

UNIVERZITA PARDUBICE

Dopravní fakulta Jana Pernera

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2025

Filip Marx

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Analýza možného rozvoje funkcí elektronického
stavědla v souvislosti s implementací ETCS

Filip Marx

Bakalářská práce

2025

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Filip Marx**
Osobní číslo: **D22724**
Studijní program: **B1041A040002 Technologie a management v dopravě**
Specializace: **Technologie a řízení dopravy**
Téma práce: **Analýza možného rozvoje funkcí elektronického stavědla v souvislosti s implementací ETCS**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Zásady pro vypracování

V bakalářské práci bude řešen současný a budoucí stav nově zaváděných funkcí elektronických stavědel v souvislosti s implementací ETCS.

Bakalářská práce bude obsahovat:

- analýzu současného stavu a současně zaváděných nových funkcí,
- rozbor datových skladů stavědel,
- analýzu možného budoucího rozvoje,
- zhodnocení návrhu.

Rozsah pracovní zprávy: **35-45**
Rozsah grafických prací: **3-4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:
dle pokynů vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Petr Nachtigall, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání bakalářské práce: **24. února 2025**
Termín odevzdání bakalářské práce: **12. května 2025**

L.S.

doc. Ing. Ladislav Řoutil, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2025

Prohlašuji:

Práci s názvem Analýza možného rozvoje funkcí elektronického stavědla v souvislosti s implementací ETCS jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 12.5. 2025

Filip Marx v.r.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Petru Nachtigalovi, Ph.D. za vstřícnost a podmětné rady při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Lubomíru Macháčkovi a Ing. Michale Macháčkové z firmy AŽD Praha s.r.o. za poskytnutí věcných odborných konzultací. Poděkování patří i mé rodině a přátelům, kteří mě při studiu vždy podporovali.

ANOTACE

Dispečer provozovatele dráhy dnes velmi často pracuje s elektronickým stavědlem, ať už na místní, vzdálené nebo dálkové úrovni řízení. Postupné zavádění ETCS v České republice přinese také nové možnosti rozvoje funkcí elektronického stavědla, které mohou dispečerovi pomoci při jeho rozhodování a tím zvýšit efektivitu řízení a organizování drážní dopravy. Práce obsahuje analýzu datových skladů stavědla, ze kterých jsou v návrhové části vytvořeny modelové případy úpravy stavědla. Hlavním kritériem je efekt pro práci dispečera.

KLÍČOVÁ SLOVA

dispečer provozovatele dráhy, elektronické stavědlo, ETCS, nové funkce

TITLE

Analysis of the potential development of electronic interlocking functions in connection with the implementation of ETCS

ANNOTATION

The railway infrastructure manager's dispatcher today very often works with an electronic interlocking system, whether at a local, remote, or centralized control level. The gradual implementation of ETCS in Czech Republic will also bring new possibilities for the development of electronic interlocking functions, which can assist the dispatcher in decision-making and thereby increase the efficiency of railway traffic management and organization. The thesis contains an analysis of the interlocking system's data warehouses, from which model scenarios for interlocking modifications is created in the design section. The main criterion is the benefit for the dispatcher's work.

KEYWORDS

railway infrastructure manager's dispatcher, electronic interlocking, ETCS, new functions

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ	8
SEZNAM TABULEK	9
SEZNAM ZKRATEK	10
ÚVOD	12
1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	13
1.1. Elektronické stavědlo ESA	13
1.2. Elektronické stavědlo K-2002	16
1.3. Elektronické stavědlo SIMIS W	19
1.4. European train control system (ETCS).....	22
2 ANALÝZA SOUČASNĚ ZAVÁDĚNÝCH NOVÝCH FUNKCÍ	29
2.1. Současně zaváděné nové funkce	29
2.1.1. Zrušení neprojeté VC před uplynutím dlouhého času rušení	29
2.1.2. Zrušení výluky protisměrné cesty a výluk cest v ochranné dráze VCP.....	32
2.1.3. Nouzová vlaková cesta	33
2.1.4. Přenos návěstí pro elektrický provoz a informace o napěťové výluce	35
2.2. Rozbor archivů z elektronických stavědel	36
3 ANALÝZA MOŽNÉHO BUDOUCÍHO ROZVOJE	40
3.1. Zobrazení skutečné užitečné délky staniční koleje s ETCS	40
3.2. Zjednodušení zadávání výluky ETCS.....	42
3.3. Optimalizace přibližovací doby přejezdu	44
ZÁVĚR	46
SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	47

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 Blokové schéma SZZ AŽD ESA 44	14
Obrázek 2 JOP SZZ AŽD ESA	15
Obrázek 3 Blokové schéma SZZ Starmon K-2002	17
Obrázek 4 JOP SZZ Starmon K-2002	18
Obrázek 5 Blokové schéma SZZ Siemens SIMIS W	20
Obrázek 6 JOP SZZ Siemens SIMIS W	21
Obrázek 7 Evropské národní vlakové zabezpečovače	23
Obrázek 8 Blokové schéma fungování ETCS	24
Obrázek 9 Schematické zobrazení instalace ETCS L2 bez benefitů na infrastrukturu	25
Obrázek 10 Technologická stránka ETCS u zařízení AŽD ESA 55	28
Obrázek 11 Příklad obsazeného rozhodného úseku úplného závěru jízdní cesty.....	30
Obrázek 12 Vývojový diagram funkce Zrušení neprojeté jízdní cesty před uplynutím dlouhého času rušení.....	31
Obrázek 13 Vlaková cesta s ochrannou dráhou (VCP)	33
Obrázek 14 Rozsvícená přivolávací návěst	34
Obrázek 15 Monitor mobilní části ETCS (DMI).....	35
Obrázek 16 Zavedená napěťová výluka	36
Obrázek 17 Graf zobrazující poměr rušených cest a vlakových cest celkem.....	38
Obrázek 18 Graf zobrazující počet rušených cest s obsazeným úsekem úplného závěru z celkového počtu rušených cest.....	38
Obrázek 19 Graf zobrazující počet RC s obsazeným úsekem úplného závěru JC	39
Obrázek 20 Zobrazení údajů o koleji na zařízení typu ESA od výrobce AŽD Praha s.r.o.	41
Obrázek 21 Uvolňovací rychlosti a skutečné užité délky kolejí ve stanici Kostěnice	42
Obrázek 22 Zadaná předběžná výluka ETCS na zařízení AŽD ESA 55.....	43
Obrázek 23 Zadaná definitivní výluka ETCS na zařízení AŽD ESA 55.....	44
Obrázek 24 Blížící se vlak k přejezdovému zabezpečovacímu zařízení	45

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Výsledky rozboru archivů z elektronických stavědel37

Tabulka 2 Procentuální vyjádření rozboru archivů.....37

SEZNAM ZKRATEK

AB	automaticky stavěná vlaková cesta
ACC	Area Control Component
CDP	Centrální dispečerské pracoviště
DN	dodatečná návěst
DOZ	dálkové ovládání zařízení
EIP	electronic interface panel
EIRENE	European Integrated Railway Radio Enhanced Network
ERTMS	European rail traffic management system
ETCS	European Train Control System
FS	Full Supervision (plný dohled)
GTN	graficko-technologická nadstavba
IIC	Interlocking and Interface Component
JC	jízdní cesta
JOP	jednotné obslužné pracoviště
MA	Movement Authority
MMI	Man – Machine Interface (rozhraní člověk – stroj)
NVC	nouzová vlaková cesta
NVL	napěťová výluka
OMC	Overhead Management Component
OS	On Sight (jízda podle rozhledu)
PN	přivolávací návěst (nouzová cesta)
RBC	radiobloková centrála
RC	rušení cesty
SR	Staff Responsible (jízda na odpovědnost strojvedoucího)

SZZ	staniční zabezpečovací zařízení
SŽ	Správa železnic s. o.
TPC	technologický počítač
UZ	uzavření přejezdu
VC	vlaková cesta
VCP	vlaková cesta s ochranou dráhou
VCRP	vlaková cesta dle rozhledových poměrů
VZ	vlakový zabezpečovač
ZPC	zadávací počítač

ÚVOD

V současné době dochází po celé Evropské unii k velkému rozmachu jednotného evropského vlakového zabezpečovače ETCS. Kdy správci infrastruktur v jednotlivých zemích začali tento systém ve velkém implementovat na své železniční sítě, a Česká republika není v tomto ohledu výjimkou. Tento nový zabezpečovač si klade za cíl výrazné zlepšení interoperability mezi jednotlivými evropskými zeměmi, ale také především zvýšení bezpečnosti na evropské železnici.

S příchodem tohoto nového vlakového zabezpečovače přichází i možnost rozvoje funkcí elektronických stavědel. Důvodem je že stavědlo může použít systém ETCS jako bezpečný zdroj informací týkajících se jízdy vlaku, jako jsou například aktuální rychlost či přesná poloha, které doposud nemělo jak bezpečně získat. Nabízí se tedy otázka, jak tyto informace co nejlépe využít, aby co nejvíce přispěly k automatizaci železniční dopravy. Z tohoto důvodu se v posledních letech rozběhl vývoj nových funkcí pro elektronická stavědla, které využívají právě tyto nově získané informace.

Tyto nové funkce by měly být užitečné především dispečerovi provozovatele dráhy, protože by mu měly pomoci při jeho práci tím, že mu usnadní rozhodování, na základě nově poskytnutých informací, případně zkrátí vybrané úkony. To by mělo přispět ke zvýšení efektivity při řízení a organizování drážní dopravy.

Práce bude obsahovat rozbor všech elektronických stavědel, které se používají ve střední Evropě, a také rozbor systému ETCS. Dále se autor zaměří na analýzu v současné době vyvíjených a zaváděných nových funkcí v souvislosti s ETCS, včetně zkoumání dopadu na železniční provoz při implementaci vybrané funkce. Což provede na základě poskytnutých archivů z elektronických stavědel vybraných stanic v České republice. V poslední kapitole se autor zaměří na možný budoucí rozvoj těchto funkcí na základě konzultace s dispečery Správy železnic s. o. Součástí práce bude také závěrečné shrnutí.

1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

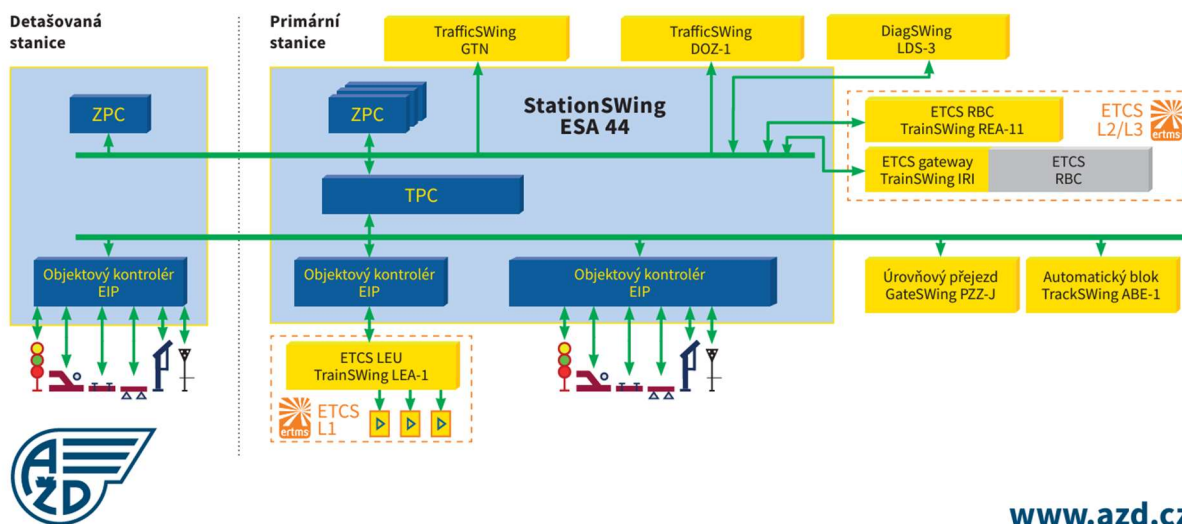
V této kapitole se autor práce zaměří na rozbor a popis elektronických stavědel od všech výrobců, se kterými se můžeme setkat v České a Slovenské republice a také na rozbor systému ETCS, který je postupně zaváděn na železničních tratích po celé Evropské unii.

1.1. Elektronické stavědlo ESA

Staniční zabezpečovací zařízení (SSZ) typu ESA od výrobce AŽD Praha s.r.o., je nejrozšířenějším typem elektronického stavědla v České republice. V současné době je tímto stavědlem vybaveno víc než 250 stanic po celé České republice. Stavědlo je založeno na stavebnicovém systému, proto je možné ho snadno modifikovat tak, aby splňovalo technické požadavky správců infrastruktury. Aktuálně se toto stavědlo používá v několika zemích, jako jsou např.: Slovensko, Polsko, Maďarsko, Slovinsko, Černá Hora, Bulharsko, Bělorusko, Turecko. V současné době je to jediné elektronické stavědlo v České republice, které je schopné spolupracovat s RBC (radioblokovou centrálou) a umožňuje integraci traťové části ETCS různých úrovní. Aktuálně výrobce dodává tři verze tohoto zařízení, konkrétně se jedná o zařízení ESA 44, ESA 51 a ESA 55. První zmíněné je určeno především pro zabezpečení větších a středně velkých stanic, druhé je určeno pro malé stanice na regionálních tratích a třetí pro větší a středně velké stanice s obousměrnou komunikací s RBC. Všechna SZZ typu ESA fungují na totožném principu, hlavní rozdíl mezi nimi je ten, že ESA 51 je kompaktnější a prostorově méně náročná, z tohoto důvodu je i levnější. Zařízení také umožňuje připojení k systému dálkového řízení, např. do systému TrafficSWing DOZ-1 od stejného výrobce, což se v České republice využívá velice hojně. Většina koridorových tratí na našem území využívá právě tento systém dálkového ovládání zařízení (DOZ), což umožňuje zřízení centrálních dispečerských pracovišť. V neposlední řadě je do zařízení také možno integrovat graficko-technologickou nadstavbu (GTN), která dispečerům výrazně usnadňuje práci při řízení provozu. Tato aplikace dispečerům umožňuje např.: zobrazení aktuálního grafikonu železniční dopravy, vést elektronický dopravní deník, sledovat parametry vlaku nebo nabízí funkci automatického stavění vlakových cest. Tato funkce dokáže sama stavět vlakové cesty dle grafikonu dopravy a dispečer ji pouze kontroluje a případně provádí potřebné korekce. (1)

Celé elektronické stavědlo ESA se skládá ze tří úrovní: zadávací, řídicí a prováděcí. Zadávací úroveň je tvořena ze zadávacích počítačů, monitoru/ů reliéfu, technologického monitoru, klávesnice a myši. Zadávacích počítačů může být až 24 a nemusí se nacházet přímo ve stanici. Každá řídicí úroveň (skříň technologických počítačů) je doplněna zadávacím počítačem pro údržbu, který se označuje jako PCU. Pokud je stanice řízena z DOZ, tak ve

stanici bývá zpravidla jeden zadávací počítač sloužící jako záloha. Když obsluha zadá povel na jednom z připojených ZPC, tak daný povel putuje do řídicí úrovně, konkrétně do dvojice technologických počítačů, které povel vyhodnotí. Následně buď vyšlou povel prováděcí úrovni, která již např. rozsvítí návěstidlo, přestaví výhybku, anebo povel zamítnou a ZPC zobrazí danou technologickou hlášku. Ve stanici se nachází celkem 4 technologické počítače, protože zařízení používá tzv. systém horkých záloh. To znamená, že počítače jsou rozděleny do dvou dvojic, a vždy je aktivní pouze jedna z dvojic a druhá je připravena převzít řízení v případě, že dojde k výpadku (bezpečné reakci) první dvojice TPC. Aby byla zajištěna co největší bezpečnost, tak v dané dvojici každý z počítačů běží na jiném operačním systému a řídicí software má každý počítač naprogramovaný v jiném jazyce za použití diverzifikovaného a defenzivního programování. Což znamená, že zařízení by mělo být připraveno v podstatě na jakoukoli situaci, která by mohla nastat, a v případě, že se technologické počítače v dané dvojici mezi sebou neshodnou, pak musí zaujmout bezpečnou reakci a systém přechází na horké zálohy. Technologické počítače se nachází vždy v dané stanici (viz Obrázek 1), na rozdíl od komponent ostatních úrovní, které se ve stanici vůbec nacházet nemusí, jako jsou například dispečerské ZPC, které lze na Obrázku 1 nalézt pod blokem TrafficSwing DOZ-1 nebo vzdálená prováděcí část, která se může nacházet v tzv. detašované stanici. (1)

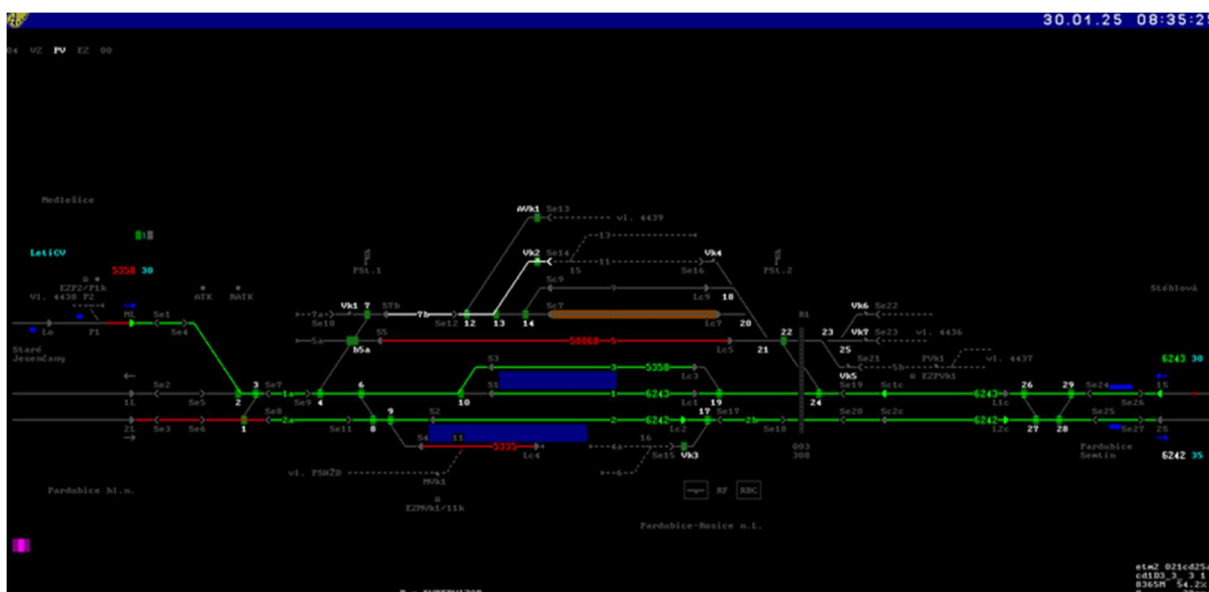


Obrázek 1 Blokové schéma SZZ AŽD ESA 44

Zdroj: (1)

Prováděcí úroveň se skládá především z panelů EIP, což jsou objektové kontroléry (elektronické panely pro vstupy a výstupy), které plní příkazy od TPC, např. provádí rozsvícení návěstidel nebo zavření přejezdu v případě, že přejezd je ovládán ze stanice, a dohlíží na stav všech venkovních prvků zařízení. U starších zařízení typu ESA byla tato část tvořena reléovými

obvody s použitím starších panelů PRR a PRV. V současné době jsou u nových zařízení instalovány již pouze panely EIP. Jedná se v podstatě o malou mikroprocesorovou desku, na kterou jsou připojeny venkovní prvky zařízení, které jsou touto deskou ovládány dle povelů od TPC. Jak již zde bylo zmíněno, tyto desky se nemusí fyzicky nacházet ve stanici, ale je vhodné, aby se nacházely co nejbližně venkovním prvkům zařízení, které jsou k daným deskám připojeny. Čehož se využívá u malých i velkých stanic. U velkých stanic, kde jednotlivá zhlaví stanice od sebe mohou být vzdálena i několik kilometrů se zřizují technologické místnosti u obou zhlaví. V jedné se nachází technologické počítače a panely EIP pro dané zhlaví a ve druhé pouze panely EIP pro zhlaví, u kterého se tato místnost nachází. Toto řešení má velkou výhodu v tom, že dojde k velké úspoře kabelového vedení, protože není potřeba připojovat všechny venkovní prvky do jedné technologické místnosti, která by se nacházela uprostřed stanice, ale některé prvky by od ní mohly být vzdáleny i několik kilometrů. Příklady takových stanic jsou Praha hl. n., Plzeň hl. n., Kolín. V případě malých stanic se tohoto řešení využívá tak, že se zřizují tzv. detašované stanice, což jsou většinou dvě menší stanice, které se nachází poblíž sebe. Do obou z nich se umístí technologické místnosti, ve kterých se nachází prováděcí část, tedy panely EIP, ale pouze v jedné z nich lze nalézt technologické počítače. Toto řešení má opět výhodu v tom, že dojde k úspoře financí, protože není potřeba v obou stanicích zřizovat plnohodnotné technologické místnosti. Takovéto stanice lze nalézt na trati Olomouc – Uničov, kde jsou takto řešeny stanice Štemberk, který má společné zařízení s Bohuňovicemi, avšak TPC se nachází pouze Štemberku, a Uničov, který je sloučen se stanicí Újezd u Uničova. (1)



Obrázek 2 JOP SZZ AŽD ESA

Zdroj: JOP ESA 55

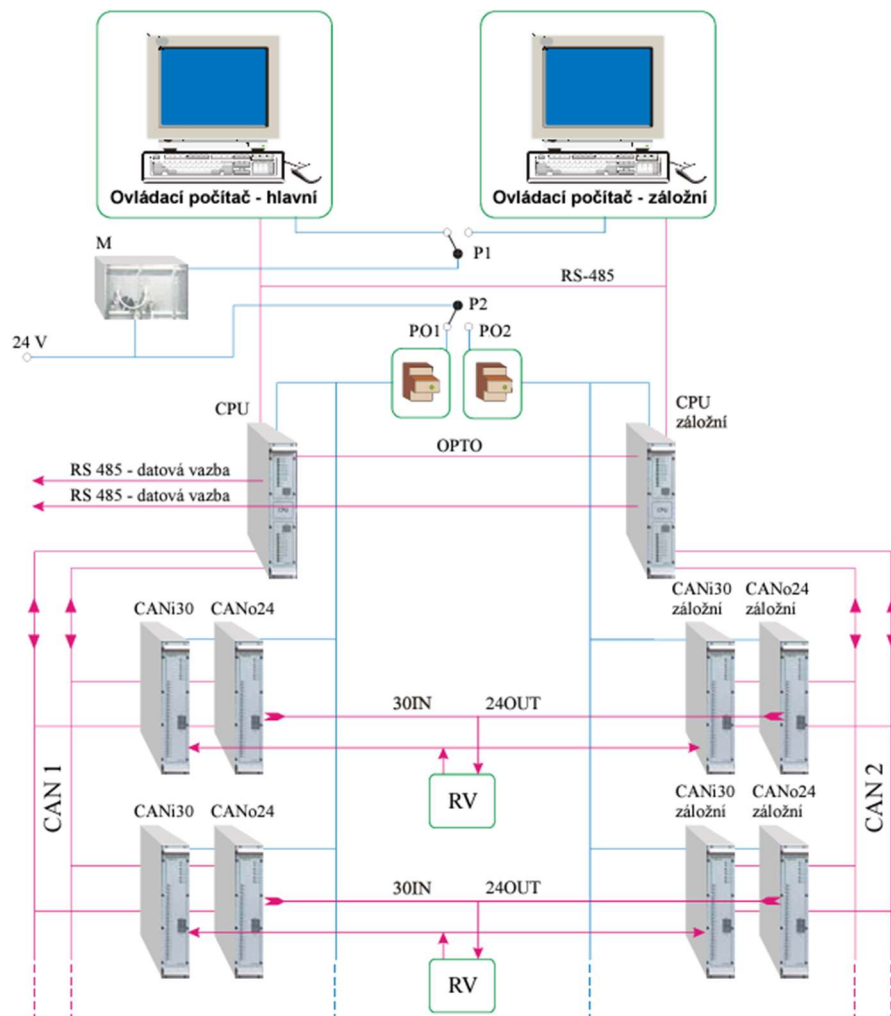
Jak již bylo zmíněno, zadávací úroveň se skládá až z několika ZPC a ovládacího softwaru (viz Obrázek 2), který splňuje požadavky ZTP JOP a následně vydaných technických specifikací. Tato úroveň slouží především pro komunikaci zařízení s obsluhujícím zaměstnancem a zobrazení aktuální dopravní situace na monitorech reliéfu dané dopravní nebo stanice. Na reliéfu se také indikují stavy prvků v kolejišti. Pro obsluhu zařízení je celý software velice jednoduchý a intuitivní. Jedná se o velký posun dopředu v porovnání se staršími typy reléových zabezpečovacích zařízení, které se u nás ještě používají. Ať už je obsluhujícím zaměstnancem dispečer, který většinou řídí určený traťový úsek, na kterém se nachází více stanic, anebo výpravčí, který má na starosti pouze jednu stanici, princip ovládní je vždy stejný. V obou případech má obsluha k dispozici technologický monitor, který zobrazuje informace o stavu zařízení včetně přilehlých zařízení a monitor s reliéfem kolejiště. (1)

1.2. Elektronické stavědlo K-2002

Elektronické stavědlo K-2002, je od výrobce Starmon s.r.o. Toto stavědlo je určeno pro zabezpečení menších a středně velkých železničních stanic, ve kterých se nachází maximálně 20 výhybek, ale vzhledem k modulárnímu řešení zařízení se dá použít i pro větší stanice. Jak již samotný název napovídá, tak toto zařízení je dodáváno již od roku 2002. Samotné stavědlo je pak dle funkcí rozděleno do 4 úrovní, a to konkrétně na úroveň ovládacích počítačů, úroveň technologických počítačů, úroveň reléových obvodů a úroveň venkovních zařízení. Zařízení funguje velice podobně jako SZZ ESA od výrobce AŽD Praha s.r.o., a to konkrétně: obsluha zadá povel na monitoru JOP následně tato informace putuje do technologických počítačů, které ji vyhodnotí, a pokud daný povel lze provést pošlou ho do úrovně reléových obvodů (viz Obrázek 3). Tam již dochází k samotnému sepnutí vybraného relé a následuje provedení povelu, ať už se jedná např. o rozsvícení návěstidla, nebo o přestavení výhybky. (2)

Úroveň technologických počítačů se skládá ze dvou dvojic galvanicky oddělených mikropočítačů (viz Obrázek 3), kde každý z nich má svůj vlastní zdroj napájení. Pro zajištění bezpečnosti má každý z nich vytvořen svůj vlastní řídicí algoritmus. Což je v porovnání se zařízením ESA jednodušší řešení, ale také méně finančně nákladné, protože v zařízení ESA jsou oba TPC na jiném operačním systému a zároveň jsou jejich algoritmy napsány v jiných programovacích jazycích. Zatímco u tohoto zařízení jsou oba algoritmy napsány v programovacím jazyce assembler a operační systém mají oba TP také stejný. Oba technologické počítače mají za úkol vyhodnocovat povely, které provádí obsluha v úrovni ovládacích počítačů a posílat povely do úrovně řídicích obvodů, pokud vyhodnotí, že je možné daný povel provést, a to i s ohledem na bezpečnost provozu. V této úrovni zařízení musí být

zajištěna 100% bezpečnost, vzhledem k tomu, že tato úroveň vyhodnocuje všechny povely od obsluhy a rozhoduje například i o tom, jaká konkrétní návěst se na návěstidle rozsvítí. Jediná chyba by zde mohla mít tragické následky. Z těchto důvodů jsou algoritmy pro oba počítače vytvořeny také za pomoci defenzivního programování, které by mělo zajistit co nejvyšší bezpečnost systému. Kvůli těmto důvodům jsou ve stanici instalovány vždy dvě dvojice těchto počítačů, aby v případě, že se dvojice mezi sebou neshodne a vypadne, mohl systém přejít na záložní technologické počítače a nebyla nutná okamžitá přítomnost pracovníka údržby, který by celý systém znovu musel zapnout. (2)

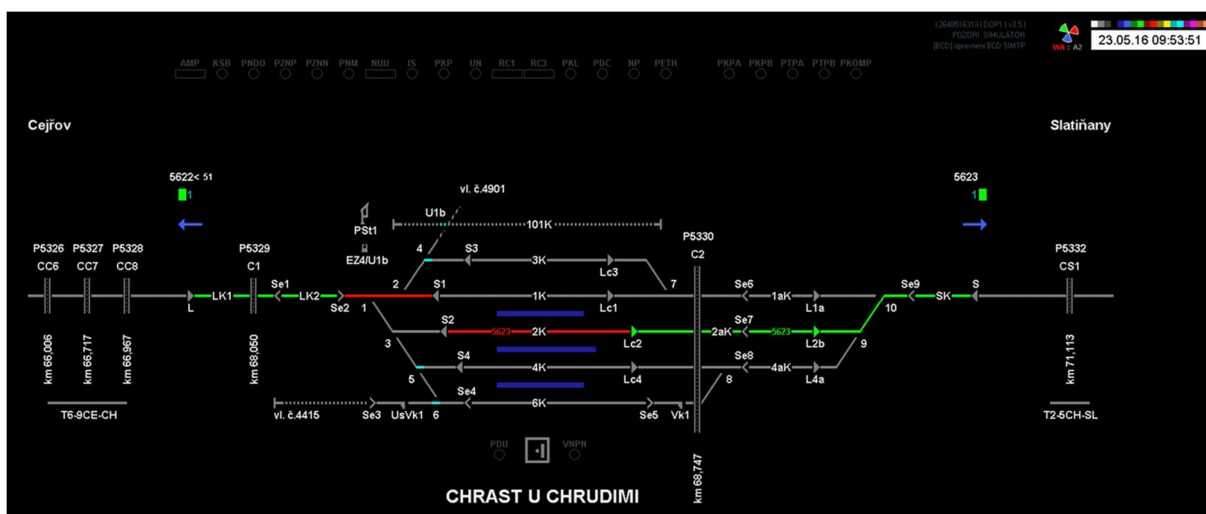


Obrázek 3 Blokové schéma SZZ Starmon K-2002

Zdroj: (2)

Úroveň reléových obvodů má stejnou funkci jako má u zařízení ESA prováděcí úroveň, tedy již přímo ovládat venkovní prvky zařízení dle povelů technologických počítačů. Zatímco u zařízení ESA je to řešeno pomocí mikroprocesorových desek, zde je to řešeno pomocí povelových relé. V případě návěstidel je počet relé potřebných pro ovládání daného návěstidla závislý na počtu světel, které jsou na daném návěstidle použity. Každé světlo má své povelové

světelné relé a kontrolní světelné relé, které kontroluje, zda dané světlo skutečně svítí. Velice obdobným způsobem je řešeno i ovládání výhybek. Každý přestavný obvod má své stavěcí relé, které ovládá přestavování, a kontrolní relé, které určuje polohu dané výhybky. Použití relé místo mikroprocesorových desek je také jeden z důvodů, proč je toto zařízení používáno především pro menší a středně velké stanice, protože u velkých stanic by byl počet relé, které by byly potřebné k ovládání všech prvků ve stanici opravdu vysoký. S úrovní reléových obvodů velice úzce souvisí úroveň venkovních zařízení, která je, jak již bylo zmíněno, z této úrovně ovládána, což jsou již jednotlivé prvky v kolejišti, ať už se jedná o návěstidla, výhybky, nebo počítače náprav. Tyto prvky jsou však z velké části od jiných výrobců, než je firma Starmon. (2)



Obrázek 4 JOP SZZ Starmon K-2002

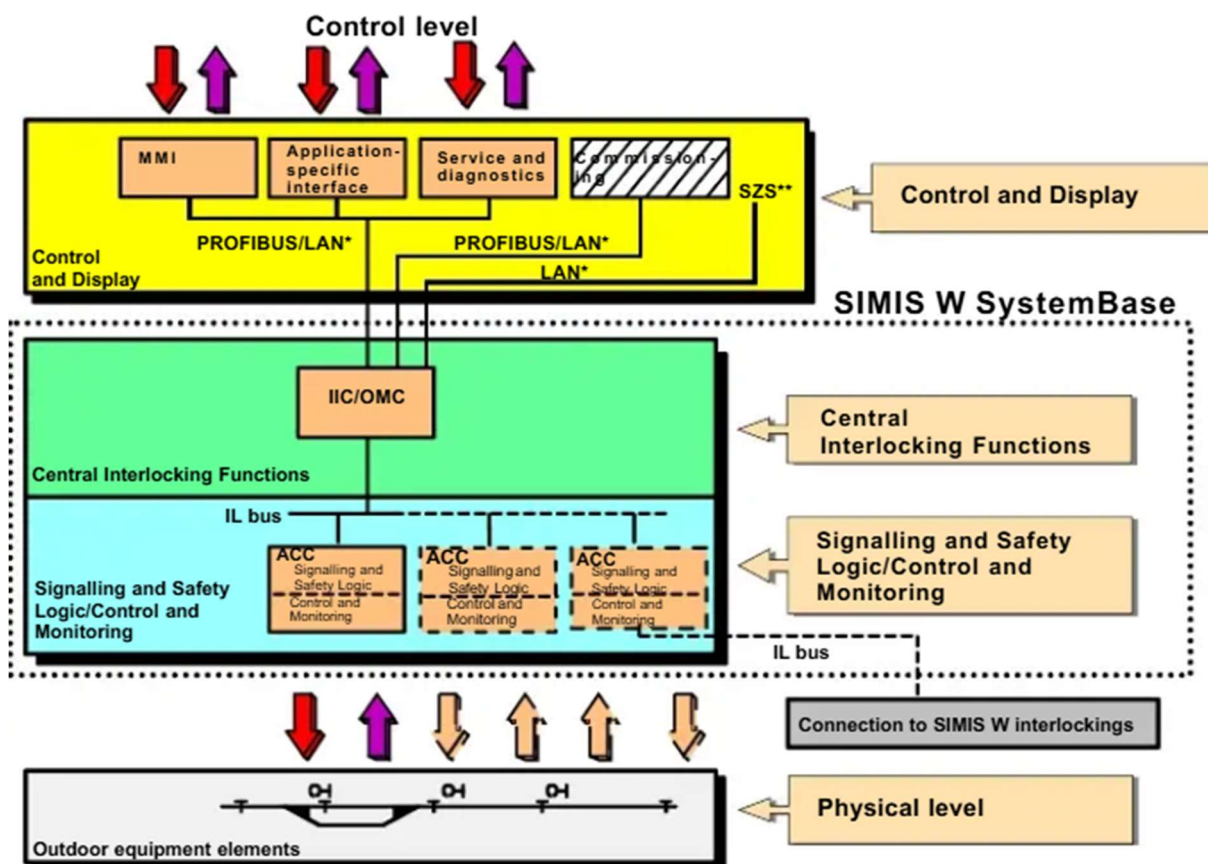
Zdroj: (3)

Úroveň ovládacích počítačů se stará o komunikaci zařízení s obsluhou, konkrétně obsluze zobrazuje informace o aktuálním stavu zařízení, aktuální dopravní situaci a přijímá od obsluhy povely. Software ovládacího počítače je upraven tak, aby odpovídal požadavkům ZTP JOP, což jsou konkrétní specifikace SŽ. Toto řešení má pro dispečery mnoho výhod. Tou největší je, že přeškolení mezi jednotlivými typy zařízení není pro ně složité. Každé zařízení se ovládá v podstatě stejně. Také zobrazované informace musí odpovídat specifikacím ZTP JOP, z čehož vyplývá, že se lehce liší pouze grafické zpracování ovládacích softwarů (viz Obrázky 2 a 4). Jediný větší rozdíl, který zde lze nalézt, je v komunikaci technologické části zařízení s obsluhou. Zatímco u zařízení od firmy Starmon se nad reliéfem kolejiště nacházejí indikační prvky, které indikují stavy jednotlivých prvků v kolejišti, tak u zařízení od firmy AŽD Praha s.r.o. žádné takové prvky nenajdeme. U tohoto zařízení je tato komunikace řešena samostatným technologickým monitorem, nebo technologickou stránkou v případě menších stanic. (2, 3)

1.3. Elektronické stavědlo SIMIS W

Elektronické stavědlo SIMIS W je od výrobce Siemens Mobility. Jedná se o jedno z nejrozšířenějších elektronických stavědel na světě. Můžeme je najít například v Polsku, Německu, Slovensku, Švýcarsku, Alžírsku nebo Číně. Princip fungování je velice podobný s předchozími zmiňovanými elektronickými stavědly, a proto se dá upravit tak, aby vyhovovalo požadavkům v podstatě jakékoli země. Celé zařízení je stejně jako elektronické stavědlo ESA nebo K-2002 rozděleno do 4 úrovní. Těmi jsou Control and Display level neboli úroveň řízení a zobrazení, Central Interlocking Functions v překladu úroveň centrálního řízení, Signalling and SafetyLogic/Control and Monitoring neboli Signalizace a bezpečnostní logika / Řízení a monitorování a poslední level je Physical level v překladu Fyzická úroveň. Dalo by se říct, že princip fungování celého stavědla je velice podobný jako u předchozích zmiňovaných zařízení. Tedy obsluha zadá povel v úrovni řízení a zobrazení, ten následně putuje do úrovně centrálního řízení, kde se daný povel vyhodnotí, a buď ho vrátí zpět, nebo se vyše povel do úrovně Signalizace a bezpečnostní logiky / Řízení a monitorování, kam jsou napojeny všechny venkovní prvky zařízení, a následně dojde k provedení daného povelu (viz Obrázek 5). (4, 5)

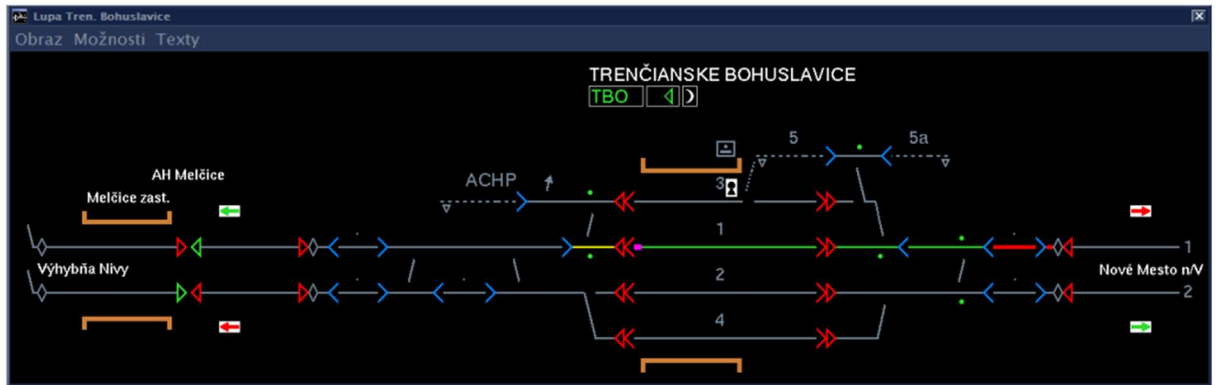
Úroveň centrálního stavědla se skládá ze dvou komponent, a to konkrétně IIC (Interlocking and Interface Component) a OMC (Overhead Management Component). První z této dvojice má na starosti komunikaci mezi jednotlivými úrovněmi zařízení, tedy komunikaci mezi úrovní řízení a zobrazení a úrovní Signalizace a bezpečnostní logiky. Do úrovně řízení a zobrazení předává procesní stavy jednotlivých komponent, které se následně zobrazí na monitoru počítače MMI. Také z této úrovně přebírá povely od obsluhy, které vyhodnocuje, kontroluje a následně je předává do úrovně signalizace a bezpečnostní logiky, konkrétně do počítačů ACC. Zprostředkovává také komunikaci celého elektronického stavědla s RBC (radioblokovou centrálou), což je důležité při implementaci zařízení do systému ETCS, se kterým toto stavědlo, stejně jako zařízení ESA, dokáže komunikovat a vyměňovat si navzájem informace. Toto řešení se již používá v několika evropských zemích. Dalo by se říct, že tento modul má na starosti to samé, co mají v zařízení ESA nebo K-2002 na starosti technologické počítače, jedná se tedy o mozek celého zařízení. Druhý z komponent tedy OMC se stará o správu provozních stavů všech počítačů, slouží pro nahrávání topografických a konfiguračních dat dané stanice, které pak také přenáší do počítačů ACC, jež načítají data o stanici pouze z tohoto modulu, což umožňuje snadnou výměnu dat v celém zařízení. V podstatě se jedná o takový dohledový počítač, který kontroluje stavy všech počítačů a slouží pro konfiguraci systému, při uvádění zařízení do provozu nebo při výměnách softwaru. (4)



Obrázek 5 Blokové schéma SZZ Siemens SIMIS W

Zdroj: (5)

Úroveň signalizační a bezpečnostní logiky obsahuje především počítače ACC (Area Control Component), které obsahují software pro řízení a monitorování venkovních prvků zařízení, např. výhybek a návěstidel. Každý z těchto počítačů je připojen k několika venkovním prvkům zařízení, se kterými komunikuje a ovládá je na základě pokynů z úrovně centrálního řízení. Tyto počítače tedy zajišťují komunikaci a předávání povelů mezi počítačem IIC a venkovními prvky. Například od úrovně centrálního řízení obdrží tento počítač povel k přestavení výhybky, následně vyšle povel do daného přestavníku, ten provede samotné přestavení výhybky a vrátí tomuto počítači zpět informace o aktuální poloze dané výhybky. Tedy nejprve probíhá přestavování výhybky a následně vrací i novou koncovou polohu, komunikace zde proto probíhá obousměrně. Obousměrná komunikace zde funguje mezi všemi úrovněmi řízení. Tedy poté, co počítač ACC obdrží novou informaci o změně polohy, tak ji předá do úrovně centrálního řízení, která ji následně předá do úrovně zobrazení, kde se již obsluze zobrazí aktuální informace o poloze dané výhybky. Tyto počítače pracují s konfiguračními daty, které obdrží při spuštění zařízení od počítače OMC, a není zde nutné rozehrávat tato data do každého zvlášť. (4)



Obrázek 6 JOP SZZ Siemens SIMIS W

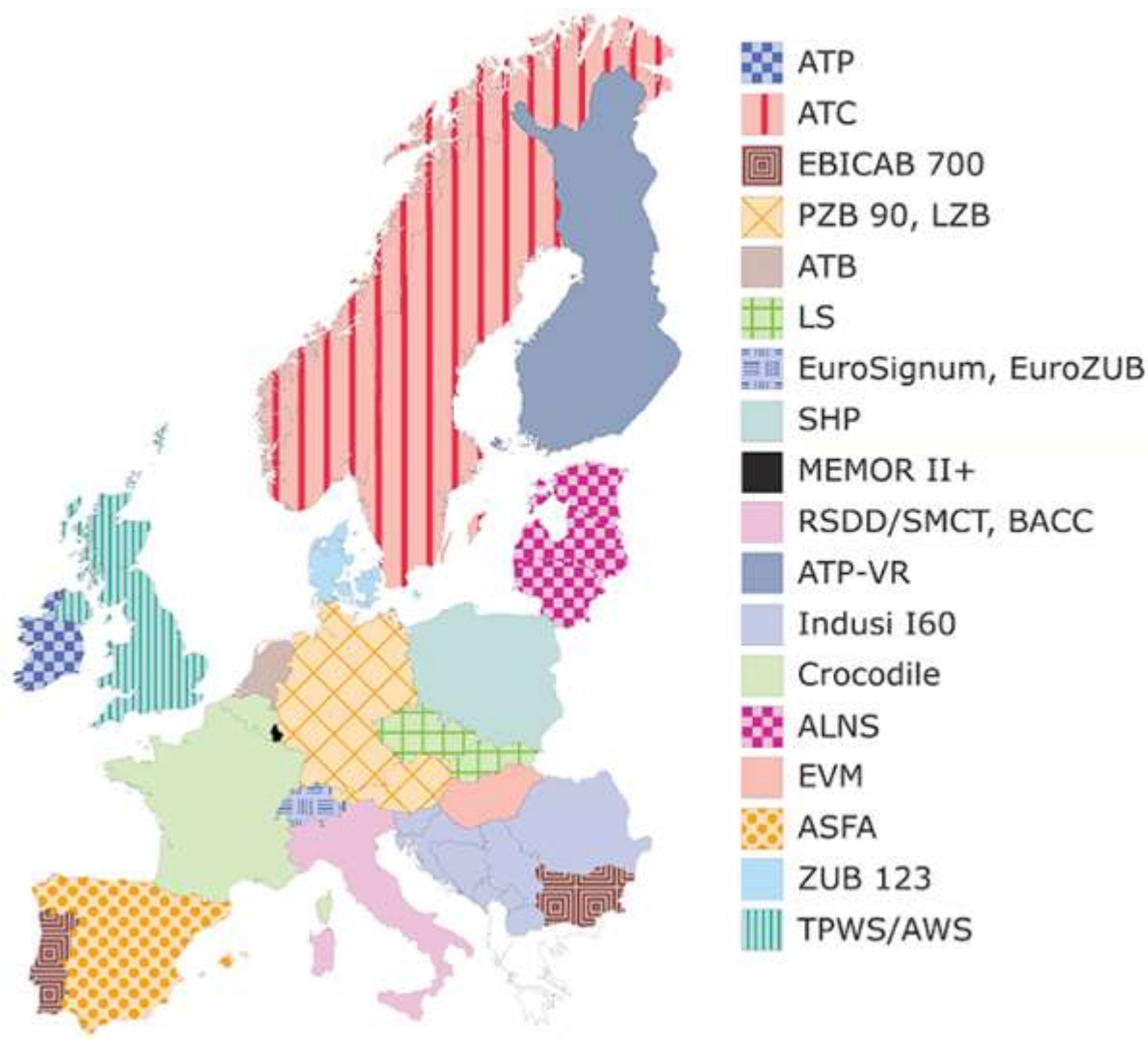
Zdroj: (6)

Úroveň řízení a zobrazení se skládá ze tří modulů MMI, Application specific interface a service and diagnostic. První zmíněný neboli man – machine interface se, jak již z názvu vyplývá, stará o komunikaci mezi zařízením a obsluhou. Tento počítač je vybavený softwarem pro obsluhu zařízení (viz Obrázek 6), ovšem v porovnání s předchozími dvěma ovládacími softwary od firem AŽD Praha s.r.o. a Starmon s.r.o. (viz Obrázky 2 a 4) se výrazně odlišuje. Největším rozdílem, který je patrný hned na první pohled, je výrazně rozdílné grafické zpracování celého softwaru, kdy jednotlivé prvky v kolejišti jsou zakresleny jinými symboly, než jaké udává norma ZTP JOP od Správy železnic s. o. To je také jeden z důvodů, proč toto zařízení zatím v České republice nenajdeme. Dalším velkým rozdílem je, že software používá systém oken. To znamená, že si obsluhující zaměstnanec může jednotlivá okna s reliéfy uspořádat, jak potřebuje, a také si může jednotlivé reliéfy zvětšovat a zmenšovat. Což je jedna z výhod oproti softwarům, které se aktuálně používají v České republice. Ovládání softwaru je také výrazně odlišné, dle názoru autora práce by zaměstnanec, který je proškolen na ovládání softwaru od firem AŽD Praha s.r.o. nebo Starmon s.r.o., měl bez dalšího proškolení s obsluhou tohoto zařízení velké problémy. Například stavění zde probíhá úplně jinou volbou, než tomu je u zařízení ESA. Obsluha musí na návěstidle počátku cesty vybrat funkci VC (vlaková cesta) a následně na návěstidle konce cesty vybrat funkci KC (konec cesty), a poté se vlaková cesta začne stavět. Zatímco u zařízení ESA nebo K–2000 stačí pouze kliknout na návěstidlo začátku cesty a poté na cílovou staniční nebo traťovou kolej, kam chce cestu postavit. Dalším příkladem rozdílnosti ovládání je funkce nouzového vybavení jízdní cesty nebo rušení jízdní cesty. Rušení cesty se u zařízení používaných v České republice provede tak, že se vybere funkce RC (rušení cesty) na návěstidle počátku cesty, zatímco u tohoto zařízení se vybere funkce ZR JC na návěstidle konce cesty. Návěstidlo konce cesty se vybírá i v případě nouzového rušení jízdní cesty, což je opět rozdílné. Rozdíly lze nalézt i v případě zobrazování poruch. Jedním takovým

příkladem je zobrazení poruchy červeného světla na hlavním návěstidle. Zatímco u zařízení Simis se kolem porouchaného návěstidla zobrazí fialový kruh, tak u zařízení splňující požadavky ZTP JOP se okolí návěstidla podbarví šedě a samotné návěstidlo se podbarví černou barvou. Ačkoli jsou mezi jednotlivými softwary jisté odlišnosti, tak všechny tři zde zmiňované fungují na totožném principu. U ovládacího softwaru se liší pouze grafické zpracování. Dalším modulem této úrovně zařízení je Application specific interface, což je modul, který se stará o komunikaci s provozními aplikacemi a poskytuje jim data o jízdě jednotlivých vlaků. Posledním modulem je service and diagnostic. Tento modul, jak již název napovídá, je určen pro pracovníky údržby, kteří jsou díky tomu schopni se k zařízení připojit. Slouží především pro ukládání archivů ze zařízení, ukládání chyb zařízení a údržbu zařízení. (4, 6)

1.4. European train control system (ETCS)

ETCS neboli European train control system v překladu evropský vlakový zabezpečovač je nový typ vlakového zabezpečovače určený pro celou Evropskou unii. Má za cíl sjednotit vlakové zabezpečovače ve všech zemích Evropské unie tak, aby byla na železnici zajištěna co největší interoperabilita mezi všemi členskými státy. V současné době má většina zemí v EU svůj vlastní vlakový zabezpečovač (viz Obrázek 7), tak jako je v České republice například liniový vlakový zabezpečovač (LVZ). Tyto zabezpečovače ovšem nejsou interoperabilní. To znamená, že lokomotivu, která je vybavena pouze vlakovým zabezpečovačem LS – 90 nebo Mirel, je možno provozovat pouze v České a Slovenské republice. Na vlcích například do Německa je nutná výměna lokomotivy, za lokomotivu, která je vybavena místním vlakovým zabezpečovačem, v tomto případě LZB/PZB 90. Tento problém právě ETCS řeší, protože v případě, že obě země budou mít na celé své síti stejný vlakový zabezpečovač, žádná výměna lokomotiv není nutná a jedna lokomotiva může daný vlak táhnout přes jakoukoli zemi, jejíž železniční síť je vybavena tímto systémem. Jedná se také o nejbezpečnější vlakový zabezpečovač, který se v současné době v Evropské unii používá, ovšem také o jeden z nejnákladnějších. Právě finanční náročnost implementace tohoto systému na železniční infrastrukturu je jeden z hlavních důvodů, proč tento systém ještě ve spoustě evropských zemích nenajdeme. Nicméně Česká republika je jedna z prvních zemí, která tento systém začala zavádět na své síti. Celý projekt ETCS je součástí projektu ERTMS (European Integrated Rail Traffic Management System), ten se dále dělí na projekt EIRENE (European Integrated Railway Radio Enhanced Network) a projekt ETCS. Projekt ERTMS si klade za cíl vyřešit problémy s bezpečností a interoperabilitou na evropské železnici, které jsou způsobeny používáním národních vlakových zabezpečovačů v jednotlivých zemích. (7, 8, 9)

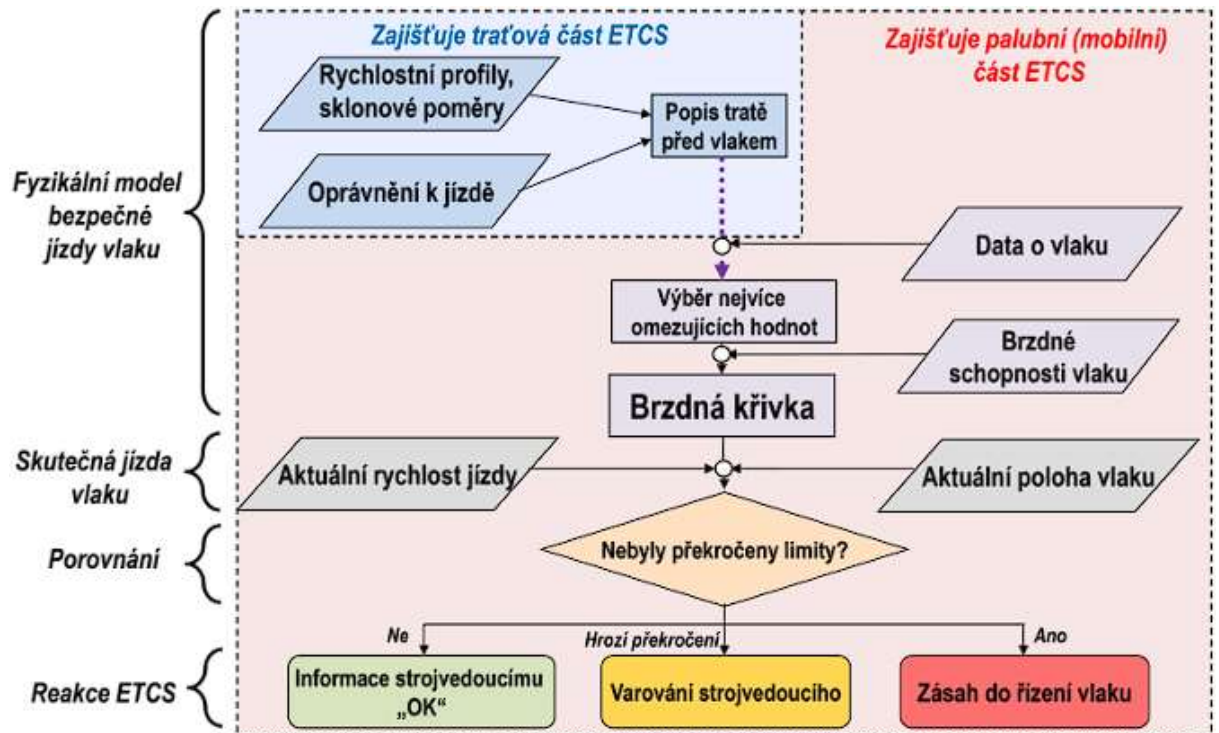


Obrázek 7 Evropské národní vlakové zabezpečovače

Zdroj: (9)

Pro Českou republiku má tento vlakový zabezpečovač řadu výhod. Tou bezpochyby největší z nich je výrazné zvýšení bezpečnosti na železnici, protože tento systém neumožní strojvedoucímu překročit maximální povolenou rychlost a výrazným způsobem snižuje pravděpodobnost projetí návěsti zakazující jízdu díky systému generování brzdných křivek, který nutí strojvedoucího brzdit ještě zavčasu. Také se jedná o jediný zabezpečovač používaný v České republice, který umožňuje rychlost vyšší než 160 km/h. V současné době platí, že na tratích, kde je používán národní vlakový zabezpečovač s návěstím opakovačem, který přenáší strojvedoucímu na stanoviště návěst, která svítí na následujícím návěstidle, je maximální rychlost 160 km/h a na tratích bez tohoto systému pouze 100 km/h. Tento systém se v budoucnu bude používat i na všech vysokorychlostních tratích na území České republiky, protože umožňuje rychlost až 500 km/h, nicméně maximální rychlost na těchto tratích se plánuje na 320 km/h.

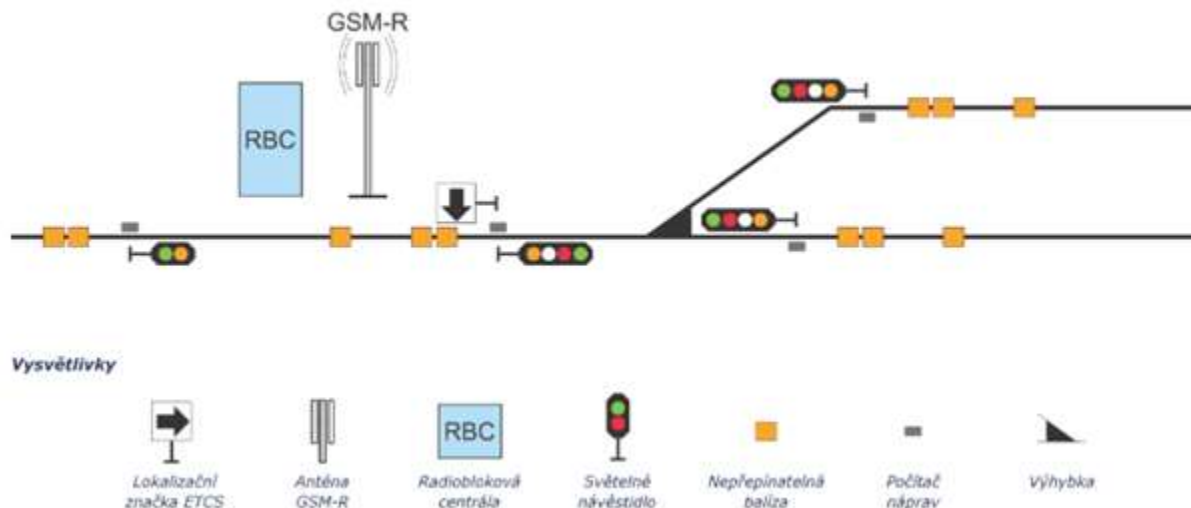
Současně to také otevírá spoustu možností rozvoje funkcí elektronických stavědel, protože ze systému ETCS je stavědlo schopné zjistit mnohem více informací o daném vlaku, než tomu bylo doposud (viz Kapitoly 2 a 3). Celý systém je v současné době rozdělen do dvou aplikačních úrovní. Konkrétně se jedná o úrovně L1 a L2. Obě nabízí odlišnou úroveň zabezpečení, ale také se výrazně liší finanční náročnost implementace. (10)



Obrázek 8 Blokové schéma fungování ETCS

Zdroj: (8)

Systém se rozděluje na traťovou a mobilní část (viz Obrázek 8). Traťová část systému zajišťuje veškeré informace potřebné k jízdě vlaku, jako jsou rychlostní profily, sklonové poměry, uděluje oprávnění k jízdě a tvoří popis tratě před vlakem. Stará se také o komunikaci mezi oběma částmi ETCS, a to prostřednictvím balíz v kolejišti, nebo za pomoci GSM – R. V případě ETCS L1 je komunikace zajišťována pomocí tzv. přepínatelných balíz v kolejišti, a u ETCS L2 je informace předána pomocí sítě GSM-R. Poté co traťová část systému shromáždí zde zmíněné informace, předává je mobilní části systému (viz Obrázek 9), která má již k dispozici potřebné informace o daném vlaku, jako jsou brzdné schopnosti vlaku, délka a hmotnost vlaku. Následně také tyto informace vyhodnocuje a předává informaci strojvedoucímu, zda je vše v pořádku a může pokračovat v jízdě, či nikoli, a musí začít brzdit. V případě, že by strojvedoucí tyto pokyny nerespektoval, systém vlak automaticky bezpečně zastaví. (8)



Obrázek 9 Schematické zobrazení instalace ETCS L2 bez benefitů na infrastrukturu
Zdroj: (11)

Jak již bylo zmíněno, celý systém můžeme rozdělit do dvou aplikačních úrovní Level 1 a Level 2. ETCS L1 slouží k zabezpečení především menších regionálních tratí s rychlostí do 120 km/h. Tato úroveň systému funguje v podstatě jako bodový vlakový zabezpečovač, tedy informace mezi lokomotivou a stavědlem jsou přenášeny pouze pomocí balíz umístěných v kolejišti. To znamená, že tato úroveň nevyžaduje radiový systém pro komunikaci s lokomotivou, a proto je její implementace na infrastrukturu méně nákladná. Tuto úroveň můžeme ještě rozdělit na dvě verze, ETCS L1 LS (limited supervision) a ETCS STOP. První zmíněná verze, tedy ETCS L1 LS je schopná v určité míře zabránit překročení maximální povolené rychlosti, ale především zabráňuje projetí návěsti zakazující jízdu díky generování brzdných křivek. Umožňuje také strojvedoucího upozorňovat na omezení infrastruktury, například na poruchy přejezdů nebo na pomalé jízdy, ale už neumožňuje tyto pomalé jízdy sledovat a kontrolovat. Tato verze zabezpečovače je určena pro tratě s vyšší hustotou provozu a rychlostí do 120 km/h. Zatímco ETCS STOP se stará pouze o zastavení vlaku při projetí návěsti zakazující jízdu a dohlíží na nepřekročení maximální povolené rychlosti. Jednou z největších nevýhod ETCS STOP je, že tato verze systému není schopná zabránit projetí návěsti stůj, a zabránit tedy nejčastější mimořádné události na české železnici. Při projetí této návěsti vyše systém pouze povel ke globálnímu zastavení všech vlaků v okolí, což by mělo výrazně snížit škody na zdraví a majetku, nebo jim zabránit. Z těchto důvodů je tato verze určena pro regionální tratě s hustotou provozu do 45 vlaků za den a tratě řízené dle předpisu SŽ D3. Na těchto tratích i přes své nevýhody výrazně přispěje ke zvýšení bezpečnosti, protože současné zabezpečení na tratích řízených dle předpisu SŽ D3 je již nevyhovující. (11)

ETCS L2 je na rozdíl od L1 liniové zabezpečovací zařízení, což znamená, že komunikace s lokomotivou neprobíhá pouze v bodech nad přepínatelnými balízkami, ale nepřetržitě pomocí radiového systému GSM – R nebo FRMCS. Vozidlo je pro všechny úrovně vybaveno stejnou mobilní jednotkou, ale vybavení traťové části se u L2 výrazně liší. Tato úroveň vyžaduje anténu pro komunikaci s vozidlem a také s RBC (radioblokovou centrálou), která se stará o zpracování informací z palubních jednotek vozidel. Vzhledem k tomu, že komunikace zde probíhá pomocí radiového signálu, tak zde nejsou přepínatelné balíčky, jako u úrovně 1, ale pouze nepřepínatelné, které zde už neslouží pro komunikaci, ale pouze pro upřesnění polohy vozidla na trati. ETCS L2 můžeme také stejně jako L1 rozdělit do dvou verzí ETCS L2 bez benefitů a s benefity. ETCS L2 bez benefitů je verze systému, která se v současné době používá v České republice zejména na koridorových tratích. Tato verze nevyžaduje žádné rozsáhlé stavební úpravy, pouze se zde na trať doinstaluje ETCS (viz Obrázek 9). ETCS L2 s benefity je verze systému bez konvenčních hlavních návěstidel, která jsou zde nahrazena lokalizačními značkami a stop značkami ETCS. Strojvedoucí se zde neřídí návěstmi hlavních návěstidel, ale pouze informacemi od mobilní části ETCS, která mu zobrazuje MA (movement authority) od RBC, v překladu oprávnění k jízdě. V případě stanice je MA udělováno na základě postavené vlakové cesty a na trati na základě informace o volnosti traťového úseku. Pro dispečera provozovatele dráhy se v tomto ohledu nic nemění. Mění se pouze způsob, jakým je strojvedoucímu sdělováno, že může jet. V současné době se takovýto typ stanice v České republice nenachází, můžeme zde nalézt pouze traťovou kolej s lokalizačními značkami, která se nachází na trati Olomouc hl.n.– Uničov. Tato verze systému se v současné době plánuje především na nově modernizované stanice, jako je například Hradec Králové hl. n., jejíž rekonstrukce započne v letošním roce a již se tam nemají nacházet konvenční hlavní návěstidla. (11)

Tento systém má také řadu výhod pro dispečera provozovatele dráhy. Jednou z největších bezpochyby je, že si dispečer může přímo na technologickém monitoru zabezpečovacího zařízení zobrazit technologickou stránku ETCS, kde vidí informace o jednotlivých vlacích a pomalých jízdách (viz Obrázek 10). V horní polovině technologické stránky (Obrázek 10) lze vidět informace o aktuálně zadaných pomalých jízdách. Konkrétně číslo pomalé jízdy, označení sekce, ve které byla pomalá jízda zadána, rychlost dané pomalé jízdy, směr pomalé jízdy (uvádí se L – lichý, S – sudý nebo o – pro oba směry). Dále lze vidět kilometrickou polohu začátku i konce pomalé jízdy, také se v řádku nachází písmeno T, které udává typ pomalé jízdy, k – krátkodobá a D – dlouhodobá. Na technologické stránce lze ještě spatřit poslední sloupeček a ten je určen pro případnou poznámku dispečera provozovatele dráhy. (12)

Ve spodní polovině technologické stránky (Obrázek 10), se nachází informace o konkrétních vlacích, které se nachází v daném úseku. V několika sloupečcích se zde nacházejí informace, které mohou být dispečerovi při řízení provozu užitečné. Konkrétně se jedná o tyto sloupce:

- **VLAK č** – číslo daného vlaku
- **V_akt** – aktuální rychlost daného vlaku
- **Délka** – délka daného vlaku
- **Rníky** – kategorie daného vlaku, které dělíme do těchto kategorií:
 - **N** – vozidla pro která platí dolní rychlostníky
 - **Hor.N** – vozidla pro, která platí horní rychlostníky
 - **150 mm** – vozidla s povoleným nedostatkem převýšení do 150 mm
 - **NS** – vozidla s naklápěním vozových skříní (svislé rychlostníky)
- **V_max** – maximální rychlost daného vlaku
- **=Stůj=** – zobrazuje, zdali bylo pro daný vlak zadáno stůj, rozlišujeme tyto varianty:
 - **AS** – adresné stůj, zastaví pouze vybraný vlak
 - **GS** – generální stůj, zastaví všechny vlaky v oblasti příslušné RBC
- **Trakce** – typ trakce daného vozidla, konkrétně jsou to tyto typy:
 - **NE** – vozidlo nezávislé trakce
 - **DC** – vozidlo stejnosměrné trakce 3 kV
 - **AC** – vozidlo střídavé trakce 25 kV
 - **AC DC** – dvou systémové vozidlo
 - **N/A** – vozidlo neznámé trakce
- **Ntlak** – hodnota nápravového tlaku vozidla
- **Mód OBU** – mód ve kterém se nachází mobilní část na vozidle, rozlišujeme tyto módy:

<ul style="list-style-type: none"> ○ FS – Full Supervision (jízda pod plným dohledem) ○ OS – On Sight (jízda podle rozhledu) ○ SR – Staff Responsible (jízda na odpovědnost strojvedoucího) ○ SB – Stand By (pohotovostní stav) ○ SH – Shunting (posun) ○ RV – Reversing (reverz) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ SN – National System (národní vlakový zabezpečovač) ○ UN – Unfitted (nevybavená trať) ○ NL – Nonleading (nikoli vedoucí lokomotiva) ○ TR – Trip (nedovolené projetí) ○ PT – Post Trip (po nedovoleném projetí)
---	---

(12)

Na pravém kraji technologické stránky se také zobrazují informace o pomalých jízdách na přejezdech, ty se nacházejí na horní části. Ve spodní části se nacházejí informace o výlukách ETCS. Tyto informace mohou být pro dispečera užitečné při řízení provozu. Například pokud vlak není schopen dosáhnout svojí maximální rychlosti, dispečer tuto skutečnost zjistí bez nutnosti telefonovat strojvedoucímu a může ho v následující stanici nechat předjet, aniž by omezil okolní provoz. (12)

PJč	Sekce	Vkmh	Sm.	Zač.km	Kon.km	T	Poznámka	PJ	PZZ
001	SP1K	50	0	285,677	331,643	K			
								RBC49	
								Učluka	ETCS
VLAK č:	V akt	Délka	Rmiky	V max	=Stůj=	Trakce	Ntlak	Mód	OBU
963	160kmh	200m	N	160kmh		DC	22,5t	FS	
111	50kmh	600m	N	100kmh		NE	22,5t	FS	
987	50kmh	150m	N	120kmh		NE	22,5t	FS	
555	0kmh	50m	N	120kmh		NE	22,5t	SB	
74	100kmh	75m	N	160kmh		DC	22,5t	SR	

data RBCC SZZ AŽD RBC 49 - Mosty - Karv USB 05.03.25 11:07:44

Obrázek 10 Technologická stránka ETCS u zařízení AŽD ESA 55

Zdroj: JOP ESA 55, upraveno autorem

2 ANALÝZA SOUČASNĚ ZAVÁDĚNÝCH NOVÝCH FUNKCÍ

V souvislosti s implementací ETCS se pro elektronická stavědla otevírá řada možností rozvoje, které dosud nebyly realizovatelné, protože až s příchodem ETCS má stavědlo k dispozici několik nových informací týkající se jízdy vlaku, které dosud nemělo. Jedná se například o aktuální rychlost, přesnou polohu nebo délku vlaku. Z těchto důvodů se v poslední době rozběhl vývoj nových funkcí využívajících právě tyto informace, které elektronickému stavědлу poskytuje RBC. Autor práce se v této kapitole zaměří na rozbor nově zaváděných a v současné době vyvíjených funkcí pro elektronické stavědlo v souvislosti s implementací ETCS. Provede také rozbor konkrétních dopravních situací z archivů elektronických stavědel vybraných stanic po celé České republice v souvislosti se zaváděním jedné z těchto nových funkcí. Rovněž se bude zabývat vlivem těchto funkcí na práci traťového dispečera provozovatele dráhy. Klíč k výběru stanic byl stanoven tak, aby rozbor obsahoval následující typy železniční stanic:

- stanice na jednokolejných i dvoukolejných koridorových tratích
- stanice na vedlejších jednokolejných tratích
- stanice s částečnou i úplnou peronizací

2.1. Současně zaváděné nové funkce

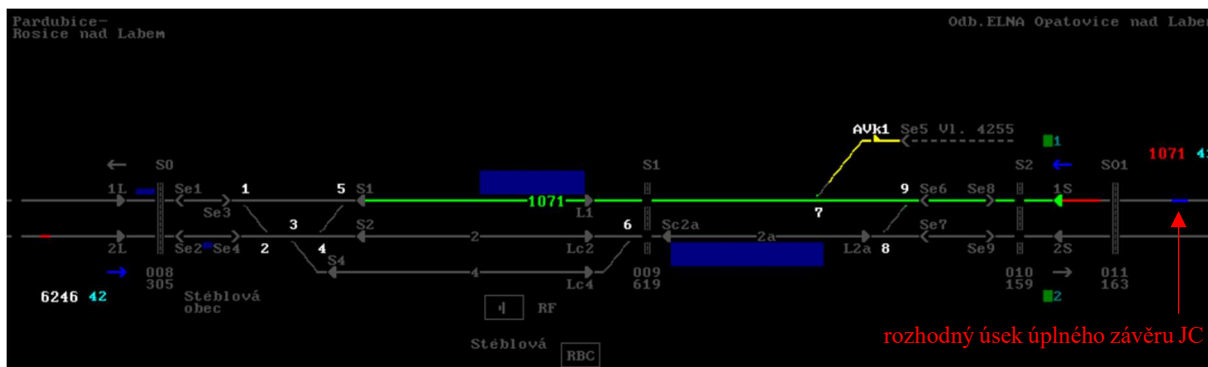
Nové funkce, kterými se bude autor v této kapitole zabývat jsou:

- Zrušení neprojeté vlakové cesty před uplynutím dlouhého času rušení
- Zrušení výluky protisměrné jízdní cesty, před uplynutím času výluky nebo zrušení výluk ohrožených cest v ochranné dráze VCP
- Nouzová vlaková cesta, která bude částečně dohlížena ETCS
- Přenos návěstí pro elektrický provoz a Přenos informace o napěťových výlukách.

2.1.1. Zrušení neprojeté VC před uplynutím dlouhého času rušení

Jedna z prvních nových funkcí v souvislosti s ETCS, o které se v České republice začalo mluvit, byla funkce zrušení neprojeté jízdní cesty, pokud vlak již obsadil rozhodný úsek úplného závěru JC před uplynutím dlouhého času rušení. V současné době funguje v České republice úplný závěr, takže pokud není obsazen rozhodný úsek úplného závěru (tmavě modrý úsek před vlakovou cestou na Obrázku 11) nebo jakýkoli úsek mezi tímto úsekem a návěstidlem počátku cesty (na Obrázku 11 se jedná o návěstidlo 1S), pak v případě zadání povelu RC (ručení cesty) se jízdní cesta zruší po uplynutí krátkého času rušení (u vjezdové cesty po uplynutí doby 22 sekund a u ostatních cest ihned). Pokud je ale jeden z těchto úseků obsazen, pak po zadání

povelu RC zhasne dovolující návěst na začátku rušené cesty a je rozsvícena návěst zakazující jízdu, ale závěr jízdní cesty zůstává nastaven. U vlakové cesty po dobu 3 minut a 22 sekund, a pokud se jedná o cestu posunovou, pak se závěr zruší po uplynutí 1 minuty, čemuž se říká dlouhý čas rušení. Je to tak z důvodu bezpečnosti, protože pokud vlak již obsadil oblast úplného závěru, znamená to, že pokud by jel maximální traťovou rychlostí, tak jeho zábrzdna vzdálenost může být větší než vzdálenost k návěstidlu, od kterého se ruší vlaková cesta. Což má za následek, že nelze s jistotou říct, zdali v tuto chvíli stihne vlak zastavit, a proto závěr zůstává nastaven další 3 minuty a 22 sekund. Pokud by tedy vlak projel návěst stůj, vjede stále do zabezpněné jízdní cesty a nehrozí tak, že se střetne s jiným vlakem nebo vykolejí. U některých stavědel, která nejsou vybavena ETCS se ještě můžeme setkat s tím, že u vlakové cesty je dlouhý čas rušení nastaven na 3 minuty. Je tomu tak z toho důvodu, že čas rušení se prodlužoval o 22 sekund právě kvůli ETCS, a tak ve stavědlech, kde není ETCS se tento čas neměnil. (13)

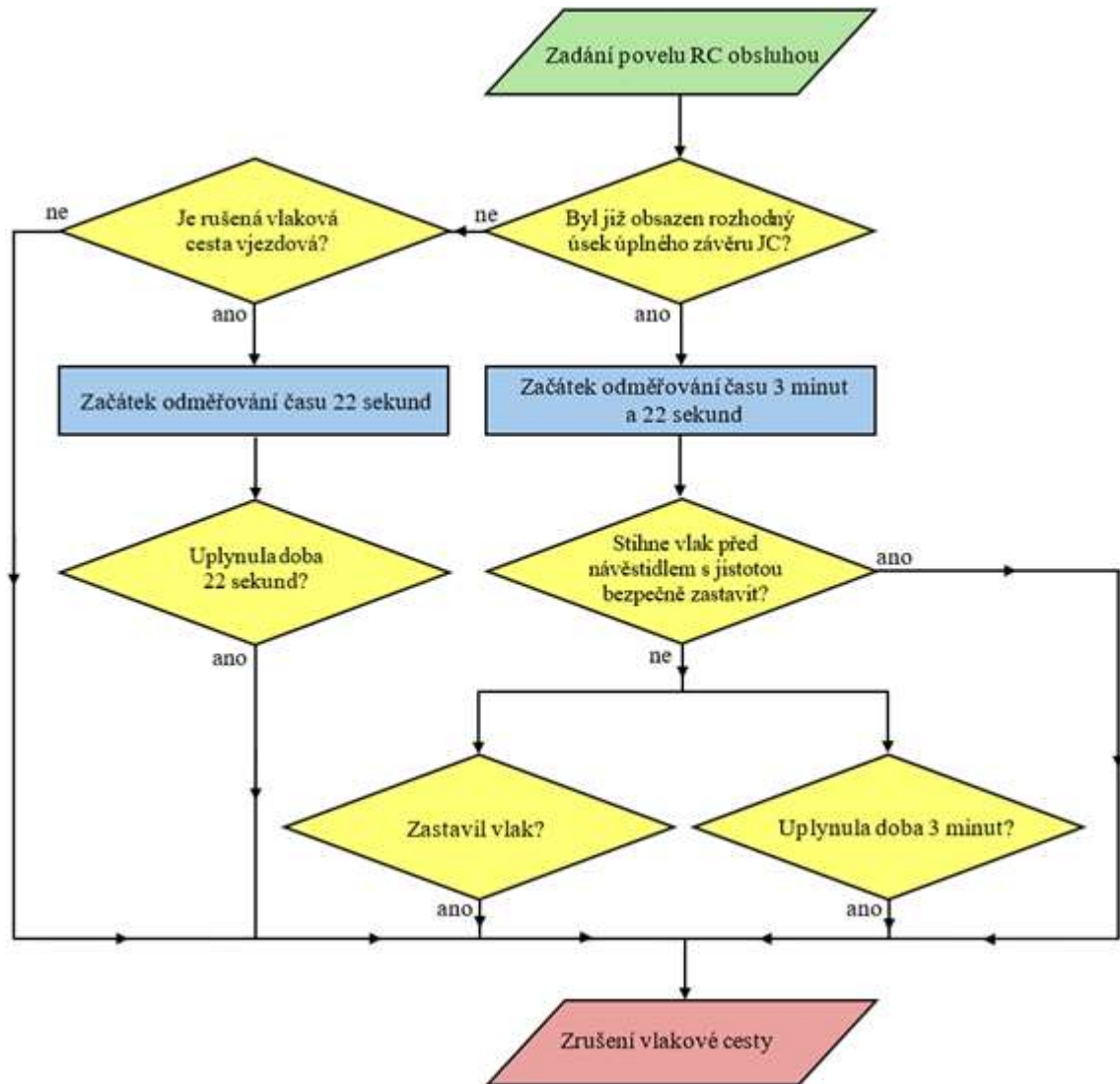


Obrázek 11 Příklad obsazeného rozhodného úseku úplného závěru jízdní cesty

Zdroj: JOP ESA 55, upraveno autorem

Ovšem tyto 3 minuty a 22 sekund jsou v železniční dopravě opravdu dlouhá doba a dispečerům nebo výpravčím mohou značně zkomplikovat dopravní situaci. Právě tento problém by měla částečně nebo úplně vyřešit tato nová funkce. Ta spočívá v tom, že ve chvíli, kdy výpravčí nebo dispečer použije funkci RC a daný vlak již obsadil rozhodný úsek úplného závěru jízdní cesty, tak se začne stejně jako doposud odměřovat dlouhý čas na zrušení závěru a vlaku se zkrátí MA k danému návěstidlu počátku cesty, na kterém byla použita funkce RC. Nicméně změna nastává v tom, že stavědlo čeká na informaci od RBC, která se dotáže mobilní části ETCS na vlaku, zdali je vlak schopen před daným návěstidlem zastavit. Pokud RBC obdrží informaci, že daný vlak je schopen před návěstidlem bezpečně zastavit, tak ji předává do stavědla, a to na základě svých vnitřních algoritmů může danou vlakovou cestu zrušit. Pokud RBC obdrží informaci, že vlak není na 100% schopen před daným návěstidlem zastavit, tak dále nic neposílá a stavědlo nadále odměřuje 3 minuty a 22 sekund na zrušení závěru. Může ale

také nastat situace, kdy vlak odešle do RBC informaci, že není s jistotou schopen před daným návěstidlem zastavit, ale přesto před ním zastaví. V tomto případě se zařízení zachová tak, že ve chvíli, kdy se RBC dozví, že vlak stojí, tak tuto informaci předá stavědlu, a to se opět na základě svých vnitřních algoritmů rozhodne, zdali cestu zruší ihned (viz Obrázek 12). (13)



Obrázek 12 Vývojový diagram funkce Zrušení neprojeté jízdní cesty před uplynutím dlouhého času rušení

Zdroj: autor s využitím (13)

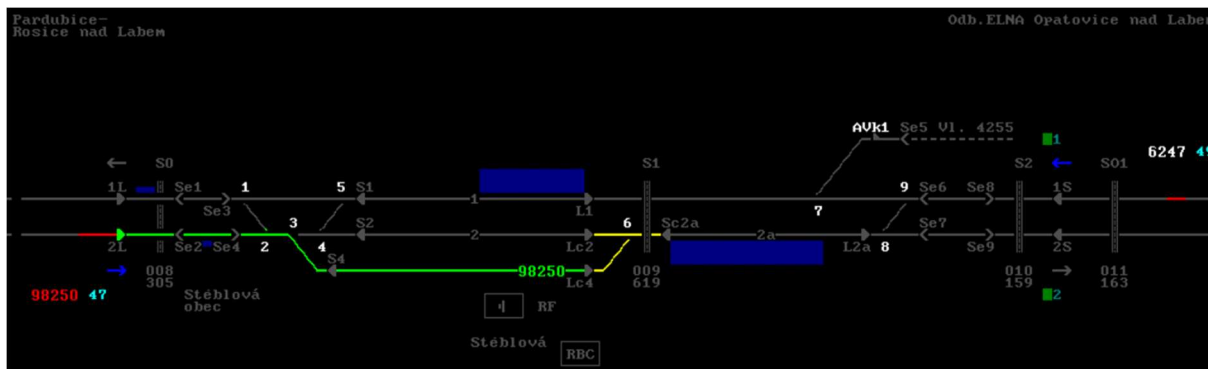
V současné době se tato funkce nikde nepoužívá a její uvedení do provozu je teprve v plánu, nicméně na podzim 2024 probíhalo její testování na železniční trati číslo 290 v úseku z Olomouce do Uničova. Tato funkce je schopná dispečerům a výpravčím usnadnit práci především v tom, že pokud udělají nějakou chybu anebo z nějakého jiného důvodu musí rušit vlakovou cestu před vlakem, tak tato chyba nemusí mít takové následky a zásadním způsobem nemusí omezovat železniční provoz, tak jako tomu bylo doposud (viz Kapitola 2.2), protože jak již bylo zmíněno 3 minuty a 22 sekund nejsou v železniční dopravě krátká doba. Za tento

čas se toho může odehrát opravdu hodně. Dispečer za tuto dobu může několikrát změnit své rozhodnutí, proto se dříve často stávalo, že se přes rušenou cestu stavěla nouzová cesta (PN), protože dříve nebylo možné znovu rozsvítit dovolující návěst, jestliže byla na návěstidle použita funkce RC. Bylo třeba vyčkat až na zrušení závěru a poté postavit cestu znovu, proto se často v těchto případech stavěly nesprávně nouzové cesty. Což se sice v roce 2022 zlepšilo příchodem funkce zrušení rušení JC, která umožňovala, použití funkce DN (dodatečná návěst) na návěstidle od, kterého se rušila vlaková cesta. Nicméně tato funkce měla efekt pouze v případě, že si dispečer rozmyslel rušení cesty, ale v případě, kdy potřeboval postavit cestu na jinou kolej, tak musel čekat již zmíněné 3 minuty a 22 sekund. Tuto situaci dokáže vyřešit právě až tato funkce, která je schopna vlakovou cestu zrušit mnohem dříve. (13)

2.1.2. Zrušení výluky protisměrné cesty a výluk cest v ochranné dráze VCP

Další z nových funkcí, u níž je plánováno brzké zavedení do provozu, je zrušení výluky protisměrné jízdní cesty, před uplynutím času výluky. Z této funkce budou profitovat především dispečerů velkých stanic, kde se často využívá jedna kolej pro více vlaků, jako je například Praha hl. n. nebo Hradec Králové hl. n. V současné chvíli totiž platí, že ve chvíli, kdy postavíme vlakovou cestu na staniční kolej, tak již není možné na stejnou kolej postavit vlakovou ani posunovou cestu z opačného směru. Je třeba vyčkat, až daný vlak cestu projede, obsadí staniční kolej a vyprší výluka protisměrných jízdních cest, teprve až poté je možné postavit na obsazenou staniční kolej cestu VCRP (vlakovou cestu dle rozhledových poměrů). Výluka protisměrných vlakových cest je na staniční koleji, proto aby se nemohlo stát, že na stejné koleji pojedou dva vlaky proti sobě. Nicméně tento čas může být v některých případech delší, než je skutečná doba, za kterou daný vlak na staniční koleji zastaví a pak tato výluka zbytečně blokuje postavení jízdní cesty z opačné strany, což může ve velkých stanicích dispečera omezovat. Toto by měla vyřešit právě nová funkce zrušení výluky protisměrné jízdní cesty, před uplynutím času výluky, kdy stavědlo se bude chovat stejně až do chvíle, obsazení staniční koleje vlakem. V tu chvíli se sice také začne odměřovat čas protisměrné výluky jízdních cest, ale ve chvíli, kdy vlak zastaví a stavědlo obdrží od RBC informaci, že vlak stojí, která ji získá od mobilní jednotky ETCS daného vlaku, tak stavědlo výluku protisměrných cest zruší. Poté bude možné na stejnou kolej postavit cestu VCRP z opačného směru. Jak již bylo zmíněno, tak tato funkce může být užitečná především pro dispečery velkých stanic, kdy dispečer, jakmile uvidí v kameře umístěné na nástupišti, že vlak zastavil, tak může okamžitě začít stavět cestu z opačného směru a nemusí čekat na doměření času protisměrné výluky, jejíž čas se dříve odměřoval pouze v rizikové stránce. (13)

Mezi nově zaváděné funkce, které mají za úkol zkrátit nějakou výluku, se řadí také funkce zrušení výluk ohrožených cest v ochranné dráze VCP před uplynutím času výluky. V současné době VCP cesta, funguje tak, že při jejím postavení se za ní žlutě vybarví oblast ochranné dráhy (viz Obrázek 13), přes kterou od té chvíle nelze postavit žádnou vlakovou cestu, která má rychlost vyšší jak 60 km/h. Cesta VCP má nenulovou uvolňovací rychlost, a tak dohled ETCS umožní vlaku dojet co nejbližší k návěstidlu konce cesty. Tím je vytvořen předpoklad, že se vlak na staniční kolej vejde celý. Z tohoto důvodu se tato cesta nejčastěji používá, pro těžké a dlouhé nákladní vlaky. Pro zajištění bezpečnosti je třeba ve chvíli, kdy vlak obsadí staniční kolej, začít odměřovat výluku ohrožených cest, což jsou všechny jízdní cesty, které zasahují do této ochranné dráhy a mají v závěrové tabulce uvedenou rychlost vyšší jak 60 km/h. Až po odměření času a zrušení výluky je možné přes ochrannou dráhu postavit jízdní cestu s vyšší rychlostí než 60 km/h. Jako v případě předchozí funkce, může být čas, za který vlak zastaví mnohem kratší než čas výluky. Z toho důvodu, stejně jako u předchozí funkce, se ve chvíli, kdy vlak obsadí staniční kolej, sice začne odměřovat čas výluky, ale jakmile stavědlo dostane informaci, že vlak bezpečně stojí, výluka se zruší. Na práci dispečera, bude mít tato funkce velice podobný dopad jako funkce předchozí, tedy že nebude potřeba čekat na zrušení výluky, která již může být zbytečná, což by mělo zlepšit plynulost provozu. (13)



Obrázek 13 Vlaková cesta s ochrannou dráhou (VCP)

Zdroj: JOP ESA 55

2.1.3. Nouzová vlaková cesta

Mezi nové funkce, které jsou v současné době připravovány, se řadí také funkce Nouzové vlakové cesty. Tato funkce si klade za cíl, alespoň částečně zvýšit bezpečnost přivolávací návěsti tím, že se nově budou dohlížet vybrané podmínky a strojvedoucí nebude muset volit na displeji mobilní části funkci Override (viz Obrázek 15 vpravo). Přivolávací návěst (PN) má dvě možnosti obsluhy, první z nich je cestová PN na danou kolej (viz Obrázek 14), kdy obsluha zvolí na návěstidle počátku cesty funkci PN a vybere požadovanou kolej. Při této obsluze se na

2.1.4. Přenos návěstí pro elektrický provoz a informace o napět'ové výluce

Poslední dvě rozebírané nové funkce jsou přenos návěstí pro elektrický provoz a přenos informace o napět'ových výlukách. Obě funkce budou užitečné především strojvedoucím, pro dispečera se toho mnoho nezmění. První zmíněná funkce, tedy přenos návěstí pro elektrický provoz, jak již z názvu vyplývá, bude strojvedoucímu přenášet na monitor mobilní části ETCS informace o návěstech pro elektrický provoz (viz Obrázek 15). Konkrétně se bude jednat o tyto návěsti: stáhni sběrač, vypni hlavní vypínač, zákaz rekuperace, vypni trakční odběr a změna napět'ové soustavy. V současné době jsou tyto návěsti návěstěny pouze návěstidly na trati, jak proměnnými, tak neproměnnými. Po zavedení této nové funkce by se již na tratích s ETCS tyto návěstidla teoreticky nemusely instalovat, protože vše potřebné se bude strojvedoucímu zobrazovat přímo na lokomotivě. Celé to bude fungovat, tak že neproměnné návěsti budou mít přesně stanovenou polohu, kde se mají zobrazovat a proměnné návěsti se budou zobrazovat ve chvíli, kdy o tom RBC dostane informaci od stavědla, které ji získá přímo z měřírny. (13)

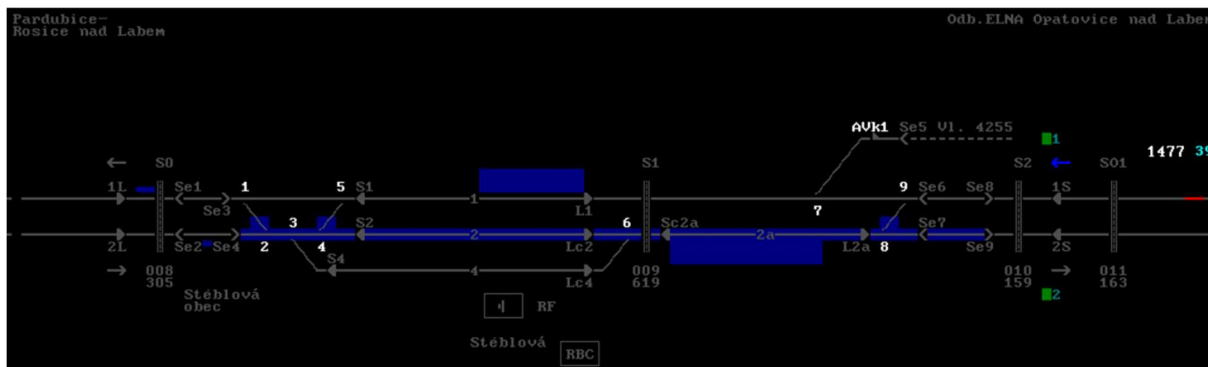


Obrázek 15 Monitor mobilní části ETCS (DMI)

Zdroj: (11), upraveno autorem

Druhá zmíněná funkce, kterou je přenos informace o napět'ových výlukách, bude fungovat na obdobném principu jako funkce přenos návěstí pro elektrický provoz. Informace se budou strojvedoucímu zobrazovat na stejném místě, ale nebude to na základě pevně daných návěstí nebo informací od elektrických měřírny, ale na základě výluky zadané dispečerem. Již v současné době platí, že dispečer může na daném úseku zavést napět'ovou výlukou použitím funkce NVL (viz Obrázek 16), nicméně po zavedení této funkce se o výluce strojvedoucí nějak automatizovaně nedozví. Což by se mělo změnit, protože nově bude po zavedení této funkce,

dostupná i funkce AktNV (Aktivace napěťové výluky), která ji, jak již z názvu vyplývá, aktivuje v ETCS a vlakům se začnou odesílat informace o zavedené napěťové výluce. Logicky bude existovat i funkce DeaNV, která danou výlukou pro ETCS deaktivuje a pro úplné zrušení výluky bude potřeba použít funkci zrušení napěťové výluky. Tato funkce by měla fungovat na podobném principu jako pomalé jízdy, tedy že použitím funkce NVL se napěťová výluce pouze zavede, ale k její aktivaci dojde až po použití funkce AktNV a stejným způsobem se funkce bude chovat i při deaktivaci napěťové výluky. (13)



Obrázek 16 Zavedená napěťová výluce

Zdroj: JOP ESA 55

2.2. Rozbor archivů z elektronických stavědel

V této kapitole se autor práce zaměří na rozbor archivů z elektronických stavědel AŽD Praha s.r.o. typu ESA z různých stanic po celé České republice (viz Tabulka 1). Časový úsek, ze kterého byly rozborů provedeny byl zvolen na listopad 2024, všechna data uvedená v tabulkách níže jsou souhrnná za celý měsíc. V rozbořech se uvažovaly pouze vlakové cesty, ty mají v případě obsazení úseku úplného závěru nastavenou dobu rušení na 3 minuty a 22 sekund a v případě vjezdové cesty a neobsazeném rozhodném úseku 22 sekund.

Pro rozbor byla zvolena nová funkce zrušení neprojeté jízdní cesty při obsazeném úseku úplného závěru před uplynutí doby 3 min. a 22 sec. V archivech elektronických stavědel byly zkoumány všechny situace za daný měsíc, ve kterých byla použita funkce RC (rušení cesty), tuto hodnotu udává druhý sloupec v Tabulce 1. U každého výskytu funkce RC bylo zkoumáno, zdali se ve vybrané situaci blíží k danému návěstidlu vlak, pokud se k danému návěstidlu žádný vlak neblížil, pak se nic dalšího neověřovalo. Tato situace se nejvíce vyskytovala ve stanicích ležících na koridorové trati, v tomto případě se jednalo o především o Poříčany – odb. Tatce a Přelouč, protože v těchto stanicích se často používá funkce AB (automaticky stavěná vlaková cesta). Funguje takovým způsobem, že pokud je zavedena na návěstidle počátku cesty, tak po projetí této cesty se tato cesta sama postaví znovu. Dalo by se říct, že tato funkce vytvoří ze

stanice v podstatě automatický blok a dokáže být dispečerům hodně užitečná například v noci, kdy se v menších stanicích jezdí téměř výhradně po přímé koleji. Nicméně ve zmíněných stanicích se vyskytovaly situace, kdy byly právě tyto cesty často rušeny. Pokud nastala situace, že při zadání RC se k návestidlu blížil vlak, pak bylo zkoumáno, na jakém úseku se daný vlak nachází a zdali již obsadil rozhodný úsek úplného závěru zkoumané jízdní cesty nebo nikoli. V případě, že ano, pak byla tato situace započítána do posledního sloupce v Tabulce 1.

Tabulka 1 Výsledky rozboru archivů z elektronických stavědel

železniční stanice	celkový počet vlakových cest	celkový počet rušených cest	počet rušených cest s obsazeným úsekem úplného závěru JC
Blansko	14 599	71	6
Adamov	10 692	97	6
Mariánské Lázně	5 660	113	4
Poříčany – odb. Tatce	21 476	420	11
Přelouč	19 995	299	21
Uničov – Újezd u Uničova	7 311	25	6
Štemberk – Bohuňovice	10 193	93	5

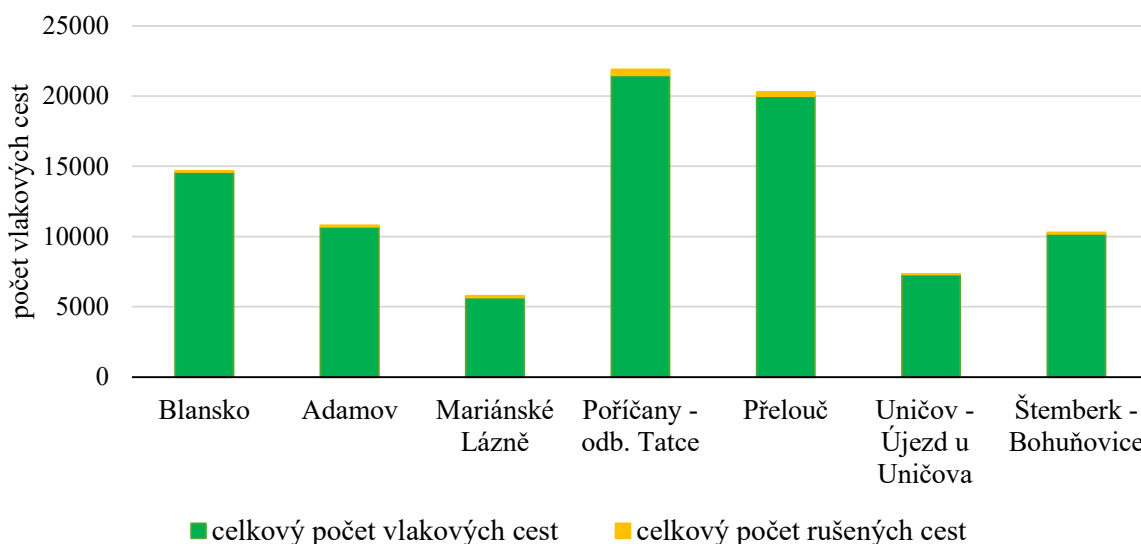
Zdroj: autor na podkladě (14)

Tabulka 2 Procentuální vyjádření rozboru archivů

železniční stanice	rušené jízdní cesty z celkového počtu JC	rušené jízdní cesty s obsazeným úsekem upl. zav. z celkového počtu rušených cest
Blansko	0,49 %	8,45 %
Adamov	0,91 %	6,19 %
Mariánské Lázně	2,00 %	3,54 %
Poříčany – odb. Tatce	1,96 %	2,62 %
Přelouč	1,50 %	7,02 %
Uničov – Újezd u Uničova	0,34 %	24,00 %
Štemberk – Bohuňovice	0,91 %	5,38 %

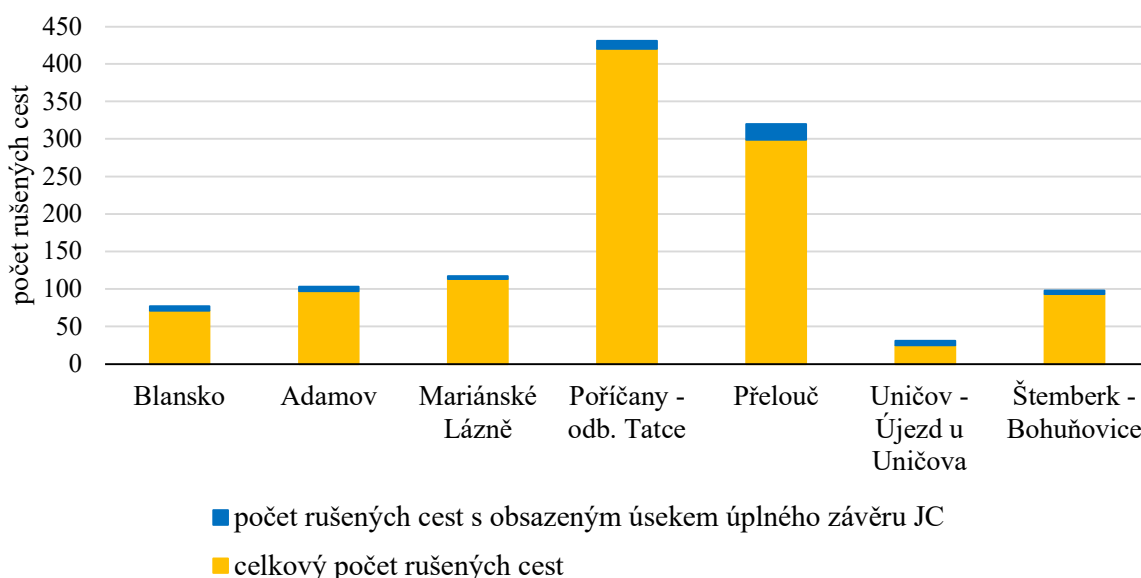
Zdroj: autor na podkladě (14)

První z grafů (Obrázek 17) zobrazuje počet rušených vlakových cest z celkového počtu postavených cest. Při pohledu na graf je patrné, že ve všech stanicích je procento rušených cest vzhledem k postaveným cestám mizivé, z toho důvodu se autor domnívá, že po zavedení této funkce do provozu nedojde k nějakému výraznému navýšení kapacity. Tato nová funkce by měla posloužit spíše dispečerům, protože již samotná funkce RC je brána jako chybná obsluha a tato funkce by měla tedy pouze zmírnit následky případné chybné obsluhy.



Obrázek 17 Graf zobrazující poměr rušených cest a vlakových cest celkem

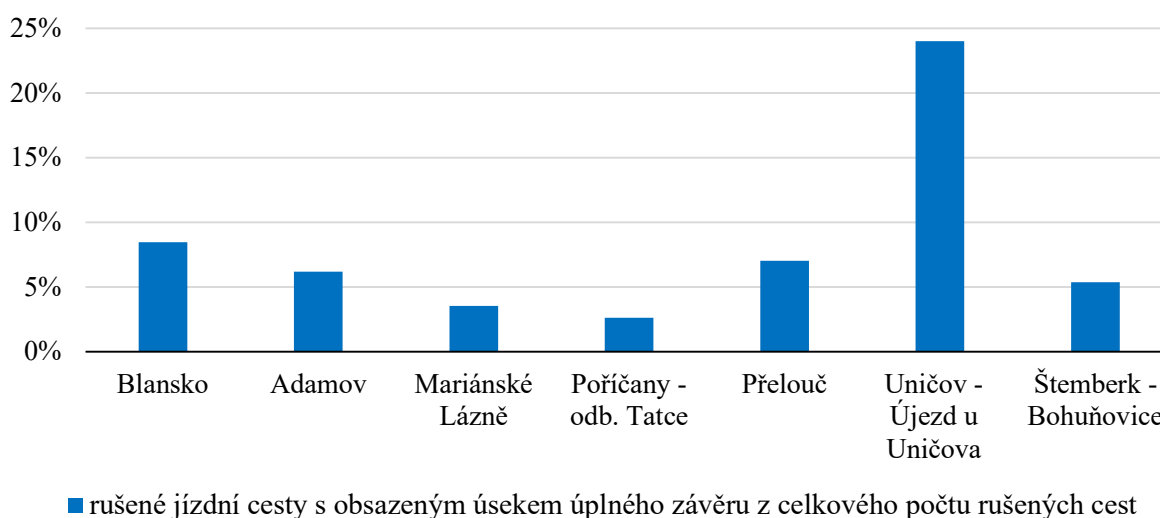
Zdroj: autor na podkladě (14)



Obrázek 18 Graf zobrazující počet rušených cest s obsazeným úsekem úplného závěru z celkového počtu rušených cest

Zdroj: autor na podkladě (14)

Druhý (Obrázek 18) a třetí (Obrázek 19) graf zobrazují případy ve, kterých by se tato nová funkce využila. Druhý ukazuje počet RC s obsazeným úsekem úplného závěru v poměru se všemi RC a třetí ukazuje tuto hodnotu procentuálně. Při pohledu na druhý graf je zřejmé, že těchto případů v provozu opravdu nenastává mnoho. Například ve stavědle Poříčany – odb. Tatce bylo rušeno 424 vlakových cest z celkového počtu 21 423 cest a z těchto 424 případů by se tato funkce využila v 11 případech, což nejsou ani 3 %. Nicméně při pohledu na třetí graf, je možno si všimnout, že stavědlo Uničov až Újezd u Uničova se zcela vymyká. Procento případů RC s obsazeným úsekem úplného závěru zde dokonce dosahuje 24 %. Což je dle autora práce způsobeno především nízkým počtem rušených cest, přičemž funkce RC byla v tomto stavědle použita pouze dvacet pětkrát za celý měsíc a v šesti případech byl již obsazen úsek úplného závěru. Navíc z těchto 6 případů bylo u třech RC použito z důvodu poruchy přejezdu a v ostatních případech z důvodu změny dopravní situace. Kdyby se tedy nepočítali poruchy přejezdů, tak by toto procento bylo poloviční.



Obrázek 19 Graf zobrazující počet RC s obsazeným úsekem úplného závěru JC

Zdroj: autor na podkladě (14)

Závěrem lze říci, že zavedením této funkce, nedojde k nějakému zásadnímu navýšení kapacity dráhy, což jednoznačně vyplývá z uvedených dat, protože procento rušených vlakových cest z celkového počtu vlakových cest je ve všech zkoumaných stanicích mizivé. Nicméně to tato funkce ani za cíl nemá, protože již samotné použití funkce RC je bráno jako chybná obsluha a počet těchto případů by měl být co nejnižší. Jak se v rozbořech ukázalo, v žádné ze zkoumaných stanic nepřesahuje procento rušených vlakových cest hodnotu 2 %. I z toho vyplývá, že ke změně dojde pouze z pohledu dispečera, a to především v situacích, kdy nastane náhlá změna dopravní situace, anebo dojde k pochybení dispečera. Právě tyto situace budou mít mnohem nižší dopad na zpoždění, než tomu bylo doposud.

3 ANALÝZA MOŽNÉHO BUDOUCÍHO ROZVOJE

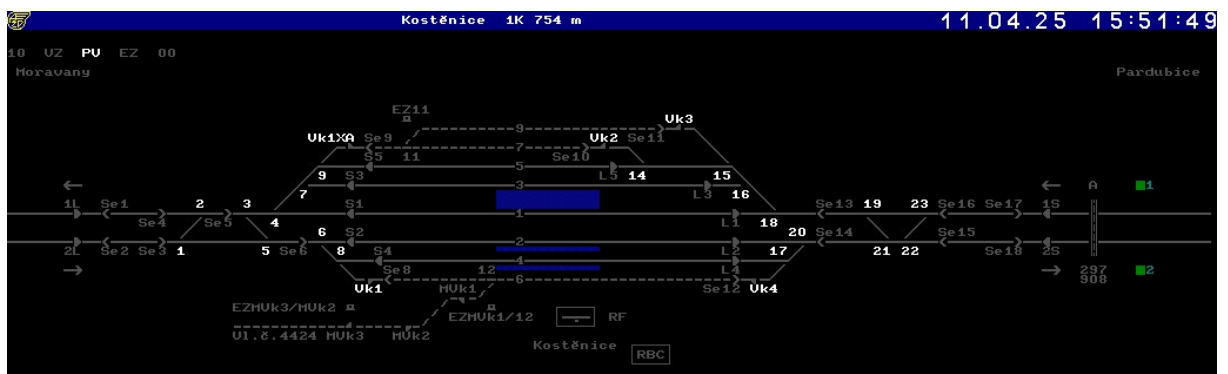
V této kapitole se autor zaměří na rozbor možných nových funkcí, které v současné době nejsou připravovány, nebo je jejich uvedení do provozu v dohledné době nereálné. Zde zmíněné nové funkce, byly vybírány na základě konzultace s dispečery Správy železnic s. o. z Centrálního dispečerského pracoviště Praha. Konkrétně se jedná o tyto nové funkcionality:

- Zobrazení skutečné užitečné délky staniční koleje s ETCS
- Zjednodušení zadávání výluky ETCS
- Optimalizace přibližovací doby přejezdu

3.1. Zobrazení skutečné užitečné délky staniční koleje s ETCS

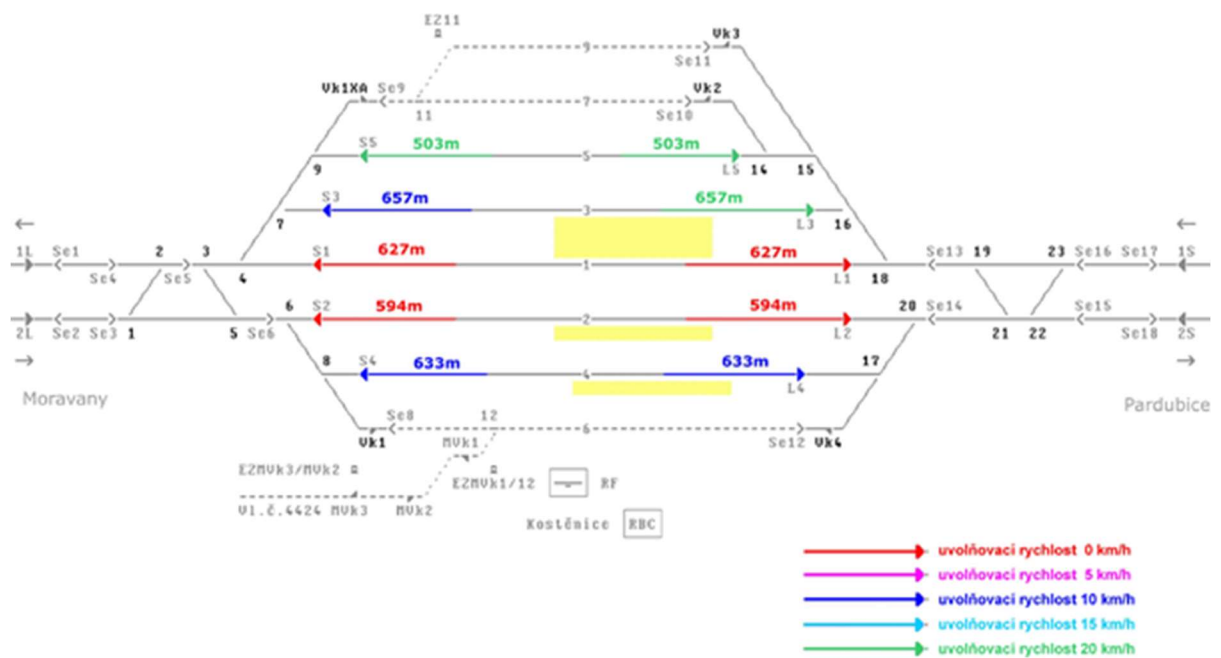
První z možných nových funkcí, která by byla pro dispečery užitečná, je zobrazení skutečné užitečné délky staniční koleje s ETCS. Ve stanicích vybavených systémem ETCS může totiž být skutečná užitečná délka koleje, až o 150 m kratší, což rozhodně není zanedbatelná vzdálenost a může to dispečerům působit zbytečné problémy. Právě systém generování brzdných křivek v ETCS způsobuje, že dochází ke zkracování užitečné délky kolejí. Jeden z důvodů, proč dochází ke zkracování užitečné délky staničních kolejí je odchylka v odometrickém měření ujeté vzdálenosti Dopplerovým radarem. Mobilní část systému na lokomotivě si svoji přesnou polohu určuje dle balíz umístěných na trati a dle Dopplerova radaru, který je umístěn na lokomotivě. Celé to funguje tak, že při načtení balízy lokomotivou si mobilní část svoji polohu upřesní a poté svoji polohu určuje podle ujeté vzdálenosti od dané balízy, a právě tato vzdálenost je přeměřena Dopplerovým radarem, nicméně při tomto měření vzniká odchylka, která se s ujetou vzdáleností od poslední načtené balízy zvětšuje, a proto není vlak schopen určit na metr přesně, kde se nachází. Ve chvíli, kdy se vlak blíží ke konci vydaného MA (k návěsti zakazující jízdu), tak z důvodu této odchylky ho ETCS nutí zastavit ještě nějakou vzdálenost před návěstidlem. Tato vzdálenost se odvíjí od velikosti dané odchylky, která závisí na ujeté vzdálenosti od poslední načtené balízy, lze tedy říct, že čím je menší ujetá vzdálenost od poslední balízy, tím blíže k návěstidlu ETCS vlak pustí. Z těchto důvodů začala v České republice Správa železnic s. o. umisťovat balízy i doprostřed staničních kolejí. Právě proto, aby odchylka Dopplerova radaru byla před návěstidlem konce cesty co nejmenší a vlak tak mohl dojet co nejblíže návěstidlu. Další věc, která ovlivňuje zkracování staničních kolejí, jsou tzv. uvolňovací rychlosti (viz Obrázek 21). Uvolňovací rychlost je rychlost, při které ETCS již nedohlídí konec vydaného MA a umožní tak vlaku dojet touto rychlostí co nejblíže k návěstidlu. Velikost této rychlosti ovlivňuje především ochranná dráha za cestou, protože musí platit,

že pokud vlak projede návěstidlo s návěstí zakazující jízdu uvolňovací rychlostí, tak systém musí být schopen jej v ochranné dráze bezpečně zastavit. Důvodem je, aby se zajistilo, že nevjede do postavené vlakové cesty jinému vlaku. Pokud tedy bude uvolňovací rychlost 20 km/h, pak bude systém strojvedoucího nutit brzdit pouze do této rychlosti a tím pádem bude vlak schopen zastavit blíže návěstidlu než v situaci, kdy bude uvolňovací rychlost 0 km/h, kde systém bude nutit strojvedoucího zastavit na nějakou vzdálenost před návěstidlem, kdy tato vzdálenost bude ovlivněna již zmíněnou odchylkou Dopplerova radaru. Z tohoto důvodu se může stát, že skutečná užitná délka koleje bude na stejné koleji v obou směrech odlišná, protože v každém směru bude jiná uvolňovací rychlost. V současné době elektronická stavědla při najetí kurzoru na danou staniční kolej zobrazují její délku (viz modrá lišta na Obrázku 20). Nicméně se jedná pouze o fyzickou vzdálenost od návěstidla k návěstidlu a již se nepočítá s tím, že ETCS tuto délku zkracuje. Toto je vidět i na uvedeném příkladu, kdy na Obrázku 20 lze vidět, že zařízení ukazuje nahoře v modré liště délku první staniční koleje 754 m, ale při pohledu na Obrázek 21 si lze všimnout, že zde je délka první staniční koleje pouze 627 m. V tomto případě nám tedy vzniká rozdíl 127 m, což rozhodně není zanedbatelná vzdálenost, která může ovlivnit, zda se daný vlak na tuto kolej vejde či nikoli. (13, 15)



Obrázek 20 Zobrazení údajů o koleji na zařízení typu ESA od výrobce AŽD Praha s.r.o.
Zdroj: JOP ESA 55

Dle názoru autora práce by se dal problém se zmiňovaným rozdílem délek poměrně snadno vyřešit zavedením této nové funkcionality, která by spočívala právě v zobrazení skutečných užitných délek staničních kolejí s ETCS na monitor JOP. Autor by tedy navrhoval, aby se stávající zobrazení délky staniční koleje ještě rozšířilo a hodnotu délky s ETCS v obou směrech. Stávající zobrazení, které ukazuje vzdálenost od návěstidla k návěstidlu (od S1 k L1 na Obrázku 20) by se zachovalo a pouze by k němu přibýly z každé strany užitné délky kolejí s ETCS pro oba směry. Po této úpravě by zobrazení JOP mohlo vypadat například takto: Kostěnice 1K 627 m | 754 m | 627m. (13, 15)



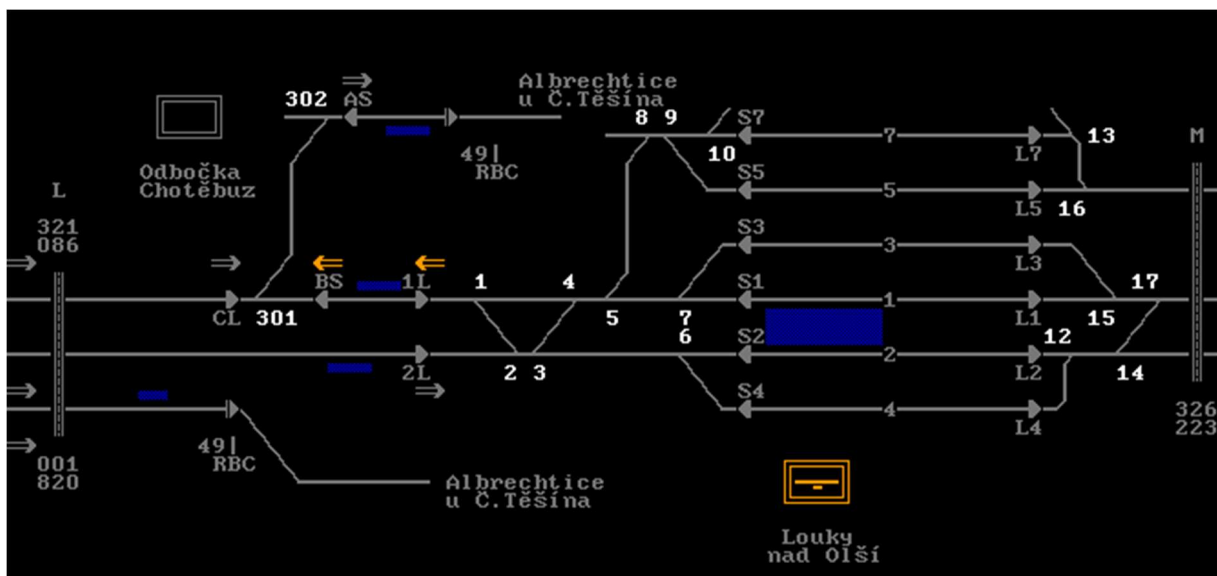
Obrázek 21 Uvolňovací rychlosti a skutečné užité délky kolejí ve stanici Kostelnice
Zdroj: (15)

Tato funkce by byla užitečná především pro dispečery na koridorových tratích, kde se jezdí právě pod ETCS a jezdí zde i dlouhé nákladní vlaky. Především u těchto vlaků může rozdíl užité délky, byť jen několika metrů způsobit, že se vlak na staniční kolej nevejde. Jak bylo vidět i v modelovém případě, tak rozdíl těchto délek může být i přes 100 m. Což dispečerům komplikuje práci, protože skutečnou délku užité koleje s ETCS zjistí pouze ze schématu, které mají před sebou (viz Obrázek 21). Pokud dispečer řídí více stanic, tak pak musí v těchto schématech listovat a hledat konkrétní stanici, což by se dalo vyřešit právě touto novou funkcí, která by mu všechny délky zobrazila přehledně na monitoru JOP.

3.2. Zjednodušení zadávání výluky ETCS

Další z možných nových funkcí je Zjednodušení zadávání výluky ETCS. V současné době je zadání výluky ETCS poměrně složitý proces a jeho zjednodušení se tak nabízí. Aktuálně se zadání výluky provádí ve dvou krocích, nejprve musí obsluha zadat předběžnou výluku povelom PEVYL a poté až povel DEVYL zadá definitivní výluky ETCS. Předběžná výluka (viz Obrázek 22) způsobí to, že každý další vlak, který se bude blížit do vyloučeného úseku, bude muset zpomalit na 100 km/h a přepnout se do módu národního vlakového zabezpečovače, k čemuž ho nutí mobilní část systému. Nicméně v současném stavu nastává problém ve chvíli, kdy obsluha zadá povel PEVYL a k danému úseku se již blíží vlak vyšší rychlostí než 100 km/h a je již na tolik blízko, že nestihne zpomalit na zmiňovaných 100 km/h nebo pokud se vlak již v daném úseku nachází. V obou těchto případech dojde k nouzovému zastavení vlaku, ať už se

jedná o výluku stanice, traťové koleje, nebo celého úseku pod danou RBC. Z toho důvodu si obsluha musí dávat pozor, aby při se zadání tohoto povelu v úseku nenacházel žádný vlak nebo se k němu neblížil. Právě to může být problém především na koridorových tratích, kde je vysoká frekvence vlaků. Obdobný problém nastává i při přechodu z předběžné výluky na definitivní (viz Obrázek 23). V tomto případě je potřeba, aby v daném úseku nebyl do RBC přihlášen žádný vlak. Projíždět vyloučeným úsekem v ETCS vlaky i nadále mohou, nicméně musí být v módu národního vlakového zabezpečovače. Pokud by zde byl vlak v módu FS nebo OS, došlo by na tomto vlaku k zaúčinkování nouzové brzdy. Tedy i v případě zadání definitivní výluky si dispečer musí hlídat vlaky v daném úseku a ověřit, zda se v daném úseku nenachází vlak pod ETCS. Což se mu sice zobrazí v rizikové stránce, nicméně výluku zadává na pokyn dispečera ETCS dispečer železniční dopravní cesty. Celý proces tedy ještě komplikuje komunikace mezi těmito dispečery, protože dispečer železniční dopravní cesty nemá přehled o situaci na trati a pouze tedy na pokyn dispečera ETCS zadá výluku. (13, 15)

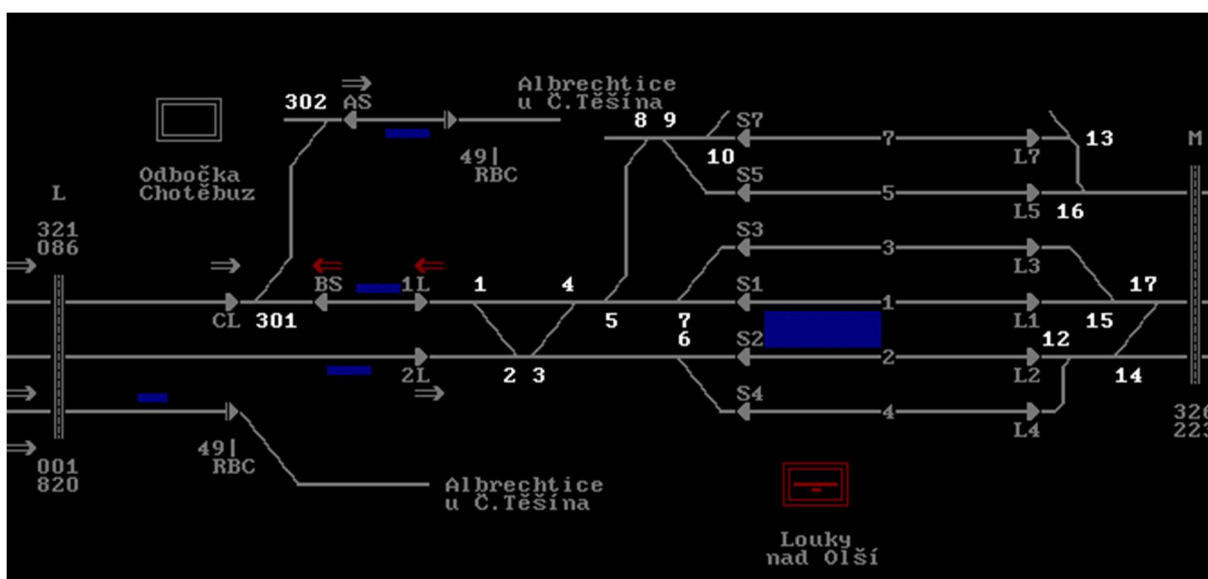


Obrázek 22 Zadaná předběžná výluky ETCS na zařízení AŽD ESA 55

Zdroj: JOP ETCS ESA 55

Dle názoru autora by neměl být velký problém celý tento proces zjednodušit a to tak, že výluky ETCS by mohl zadávat i dispečer ETCS. Čímž by odpadla komunikace mezi tímto dispečerem a dispečerem železniční dopravní cesty a povely na zadání předběžné a definitivní výluky by se zrušily a vznikl by nový povel, který by zavedl předběžnou a následně definitivní výluky automaticky. Fungovalo by to tedy tak, že po zadání povelu na zavedení výluky by se nejdříve zavedla předběžná výluky. Což by způsobilo, že všechny vlaky blízkí se nebo projíždějící tímto úsekem, by byly automaticky nuceni zpomalit na rychlost 100 km/h a nedošlo

by k jejich okamžitému zastavení, tak jako tomu je v současné době. Nicméně na toto zpomalení by měly pouze určitý čas, který by závisel na rychlosti daného vlaku a pokud by to za tento stanovený čas nestihly, došlo by k nouzovému zastavení vlaku. Současně by to také způsobilo, že vlaky blížící se k dotčenému úseku by se krom zpomalení i přepnuly do módu národního vlakového zabezpečovače. Tyto kroky by měly způsobit, že se po pár minutách nebude v dotčeném úseku nacházet žádný vlak jedoucí pod ETCS. V tento moment by systém automaticky zavedl definitivní výlukou. Automatizace celého procesu by měla způsobit, že dojde ke snížení počtu situací, kdy kvůli zavádění výluky musí vlaky zastavovat. (13, 15)



Obrázek 23 Zadaná definitivní výlukou ETCS na zařízení AŽD ESA 55

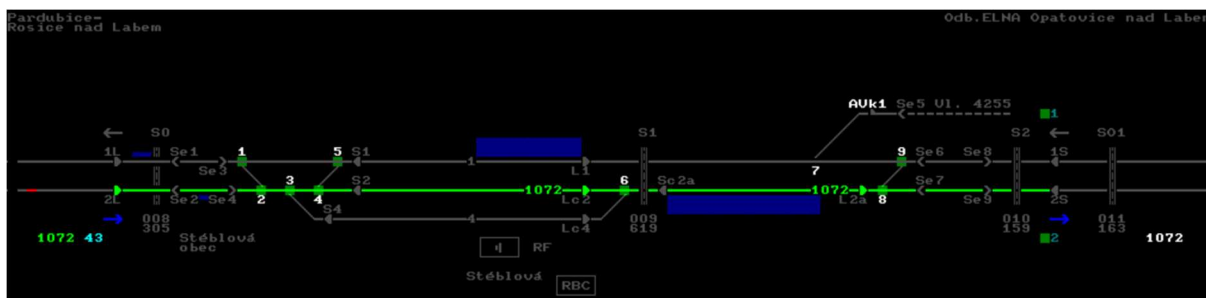
Zdroj: JOP ETCS ESA 55

Tato funkce by byla užitečná především pro dispečera ETCS. Ten by nově nemusel komunikovat s dispečerem železniční dopravní cesty a nemusel by také hlídat polohy jednotlivých vlaků jako tomu je v současné době. Pouze zadá výlukou a systém si již sám pohlídá, aby všechny vlaky zpomalily na 100 km/h a zároveň, aby se v době, kdy se automaticky aktivuje definitivní výlukou, již v daném úseku nenacházel žádný vlak jedoucí pod dohledem ETCS.

3.3. Optimalizace přibližovací doby přejezdu

Poslední z možných nových funkcí, kterou zde autor rozebere je Optimalizace přibližovací doby přejezdu. Přejezdy patří na železnici mezi nejkritičtější místa, a proto je třeba při jejich úpravě brát ohled především na bezpečnost. Což je také bezesporu jeden z důvodů, proč se o této nové funkci mluví již několik let, nicméně její implementace je v současné době v nedohlednu. Dalším důvodem, proč tato funkce již není implementována, může být i její

složitost, kdy je potřeba ošetřit veškeré scénáře, které mohou nastat tak, aby byla zajištěna 100% bezpečnost. Celý problém spočívá v tom, že v současné době mají všechny přejezdy vytvořenou závěrovou tabulku pouze pro maximální traťovou rychlost. To znamená, že přibližovací úsek přejezdu je přizpůsoben tak, aby při jízdě vlaku maximální traťovou rychlostí přejezd spustil výstrahu s dostatečným předstihem. Jenomže ne všechny vlaky jezdí vždy maximální traťovou rychlostí. Například nákladní vlaky mají většinou maximální rychlost 100 km/h nebo osobní vlaky, které často zastavují, také v některých úsecích nemusí dosáhnout maximální traťové rychlosti. Nicméně přejezd se vždy zavírá stejně, nehledě na rychlost daného vlaku, což způsobuje, že v některých situacích se výstraha spustí zbytečně brzo a blokuje tak silniční dopravu. Stejná je i situace na Obrázku 24, kdy vlak číslo 1072 se nachází na přibližovacím úseku přejezdu S0 a již na něm spustil výstrahu. Nicméně maximální rychlost tohoto vlaku je 120 km/h a traťová rychlost je na tomto úseku 160 km/h podle které je i stanoven přibližovací úsek. Což znamená, že k uzavření přejezdu dojde zbytečně brzo. (13)



Obrázek 24 Blížící se vlak k přejezdovému zabezpečovacímu zařízení

Zdroj: JOP ESA 55

Právě čekání na přejezdech v takovýchto situacích by měla zkrátit tato funkce. Celé by to mělo fungovat tak, že každý přejezd by měl více závěrových tabulek pro různé rychlosti, například na rychlosti 100, 120 a 160 km/h. Pokud by se k přejezdu blížil vlak, tak na základě maximální rychlosti daného vlaku by se vybrala závěrová tabulka, podle které by se přejezd v dané situaci řídil. Což by sice pomohlo v situaci na Obrázku 24, ale například v případě, kdy se mezi přibližovacím úsekem a přejezdem nachází zastávka, by se nezměnilo v podstatě nic. Silniční doprava by musela vyčkat, než vlak zastaví a zase se rozjede, i když se přejezd uzavřel jako by vlak projížděl maximální rychlostí. V některých situacích by se tedy nic nezměnilo, ale rozhodně by se daly najít situace, kde by došlo ke zkrácení čekací doby na přejezdu pro silniční dopravu, tak jako tomu je na Obrázku 24. Nicméně v současné době ještě není jisté, jak bude tato funkce přesně fungovat, protože je aktuálně ve vývoji. Zavedením této funkce by se pro dispečera nezměnilo téměř nic. Ke změně by došlo především z pohledu silniční dopravy. (13)

ZÁVĚR

Jelikož téma této práce úzce souvisí s elektronickými stavědly a systémem ETCS, byl v první kapitole proveden jejich rozbor. U elektronických stavědel se autor zaměřil na základní principy jejich fungování a komunikaci celého zařízení s obsluhou. Stavědla byla také porovnávána mezi sebou, a to jak z pohledu technického řešení, tak především z pohledu obsluhujícího zaměstnance. Dále byl v této kapitole rozebrán systém ETCS, a to jak z pohledu jeho technického fungování, tak z pohledu jeho celkového vlivu na železniční provoz.

V druhé kapitole se autor práce zaměřil na analýzu aktuálně zaváděných a vyvíjených nových funkcí pro elektronické stavědlo AŽD ESA. U každé funkce byl popsán současný stav daného problému a důvod implementace této funkce. Dále analýza obsahovala možné řešení tohoto problému v podobě nové funkce. Byl zde také popsán vliv této funkce na železniční provoz, ale především vliv na práci dispečera provozovatele dráhy. Autor také udělal rozbor konkrétních dopravních situací, kde zkoumal vliv vybrané nové funkce na železniční provoz. Výsledky tohoto rozboru byly prezentovány v tabulkách a grafech.

V poslední kapitole byla provedena analýza možného rozvoje těchto funkcí, kdy na základě konzultace s dispečery Správy železnic s. o. byly vybrány možné nové funkce k rozboru. Jedná se o nové návrhy funkcí nebo o funkce, o kterých se již v současné době uvažuje, nicméně nelze v brzké době očekávat jejich implementaci do elektronických stavědel. Rozbor těchto funkcí byl proveden stejným způsobem jako ve druhé kapitole.

Analýza ve druhé a třetí kapitole ukázala, že tyto nové funkce mohou být dispečerovi provozovatele dráhy užitečné nejen při rozhodovacích procesech. Mohou také zkrátit některé procesy pouze na nezbytně dlouhou dobu (např. některé výluky) a tím zvýšit plynulost železničního provozu. Rozhodně se tedy jedná o nezanedbatelný pokrok v automatizaci železnice. Nicméně stále je třeba mít na paměti, že bezpečnost je vždy na prvním místě.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) AŽD Praha (2025). *StationSwing ESA 44*. AŽD Praha, [online; cit. 2025-01-23]. Dostupné z: <https://www.azd.cz/admin-data/storage/get/1207->
- (2) Starmon (verze 1.0). *Popis elektronického stavědla K-2002*. Starmon [online; cit. 2025-01-23]. Dostupné z: https://www.starmon.cz/assets/doc/k2002_popis.pdf
- (3) Západočeská Univerzita v Plzni (2016). *Místní a dálkové ovládání Starmon*. Západočeská Univerzita v Plzni [online; cit. 2025-02-14]. Dostupné z: <https://www.fel.zcu.cz/rest/cmisis/document/workspace://SpacesStore/d391f4cd-656b-4663-a52e-cb41e879890b;1.0/content>
- (4) Siemens Mobility (2025). *Interlocking systems*. Siemens Mobility, [online; cit. 2025-02-17]. Dostupné z: <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rail-infrastructure/mainline/interlocking-systems.html>
- (5) SCRIBD (2005). *SIMIS W system description*. SCRIBD, [online; cit. 2025-02-17]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/document/706324968/SIMIS-W-TSpec-Architectura-Siemens>
- (6) ŽSR (2018). *Funkčné a technické požiadavky pre zavedenie centier riadenia dopravy a diaľkovo ovládaných tratí na sieti ŽSR*.
- (7) Správa železnic (2025). *Co je to ETCS*. Správa železnic, [online; cit. 2025-02-27]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/digitalizace/etcs/obecne-informace>
- (8) Ministerstvo dopravy (2025). *Národní implementační plán ERTMS*. Ministerstvo dopravy, [online; cit. 2025-02-27]. Dostupné z: [https://md.gov.cz/Dokumenty/Drazni-doprava/Zeleznicni-infrastruktura/Narodni-implementacni-plan-ERTMS-\(2024\)](https://md.gov.cz/Dokumenty/Drazni-doprava/Zeleznicni-infrastruktura/Narodni-implementacni-plan-ERTMS-(2024))
- (9) Správa železnic (2025). *ETCS – obecné informace*. Správa železnic, [online; cit. 2025-02-27]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/digitalizace/etcs>
- (10) Správa železnic (2025). *Fungování ETCS*. Správa železnic, [online; cit. 2025-02-27]. Dostupné z: <https://etcsinfo.cz/fungovani-etcs>

- (11) Správa železnic (2025). *Princip fungování systému ETCS*. Správa železnic, [online; cit. 2025-02-27]. Dostupné z:
<https://www.spravazeleznic.cz/digitalizace/etcs/princip-fungovani-systemu>
- (12) AŽD Praha (2024). *Návod na obsluhu RBC ETCS*, revize 0.11, platná od 27.9.2024.
- (13) Konzultace s Ing. Lubomírem Macháčkem z AŽD Praha s.r.o.
- (14) Archivy elektronických stavědel AŽD ESA
- (15) Konzultace s dispečery Správy železnic s. o. z CDP Praha