS L1 i L2 dosahují srovnatelné úrovně bezpečnosti jako národní systémy TVM či LZB. Liší se spíše jen v ceně systémů v životním cyklu a ve skutečnosti, že národní systémy nejsou interoperabilní. Francouzský správce již delší dobu připouští, že se systémem ERTMS/ETCS může dosáhnout ještě dalšího zkrácení intervalu mezi vlaky. Německý správce toto zatím nepřiznal a nadále tvrdí, že LZB je stejně efektivní jako ERTMS/ETCS L2. S příchodem ERTMS/ETCS L3 však zcela jistě budou tyto národní systémy překonány. Nemluvě o naplnění požadavku na interoperabilitu.

Ačkoliv úroveň systému ERTMS/ETCS, která je v současné době na tratích nasazena, se v různých zemích liší s ohledem na dobu zprovoznění, všechny správy železniční infrastruktury potvrzují, že za perspektivní systém i pro vzdálenější budoucnost považují systém ERTMS/ETCS L2. Ačkoliv některé správy již plánují nasazování systému ERTMS/ETCS L3 s pohyblivým blokem s cílem maximalizace kapacity kritických tratí.

Hlavní rozdíly v pojetí budování zabezpečovacích a řídicích systému různými evropskými správami lze v současné době spatřovat zejména v architektuře a funkčnosti systémů řízení provozu, např. z hlediska (de)centralizace dalších servisních a údržbových činností, a v architektuře a záložních systémů pro případ poruchy/výpadku systému ERTMS/ETCS nebo poruchy/výpadku systémů provozního řízení.

Následující tabulka názorně shrnuje vybrané technické parametry zabezpečovacího zařízení ve sledovaných zemích.

Tabulka 3: Vybrané parametry zabezpečovacího zařízení

| Sledovaný parametr                                  | /AT/ | /DE/         | /FR/          | /ES/         | /IT/                  |
|---|------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|
| Systém ERTMS/ETCS L1 na stávajících tratích VRT     | ANO  | NE           | ANO<br>(*)    | ANO<br>(**)  | ANO<br>(**)           |
| Národní systém na VRT                               | NE   | ANO<br>(LZB) | ANO<br>(TVM)  | ANO<br>(LZB) | ANO<br>(BACC<br>(***) |
| Další rozšiřování ERTMS/ETCS L1 na tratích VRT      | NE   | NE           | NE            | NE           | NE                    |
| Nově nasazován výhradně ERTMS/ETCS L2               | ANO  | ANO          | ANO           | ANO          | ANO                   |
| Záložní systém při výpadku ERTMS/ETCS               | NE   | NE           | ANO<br>(****) | NE           | NE                    |
| Systém automatického vedení vlaku                   | NE   | NE           | NE            | NE           | NE                    |
| Počítače náprav jako prostředky zjišťování volnosti | ANO  | ANO          | NE            | ANO          | NE                    |
| Kolejové obvody jako prostředky zjišťování volnosti | ?    | ANO          | ANO           | ANO          | ANO                   |

\*) Pouze jedna krátká trať, jinak převažuje systém TVM300/430

\*\*) Připravuje se postupné nahrazování systémem ERTMS/ETCS L2

\*\*\*) Pouze na tratích do 250 km/h (spolu s SCMT)

\*\*\*\*) Záložní systém ASFA je budován souběžně s hlavním

#### 2.4.1 KOMENTÁŘ K ROZDÍLNÝM ZÁKLADNÍM PARAMETRŮM

Výše uvedené základní parametry byly získány při dílčích návštěvách sledovaných zemí a následnými konzultacemi. Úroveň získaných informací, resp. otevřenost poskytovatele k jejich zveřejnění se země od země lišila a proto se některé informace nepodařilo získat v potřebné podrobnosti. Z tohoto důvodu nejsou ve výše uvedené tabulce vyplněny veškeré údaje a parametry. Ty, které se nepodařilo získat, jsou označeny otazníkem.

*RAKOUSKO /AT/*

---

Rakousko vysokorychlostní tratě v pravém slova smyslu nemá. Většina tratí je provozována s maximální rychlostí 200 km/h, přičemž nově modernizované tratě umožňují zvýšit rychlost až na 250 km/h. Do doby odevzdání této části studie nebyly získány relevantní podklady přímo od správce infrastruktury. Údaje pro srovnávací tabulku byly získány z veřejně dostupných zdrojů.

V Rakousku, jako v jediné ze sledovaných zemí, je pro detekci uvolnění traťového úseku výhradně uvažováno s počítači náprav. Jedním z důvodů je skutečnost, že kolejové obvody běžně používané v ostatních sledovaných zemích, nedokáží identifikovat částečný lom kolejnice, který je však především u vysokorychlostních tratí vysoce rizikový stejně jako lom úplný. Má se za to, že detekovat úplný lom kolejnice až při jeho vzniku je již příliš pozdě. Proto se souhrnně ve všech zemích klade vysoký důraz na pravidelnou defektoskopii kolejnicového pasu. Na základě vyhodnocování negativních změn je pak predikována možnost vzniku lomu kolejnice a plánována preventivní údržba.

Vzhledem k tomu, že systém ERTMS/ETCS je budován jako systém s vysokou měrou pohotovosti (lepší než 99,9%) neuvažují v Rakousku s budováním záložního systému, neboť je to při takové míře pohotovosti neekonomické. V případě výpadku systému ERTMS/ETCS je uvažováno s omezeními provozu, případně jsou vlaky vedeny objízdými trasami. Pro zajištění bezproblémové přechodnosti vlaků mezi vysokorychlostními tratěmi (v Rakousku jsou spíše nazývány jako vysokokapacitní) a konvenčními tratěmi se plánuje postupné rozšíření systému ERTMS/ETCS na celou železniční infrastrukturu. Ostatně jsou k tomu nuceni přímo závaznými předpisy EU všechny členské země.

**VLAKEVÝ ZABEZPEČOVAČ**

- ERTMS/ETCS L1 a L2

**NÁVĚSTIDLA:**

- neproměnná návěstidla
- proměnná plnohodnotná návěstidla

Proměnná návěstidla jsou zřizována pouze v dopravních pro potřeby systému LZB.

**PROSTŘEDKY DETEKCE VLAKU V ÚSEKU**

- počítače náprav

V Rakousku jsou tratě nad 200 km/h zásadně osazovány pouze počítači náprav.

*NĚMECKO /DE/*

---

V zemi je přibližně 2600 km vysokorychlostních tratí. Dle podkladů získaných od správce infrastruktury je přibližně 120 km těchto tratí vybaveno vlakovým zabezpečovačem ERTMS/ETCS L2. Zbytek tratí je vybaven národním vlakovým zabezpečovačem LZB. Na síti tedy není zřízen vlakový zabezpečovač ERTMS /ETCS L1. Na nově zřizovaných tratích je



uvažováno výhradně se zabezpečením pomocí systému ERTMS/ETCS L2 baseline 3, ke kterému není uvažováno budovat záložní systém (v ojedinělých případech národní systém PZB). Na vysokorychlostních tratích není v současnosti zřízen žádný systém automatického vedení vlaku. Pro indikaci volnosti jsou na stávajících tratích použity jak kolejové obvody, tak počítače náprav. Na nově projektovaných tratích se však uvažuje s používáním pouze počítačů náprav.

#### NÁVĚSTIDLA

- neproměnná návěstidla
- proměnná plnohodnotná návěstidla

Pro tratě výhradně se systémem ERTMS/ETCS nemáme dostatek informací o způsobu a rozsahu osazování proměnnými návěstidly. Proměnná jsou v dopravních a některých mezistaničních úsecích osazována pro potřeby systému LZB.

#### PROSTŘEDKY DETEKCE VLAKU V ÚSEKU

- kolejové obvody izolovanými styky
- neohraničené tónované kolejové obvody bez izolovaných styků
- počítače náprav

V Německu jsou tratě s rychlostmi 200 km/h a více osazovány prostředky detekce vlaku velmi variabilně a nelze v něm vysledovat nějaké pravidlo.

#### FRANCIE /FR/

---

V zemi je přibližně 2000 km vysokorychlostních tratí, které jsou většinou provozovány maximální traťovou rychlostí 300 km/h. Do doby odevzdání této části studie nebyly získány relevantní podklady přímo od správce infrastruktury. Údaje pro srovnávací tabulku byly získány z veřejně dostupných zdrojů. V oblasti řízení a zabezpečení lze síť přibližně charakterizovat následovně:

#### VLAPOVÝ ZABEZPEČOVAČ

- systém TVM
- systém ERTMS/ETCS L1
- systém ERTMS/ETCS L2

Na vysokorychlostních tratích byl v minulosti většinou nasazován národní vlakový zabezpečovač typu TVM 430 (v ojedinělých případech starší systém TVM 300). Systém ERTMS/ETCS L1 je nasazen na některých nákladních koridorech. Systém ERTMS/ETCS L2 je poprvé nasazen na vysokorychlostní trati Paříž – Strasbourg společně s národním vlakovým zabezpečovačem TVM 430. Dodavatelem systému je firma Ansaldo STS. Správce infrastruktury udává se systémem TVM 300 kapacitu trati až 13 vlaků za hodinu, se systémem TVM430 až 15 vlaků za hodinu, a systémem ERTMS/ETCS L2 až 16 vlaků za hodinu.

#### PROSTŘEDKY DETEKCE VLAKU V ÚSEKU

- neohraničené tónované kolejové obvody bez izolovaných styků

Kolejové obvody mají délku až 2000 m a využívají rozsah frekvencí 1,2 – 2,6 kHz. V místech překrytí kolejových obvodů se pro odlišení používá rozladění frekvencí (1600 Hz/2300 Hz). Na některých tratích se pro oddělení kolejových obvodů používá umělý elektrický izolátor. S nasazením počítačů náprav na vysokorychlostních tratích neuvažují.

#### NÁVĚSTIDLA

- standardně neproměnná návěstidla
- proměnná návěstidla

Neproměnná návěstidla jsou používána pro označení začátku úseků TVM a ERTMS. Proměnná návěstidla se používají pouze jako pomocná návěstidla na začátcích mezistaničních úseků pro vozidla zejména údržby, která nejsou vybavena vlakovým zabezpečovačem.

#### TRAŤOVÉ DETEKTORY

- detektory horkoběžnosti
- detektory bočního větru
- detektory výskytu osob

Detektory bočního větru jsou zřizovány přibližně po 40 km/h. Výstup z detektorů je nově přenášen i přímo na vozidlo. Jako podklad pro návrh opatření proti účinkům bočního větru slouží tzv. větrné mapy.

#### DISPEČERSKÉ ŘÍDÍCÍ PRACOVISTĚ

- jedno krizové dispečerské centrum pro celou síť
- oddělené pracoviště pro vysokorychlostní tratě
- systém ručního i automatického stavění jízdních cest

Síť vysokorychlostních tratí je řízena z dispečerského centra v Paříži. Celá vysokorychlostní síť má jedno tzv. krizové centrum pro řízení v případě mimořádností, které je společné i pro konvenční tratě.

#### OSTATNÍ

Francouzský správce infrastruktury má pro Subsystem řízení a zabezpečení vlastní národní pravidla, kterou však jsou v souladu s evropskou legislativou TSI CCS. Za účelem kontroly lomu kolejnice probíhá kontrola v intervalu přibližně jednou za čtrnáct dní.

*ŠPANĚLSKO /ES/*

V zemi je přibližně 2500 km vysokorychlostních tratí, které jsou většinou provozovány maximální traťovou rychlostí 300 km/h. V oblasti řízení a zabezpečení lze síť charakterizovat následovně:

## VLAKOVÝ ZABEZPEČOVAČ

- systém LZB nasazen na cca 600 km
- systém ERTMS/ETCS L1 nasazen na cca 1700 km
- systém ERTMS/ETCS L2 nasazen na cca 600 km

Různorodost vybavení vysokorychlostních tratí vlakovým zabezpečovačem je dána dobou výstavby jednotlivých tratí. Na nově zřizovaných tratích je uvažováno výhradně se zabezpečením pomocí systému ERTMS/ETCS L2 ve verzi 2.3.0d, ke kterému je jako záložní systém budován španělský národní systém ASFA jako komplementární systém. Národní systém je pak nasazován i na zaústěních do konvenční sítě. Správce infrastruktury udává kapacitu trati se systémem ERTMS/ETCS L2 až na 15 vlaků za hodinu. Pro ostatní systémy kapacitu neuvádí.

## PROSTŘEDKY DETEKCE VLAHU V ÚSEKU

- neohraničené tónované kolejové obvody bez izolovaných styků
- počítače náprav

Přesné parametry kolejových obvodů nám nejsou známy, ale dá se předpokládat, že jsou podobných parametrů jako ve Francii. Pro indikaci volnosti na stávajících i nově projektovaných tratích jsou používány jak kolejové obvody, tak počítače náprav (např. v tunelech, které mají problémy s vlhkostí, jsou používány oba systémy kontroly volnosti).

## NÁVĚSTIDLA

- neproměnná návěstidla
- proměnná plnohodnotná návěstidla

Proměnná návěstidla se používají pouze jako pomocná návěstidla na začátcích velkých úseků pro vozidla zejména údržby, která nejsou vybavena vlakovým zabezpečovačem.

## TRAŤOVÉ DETEKTORY

- detektory horkoběžnosti
- detektory bočního větru
- detektory pádu předmětů
- detektory výskytu osob

Detektory horkoběžnosti jsou instalovány přibližně po 80 km. Měření horkoběžnosti probíhá i přímo na vozidlech. Detektory větru se umísťují na základě meteorologických podkladů. Meteorology jsou pak vydávána varování před nebezpečným větrem formou

denních alarmů. Na mostech a tunelech jsou instalovány detektory pádu předmětů do kolejíště formou sítě optických vláken, jejichž přerušení je signalizováno do příslušného řídicího centra.

#### DISPEČERSKÉ ŘÍDÍCÍ PRACOVISTĚ

- čtyři dispečerská centra (označovaná jako CRC)
- systém ručního i automatického stavění jízdních cest

Celá železniční síť je rozdělena na tři oblasti (jih, severovýchod, východ). Síť vysokorychlostních tratí je řízena z dispečerských center v Madridu a Antegueře (jih), Zaragoze (severovýchod) a Albacete (východ). Pracoviště v Madridu je záložním pracovištěm pro ostatní pracoviště a opačně. Pracoviště v Zaragoze, Albacete a Antegueře si však vzájemně záložními nejsou. To znamená, že pracoviště v Zaragoze není záložním pracovištěm pro pracoviště v Albacete. Ovládání zařízení je dále možné z místních pracovišť, která kopírují místa soustředění údržby. Celá vysokorychlostní síť má jedno tzv. krizové centrum pro řízení v případě mimořádností, které je společné i pro konvenční tratě. Všechny informace jednotlivých subsystémů potřebných pro řízení a údržbu jsou soustředěny v systému Da Vinci (výrobce INDRA). Je tak zajištěno jednotné přístupové a zobrazovací rozhraní, ačkoli se v síti vyskytují výrobky a software různých dodavatelů.

#### OSTATNÍ:

Na síti jsou nasazeny standardní systémy EZS, EPS a kamerového dohledu. Pro kamerový dohled je vyhrazeno samostatné pracoviště. Za účelem kontroly lomu kolejnice probíhá kontrola v intervalu přibližně jednou za měsíc.

#### ITÁLIE /IT/

---

V zemi je více než 1000 km vysokorychlostních tratí, které jsou provozovány maximální rychlostí 300 km/h. Do doby odevzdání této části studie nebyly získány relevantní podklady přímo od správce infrastruktury. Údaje pro srovnávací tabulku byly získány z veřejně dostupných zdrojů. V oblasti řízení a zabezpečení lze síť charakterizovat následovně:

#### VLAKOVÝ ZABEZPEČOVAČ

- do 250 km/h: systém BACC a SCMT
- nad 250 km/h: výhradně ERTMS/ETCS L2

Systémy BACC a SCMT jsou primárně určeny pro konvenční železniční infrastrukturu a proto zde nebude podrobněji popisován. Systém BACC zajišťuje přenos kódu reprezentující návěst následujícího návěstidla z kolejových obvodů na návěstní opakovač umístěný na pracovišti strojvedoucího. Systém SCMT pak pro přenos návěstního znaku využívá přepínatelných balíz systému ERTMS/ETCS L1.

Na tratích kde je nasazen systém ERTMS/ETCS L2 nejsou zřizovány žádné záložní systémy, neboť se plně spoléhá na vysokou míru pohotovosti systému. Mezi hlavní dodavatele systému patří Alstom a Ansaldo STS.

#### PROSTŘEDKY DETEKCE VLAKU V ÚSEKU

- neohraničené tónované kolejové obvody bez izolovaných styků

Kolejové obvody mají délku až 2000 m a využívají rozsah frekvencí 1,2 – 4,0 kHz a 9,0 – 21,0 kHz (pro úseky do 400 m). Pro oddělení kolejových obvodů je používán umělý elektrický izolátor. S nasazením počítačů náprav na vysokorychlostních tratích uvažují. Detekci lomu kolejnice provádějí periodickou údržbovou kontrolou.

#### NÁVĚSTIDLA

- neproměnná návěstidla
- plnohodnotná návěstidla

Neproměnná návěstidla jsou zřizována na tratích nad 250 km/h. Pro nižší rychlosti jsou patrně všude používána plnohodnotná proměnná návěstidla.

#### TRAŽOVÉ DETEKTORY

- detektory horkoběžnosti
- detektory průjezdného profilu a bočního větru

Detektory horkoběžnosti jsou dle typu trati instalovány přibližně po 40-80 km. Dle zpracovaných větrných map je ohrožení jízdy vlaku větrem malé, proto se s masivnějším nasazením detektorů bočního větru prozatím neuvažuje.

#### DISPEČERSKÉ ŘÍDÍCÍ PRACOVISŤE

- dvě dispečerská centra
- oddělená pracoviště pro vysokorychlostní tratě
- oddělená pracoviště diagnostiky a údržby
- systém ručního i automatického stavění jízdních cest

Síť vysokorychlostních tratí je řízena z dispečerských center umístěných v Římě a Boloni. Na pracovištích se omezuje nasazování velkoplošného zobrazení a upřednostňuje se zobrazení na monitorech dispečera.

#### OSTATNÍ

Na síti nasazeny standardní systémy EZS a EPS. Zvyšuje se ochrana sítě vůči kybernetickým útokům. Staniční zabezpečovací zařízení bylo dříve budováno jako distribuovaný systém pro úsek o délce cca 12 km. V současnosti přechází na centralizované systémy 2. generace budované pro úsek o délce až 100 km.

### 3 SDĚLOVACÍ ZAŘÍZENÍ

---

#### 3.1 OBECNĚ

---

Sdělovací zařízení pro vysokorychlostní tratě (VRT) se ve sledovaných zemích vybavením technologiemi výrazně neliší oproti konvenčním tratím v České republice (ČR). U VRT je z pohledu sdělovacího zařízení kladen důraz zejména na georedundantní dvouvrstvé systémy, u kterých není důležité, jakou rychlostí se vlaková souprava pohybuje, ale systémy jsou dimenzovány na vyšší kapacitu než je potřeba a to zejména z důvodu jejich vysoké spolehlivosti a dostupnosti v každém časovém okamžiku. Technologie sdělovacího zařízení vedou k centralizaci a sjednocování systémů do vyšších nadřazených celků jako je např. Traffic Management Systems – TMS.

Mezi sdělovací zařízení, která se na VRT nasazují, patří především optická kabelizace, přenosové sítě, rádiové systémy, systémy pro ochranu a kontrolu objektů, osob (kamerové systémy, přístupové a požární systémy). Mezi další systémy, které se nasazují, patří systémy pro diagnostiku a správu železniční infrastruktury s vazbou do vyšších nadřazených celků a s dohledem v dispečerském centru (CTC).

Ve sledovaných zemích se sdělovací zařízení liší především vývojem nasazované technologie a zejména postupem výstavby VRT v letech.

#### 3.2 TECHNICKÉ PARAMETRY VE SLEDOVANÝCH ZEMÍCH

---

##### 3.2.1 OPTICKÁ KABELIZACE

---

Ve všech sledovaných zemích jsou podél vysokorychlostních tratí položeny optické kabely různého profilu s kapacitou od 72 do 144 vláken, které jsou uloženy ve standardních HDPE trubkách. Zaokružování optických tras je řešeno geograficky oddělenou trasou a v případě nutnosti i za pomoci cizích železničních správ (např. AT). Zaokružování optických tras je řešeno i vedením optických kabelů po obou stranách kolejí s křížením po stanovené vzdálenosti (např. DE).

*Obrázek 11: Kabelová trasa z betonových žlabů (ES)*



Optické kabely jsou ve všech sledovaných zemích uloženy v železničním svršku podél kolejí do povrchových zakrytovaných betonových žlabů (Obr.) po jedné či po obou stranách. Tento způsob uložení je sledován a realizován ve všech zemích. Způsob uložení do betonových žlabů na povrchu je velmi praktický z hlediska případného dalšího doplňování kabelizace, ale i v případě poruchy na optickém kabelu. U AT je povrchový kabelový žlab pro rychlosti vyšší než 250 km/hod. navíc opatřen kovovým víkem s držákem, aby při průjezdu vlakové soupravy nedocházelo k nadzvedávání.

S ohledem na velkou společenskou poptávku dochází ve sledovaných zemích k nasazování optických sítí a zařízení pro mobilní operátory a služby třetí generace pro poskytování nabídky mobilních služeb a dat s vysokým výkonem.

Tabulka 4: Kapacita optických kabelů na VRT

|              | Německo | Itálie | Španělsko       | Rakousko |
|--------------|---------|--------|-----------------|----------|
| Počet vláken | 144     | 72     | 72 <sup>1</sup> | 72       |

Ve vybraných zemích je část volné kapacity optických kabelů pronajímána cizím subjektům (ES) případně je držena volná kapacita ze zákona pro jiné subjekty (AT).

### 3.2.2 PŘENOSOVÝ SYSTÉM, DATOVÁ SÍŤ (ARCHITEKTURA, KAPACITA, REDUNDANCE)

Přenosový systém a datová síť je ve sledovaných zemích různé technologie, architektury i kapacity a liší se zejména dobou výstavby konkrétní VRT a také možností začlenění do stávajících systémů. Technologie použité pro přenos dat a informací jsou Synchronous Digital Hierarchy (SDH) s přenosovou rychlostí až STM-64 (2,510 Gbit/s), ATM a nejmodernější Multiprotocol Label Switching (MPLS) s podobnými přenosovými rychlostmi.

K navyšování kapacity vláken pak slouží u všech výše zmíněných přenosových systémů technologie DWDM (Dense wavelength division multiplexing) umožňující znásobit kapacitu jediného vlákna až 160x, tj. až na úroveň přes 1 Tbit/s, v závislosti na hustotě optických frekvencí.

Jak již bylo popsáno výše, jedná se redundantní dvouvrstvé systémy, u kterých je kladen důraz na dostatečnou přenosovou kapacitu a vysokou spolehlivost v daném časovém okamžiku.

Z hlediska oddělených přenosových systémů sdělovacího a zabezpečovacího zařízení není ve sledovaných zemích jednotnost. Vybrané železniční správy využívají jeden přenosový systém pro sdělovací i zabezpečovací systémy (AT) a naopak jsou i železniční správy, které mají přenosové systémy pro sdělovací a zabezpečovací od sebe oddělené.

<sup>1</sup> Část kapacity optických vláken je pronajímána komerčním subjektům



U těchto vysoce výkonných datových přenosových systémů je nutné projektovat a implementovat patřičné dohledové a diagnostické systémy přenosových tras a vlastních systémů včetně jejich napájení, aby případné výpadky byly detekovány a lokalizovány co nejrychleji. Není možné čekat na hlášení poruch ze zabezpečovacích systémů a pak hledat příčiny výpadků v datové síti. Tyto dohledové systémy datových sítí jsou sice poměrně drahé, ale naprosto nezbytné.

### 3.2.3 KAMEROVÉ SYSTÉMY A OCHRANA PROTI POŽÁRU A VNIKNUTÍ NEPOVOLANÝCH OSOB

Kamery jsou nasazovány u vybraných objektů s určitou důležitostí (např. tunely, mostní objekty, technologické objekty) a vlakových nádraží (nástupiště, kolejiště). Dále jsou sledovány nástupní plochy integrovaného záchranného systému (IZS). Dohledová pracoviště jsou řešena buď pracovníky železniční správy se samostatným sálem (ES) nebo také facility managementem (AT).



Obrázek 12: Dohledové pracoviště kamerového systému Madrid Atocha

Ochrana objektů zejména technologických je ve všech sledovaných zemích řešena pomocí elektronické zabezpečovací signalizace (EZS) a proti požáru jsou využívány systémy požární signalizace (EPS) a stabilní hasící systémy (SHZ). Systémem SHZ jsou chráněny i technologické místnosti v tunelových objektech. Přenos signálů je opět směřován do dohledového centra.

Opatření pro zabránění přístupu nebo nežádoucímu vniknutí osob, zvířat či vozidel do železniční infrastruktury jsou předmětem vnitrostátních předpisů a směrnice železničních správců. Ochrana traťových úseků proti vniknutí nepovolaných osob není řešena žádným elektronickým zařízením. Je zde pouze provedena mechanická ochrana pomocí plotu případně jako ochrana slouží protihluková stěna.





Obrázek 13: SHZ v tunelu Madrid Atocha – Madrid Chamartin

### 3.2.4 INFORMAČNÍ SYSTÉMY (VIZUÁLNÍ A ROZHLASOVÉ ZAŘÍZENÍ)

Informační služby mají hlavní význam a důležitost zejména ve službách poskytovaných cestujícím v dopravě, protože doprava nemůže účinně sloužit cestujícím bez kvalitního informačního zabezpečení.

Tuto kapitolu je možné rozdělit na několik částí. První částí jsou informační systémy používané v železniční stanici, které slouží pro informování cestujících o vlakových spojkách, mimořádnostech v dopravě a případně dalších událostech. Pro tyto účely jsou ve všech sledovaných zemích využívány podobné technologie a systémy jako v ČR u konvenčních tratí. Jedná se zejména o vizuální informační systém (VIS) a rozhlasové zařízení. Množství informací zobrazovaných na informačních tabulích se v jednotlivých zemích liší a základní informace o vlakových spojkách jsou zobrazovány všude, stejně tak i u rozhlasového zařízení.

Druhou částí jsou systémy a zejména aplikace, které umožňují cestujícím zjišťovat informace o vlakových spojkách, mimořádnostech pomocí aplikací v mobilních telefonech a na internetu.

Ve všech sledovaných zemích je ve vlakových soupravách využíváno pro informování cestujících palubní rozhlasové zařízení, které v předstihu informuje o následujících stanicích, případně o možnostech přestupů a návaznosti spojení. Dále je vlaková souprava osazena informačním systémem v podobě zobrazovacích panelů nebo LCD monitorů, na kterých cestující může sledovat informace o aktuální rychlosti vlaku, následující stanici, zpoždění případně další informace z palubního informačního systému.

### 3.2.5 DIGITÁLNÍ RÁDIOVÝ SYSTÉM GSM-R

Digitální rádiový systém GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway) zajišťuje mobilní hlasovou a datovou komunikaci pro potřeby železničního provozu – základní hlasovou komunikaci mezi účastníky sítě, hlasovou komunikaci s jedoucimi hnacími vozidly, zasílání krátkých textových zpráv, datové služby a dále aplikace pro vytváření speciálních uživatelských skupin – posun, konference, dispečerské okruhy, apod.

Realizací digitálního rádiového systému GSM-R dochází k plnému pokrytí železniční trati rádiovým signálem GSM-R v kvalitě, odpovídající mezinárodnímu standardu EIRENE, potřebné pro nasazení jednotlivých železničních aplikací a systémů.

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 rádiového systému určeného pro železniční provoz.



Obrázek 14: Základnová BTS GSM-R včetně stožáru na LGV Est.

Základními odlišujícími znaky od veřejných systémů jsou:

- Celkové koncepční zaměření na maximální dostupnost a spolehlivost hlasového i datového přenosu v prostoru představující linii železniční trati;
- V přístupu k přenosovým službám založených na přesně dané hierarchii uživatelů sítě (prioritě) vyplývající z požadavků železničního provozu rozlišovat u různých uživatelů míru naléhavosti dosažení rádiového spojení tak, aby stupeň priority volání odpovídal závažnosti jím řízené technologie z hlediska bezpečnosti.

Pro zachování spolehlivosti celého systému ERTMS/ETCS jsou pro rádiový systém GSM-R a jeho pokrytí stanoveny minimální hodnoty úrovně pokrytí rádiovým signálem, které jsou definovány v technické dokumentaci UIC EIRENE:

- pokrytí s pravděpodobností 95 % vycházející z úrovně pokrytí 41,5 dBf.V/m (-95 dBm) pro tratě s ETCS úrovně 2/3 s rychlostí nižší nebo rovné 220 km/h.

Následující níže uvedené hodnoty jsou doporučené:

- pokrytí s pravděpodobností 95 % vycházející z úrovně pokrytí 44,5 dBuV/m (-92 dBm) pro tratě s ETCS úrovně 2/3 s rychlostí nad 280 km/h;
- pokrytí s pravděpodobností 95 % vycházející z úrovně pokrytí 41,5 dBuV/m a 44,5 dBuV/m (-95 dBm and -92 dBm) pro tratě s ETCS úrovně 2/3 s rychlostí nad 220 km/h a menší nebo rovno 280 km/h.

Cílem je dosažení úrovně -95 dBm na všech uvedených tratích pro fungování systému ETCS L2. Tato specifikace dále stanovuje požadavky na pravděpodobnost splnění úrovně pokrytí na 95 % v každém 100 m úseku trati.



Obrázek 15: Pokrytí tunelu rádiovým signálem v Německu (VRT Frankfurt – Köln)

Ve všech sledovaných zemích je na VRT nasazen digitální rádiový systém GSM-R jako součást systému Evropského vlakového zabezpečovače ERTSM/ETCS. Systém ERTSM/ETCS se liší pouze úrovní L1 nebo L2.

#### POKRYTÍ DIGITÁLNÍM RÁDIOVÝM SYSTÉMEM GSM-R VE SLEDOVANÝCH ZEMÍCH

Tabulka 5: Pokrytí GSM-R v zahraničí a v ČR

|                       | Německo  | Itálie    | Španělsko | Česko    |
|-----------------------|----------|-----------|-----------|----------|
| Celkem tratí [km]     | 36 000   | 16 700    | 11 800    | 9 500    |
| Vybavenost tratí [km] | 32 000   | 10 600    | 2 600     | 1 130    |
| Počet BTS             | 3 525    | 1 176     | 497       | 141      |
|                       | 20 opak. | 410 opak. | 385 opak. | 17 opak. |
| Cab radio             | 16 900   | 5 850     | 650       | 1 100    |
| Handheld              | 41 500   | 62 630    | 1 250     | 800      |

Tabulka shrnuje celkové pokrytí rádiovým systémem GSM-R ve sledovaných zemích. V tabulce jsou zahrnuty všechny železniční tratě (VRT, konvenční).

### 3.3 DIAGNOSTIKA TECHNOLOGICKÝCH SYSTÉMŮ

#### 3.3.1 DIAGNOSTICKÉ SYSTÉMY ŽELEZNIČNÍ INFRASTRUKTURY

Za účelem zvýšení spolehlivosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti využívají všechny oslovené správy další traťové prvky a subsystémy spadající mezi systémy ATS, které omezují rizika a detekují potenciální negativní vlivy zejména projíždějících vozidel na trať a zabezpečovací zařízení. Jedná se zejména o:

- **Diagnostiku závad jedoucích vozidel** – tím se rozumí závady na jedoucích vozidlech, které ve svém důsledku mají vliv na dopravní cestu. Mezi tyto závady patří horkoběžná ložiska, zabrzděné vozy, plochá kola, překročení nápravového tlaku a předměty na vlaku přesahující stanovený profil. Diagnostiku závad jedoucích vozidel tvoří diagnostický bod slučující indikátor horkoběžnosti (IHL), indikátor horkých obručí kol a částí brzd (IHO) a indikátor plochých kol (IPK). Indikátory jsou instalovány přibližně po 80 km.
- **Detektory bočního větru** – detektory bočního větru jsou umísťovány po cca 40 km a to na základě meteorologických podkladů.
- **Detektory pádu předmětů do kolejí** – Jedná se o soustavu lan, která při styku s padajícím objektem pád zaznamenají. Lana obcházejí vymezený prostor v okolí mostu. Informace je pak odeslána do řídicího centra, obdobně jako výstupy z bezpečnostních kamer.
- **Detektory výskytu osob na trati**
- **Systémy kontroly průjezdného profilu**

Obrázek 16: Detektory větru (Francie, LGV Est)





Tyto subsystémy jsou nasazovány v různé míře a jsou propojeny buď s traťovými zabezpečovacími systémy (RBC), nebo obvykleji s centralizovanými dohledovými systémy (CTC). Každopádně je nutné tyto systémy velmi důsledně plánovat při výstavbě nových tratí, neboť se potvrzuje, že míra eliminace nebezpečí těmito systémy je významná ve srovnání s jejich cenou během celého životního cyklu.

### 3.3.2 NADSTAVBOVÉ SYSTÉMY ŽELEZNIČNÍ INFRASTRUKTURY

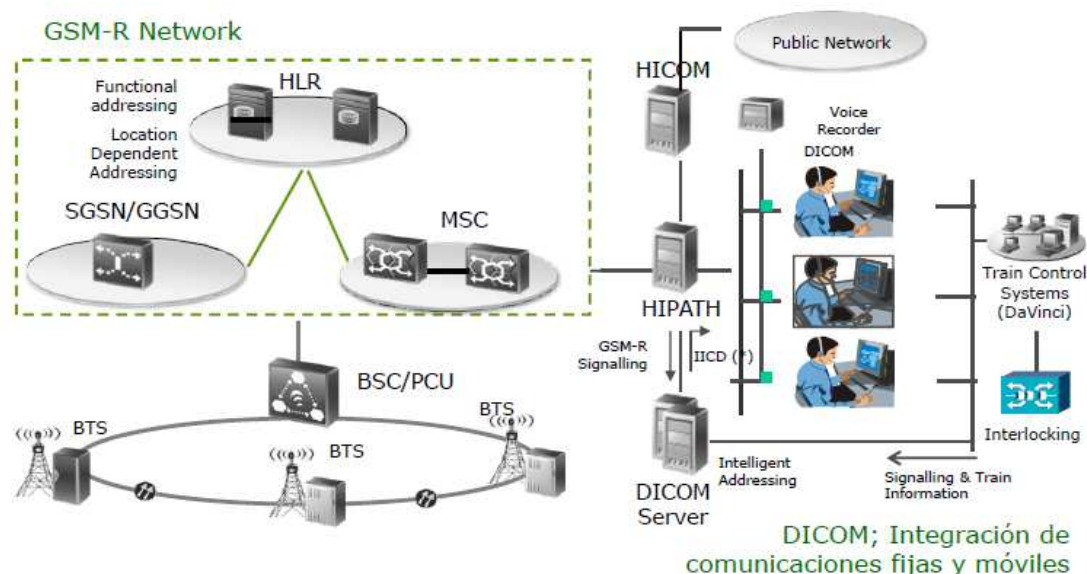
Nadstavbové systémy sdělovacího zařízení zajišťují zejména vyšší komfort pro provozní zaměstnance podílející se na řízení provozu při řešení běžných provozních situací, ale zejména v případě vzniku mimořádných událostí. V jednotlivých zemích nejsou tyto nadstavbové systémy a jejich obsluha jednotná a každá ze sledovaných zemí využívá jiný systém pro sledování železniční infrastruktury.

Ve sledovaných zemích se jedná o různé nadstavbové systémy, sloužící pracovníkům ke kontrole infrastruktury (optické kabely, GSM-R, napájení a další). Pomocí těchto nadstavbových systémů dochází k předávání informací z provozu a dispečer má tak přehled o jednotlivých systémech.

Například ve Španělsku se využívá systém DaVinci, který v sobě integruje kamerové systémy, GSM-R, SCADA energo (napájení), informační systémy a další a umožňuje dispečerovi získat celkový přehled.

Z funkčního hlediska se tento systém integruje mezi ostatní subsystémy dálkového ovládání (signalizace, zámková, energie, ERTMS, detektory, komunikace), plánování provozu, monitorování provozu v reálném čase, automatické směřování stanice, pomoci regulace dopravy, statistiky, energetiky; na výměnu informací a sdílení a lze ovládat z Centra pro regulaci a řízení (CRC).

Obrázek 17: Dohledový systém infrastruktury DaVinci (Španělsko)



### 3.4 POROVNÁNÍ PARAMETRŮ VE SLEDOVANÝCH ZEMÍCH

---

Ve sledovaných zemích nelze úplně striktně porovnávat parametry sdělovacího zařízení, neboť ve všech železničních správách je používána odlišná koncepce s ohledem na místní podmínky. Z vybraných poznatků stojí za úvahu způsob uložení optických kabelů do betonových žlabů na povrchu.

## 4 ZDROJE

---

- [1] McNAUGHTON, Andrew, *Signaling Headways and Maximum Operational Capacity on High Speed Two London to West Midlands Route*, 2011
- [2] HRUBAN I., NACHTIGALL P., ŠTĚPÁN O., *Přínosy zavedení ETCS z pohledu brzdných křivek*, 2015
- [3] FIALA L., *Provozní dopady aplikace ochranných vzdáleností podle TNŽ 342620 – diplomová práce*, Univerzita Pardubice, 2010
- [4] Rozhodnutí komise 2012/88/EU, Úřední věstník Evropské unie, 2012
- [5] Performance Requirements for Interoperability - SubSet-041, UNISIG, 2012
- [6] Layout of driver's cabs in locomotives, railcars, multiple unit trains and driving trailers, Paris: International Union of Railways, 2002
- [7] Braking Curves Simulation Tool, European Union – Agency for Railways, 2016. Dostupné na: [http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/ERA\\_Braking\\_curves\\_tool\\_v4.1.zip](http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/ERA_Braking_curves_tool_v4.1.zip)
- [8] Rotterdam – Antwerpen 300 km/h (cab ride), Kees Nobel Producties, 2013. Dostupné na: [https://www.youtube.com/watch?v=9Vm8\\_l5oye4](https://www.youtube.com/watch?v=9Vm8_l5oye4)
- [9] En Cabina: De Atocha a Zaragoza a alta velocidad, Revista Via Libre, 2013. Dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=raSOQICphLw>
- [10] Obrázky: wikipedia.org