



# Systemy a aplikace pro řízení železniční dopravy

Výběrová přednáška na FI MU Brno, 5.V.2016

Ing. Mgr. David Krásenský

# Systemy a aplikace pro řízení železniční dopravy

- I. **Železnice: dopravní systém 19. nebo 21. století?**
- II. Systemy pro řízení železničního provozu
- III. Zabezpečovací a diagnostická technika



# 1a) Železnice 19. století...?

- vysoký podíl mechanických nebo elektro-mechanických systémů (komponent)
- přenos informací „PPP“ = Pencil, Paper, Phone



- těžkopádné, vysoká personální náročnost
- riziko zavlečení chyb
- nízká flexibilita
- vysoké náklady na „hardware“

## Ib) Železnice 21. století

- vysokorychlostní vozidla, automatizace provozu...
- vysoký podíl elektroniky pro řízení a diagnostiku
- integrované ICT systémy pro plánování a řízení dopravy



- snížení personální náročnosti
- bezchybné dálkové řízení
- (-) náročnější údržba
- (-) vysoké nároky na přenosové kapacity
- (-) zranitelnost při výpadku

## Ic) Vozidla v 21. století

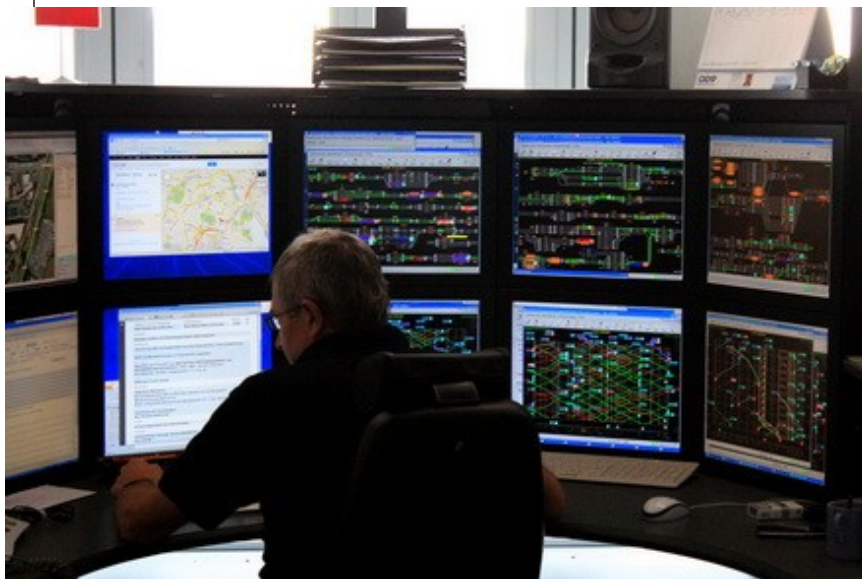
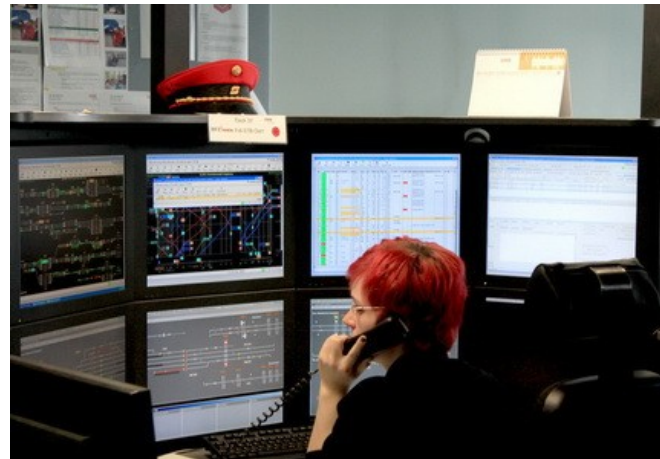
- vysokorychlostní = 300-350 km/h (dálková osobní doprava); až 160 km/h (příměstská)
- nákladní doprava: výkonné lokomotivy pro dopravu těžkých nákladních vlaků (až 8 MW)



- řídicí a regulační technika
- zabezpečení – ETCS
- automatická diagnostika
- centrální dohled nad technickým stavem
- (foto: ED250 – Pendolino PKP)

# Id) Řízení provozu v 21. století

- plně elektronická stavědla
- mechanické a reléové prvky jen ve výkonné části
- modularita, nízká spotřeba energie
- redundantní řešení



- plná centralizace, dálkové ovládání traťových úseků
- integrace s řízením provozu
- automatické stavění cest
- proaktivní diagnostika pro vysokou spolehlivost

# Systemy a aplikace pro řízení železniční dopravy

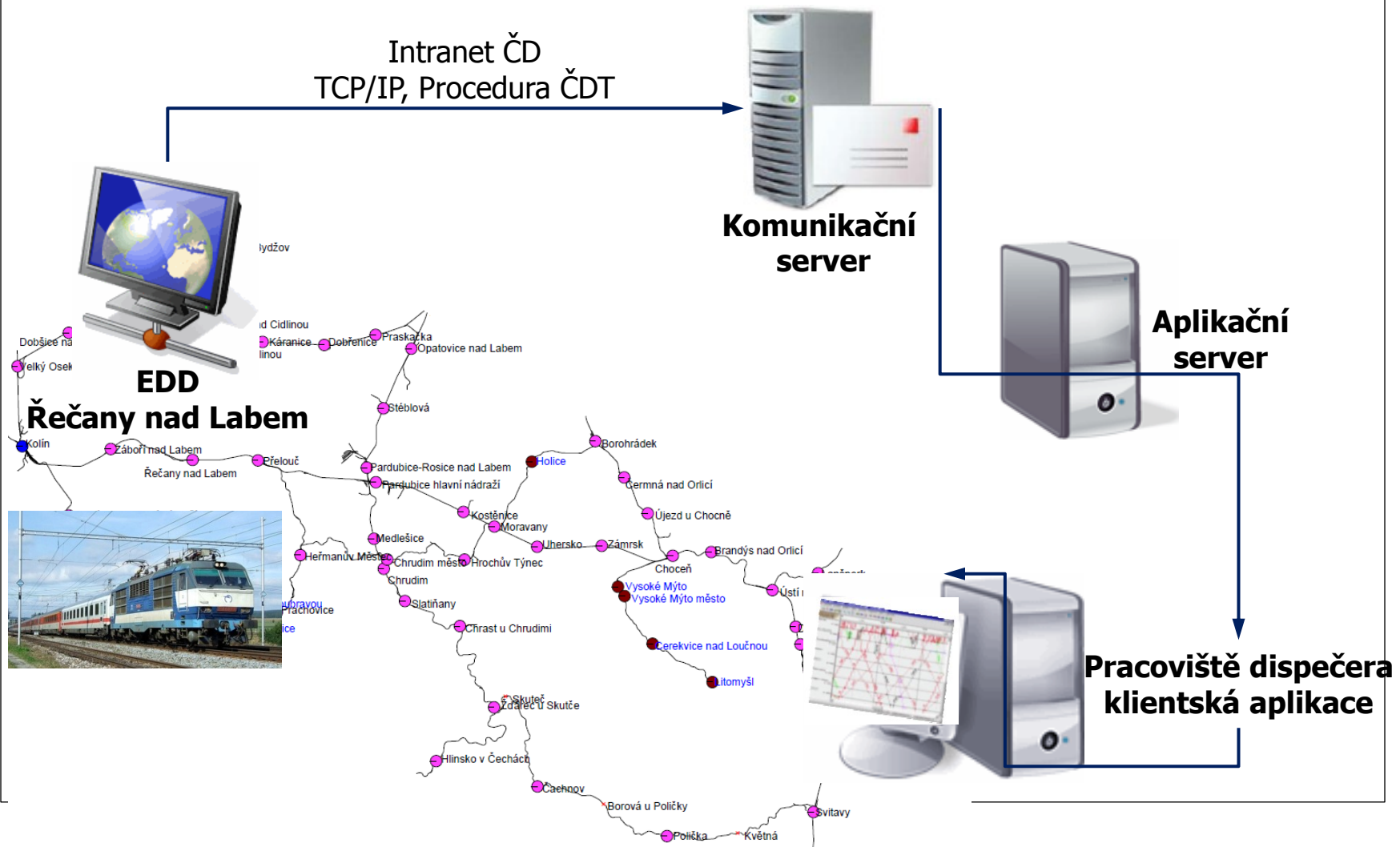
- I. Železnice: dopravní systém 19. nebo 21. století?
- II. **Systemy pro řízení železničního provozu**
- III. Zabezpečovací a diagnostická technika

# Ila) Řízení provozu: ČR





# Ila) Sledování jízdy vlaku: ISOŘ CDS

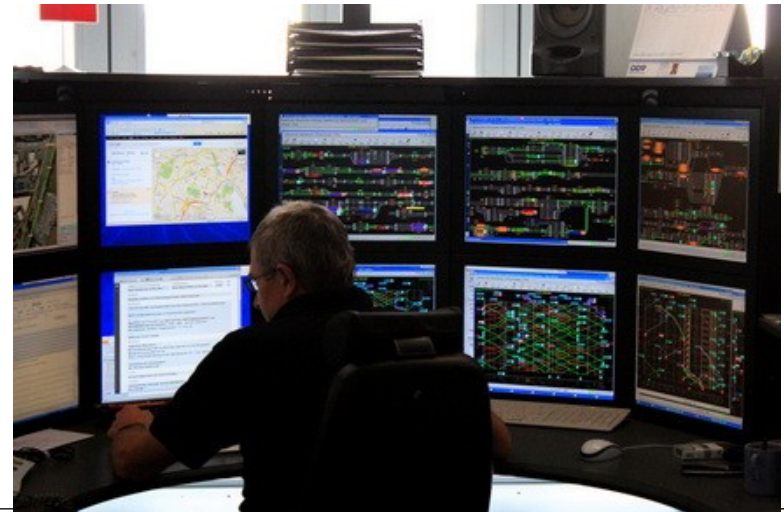
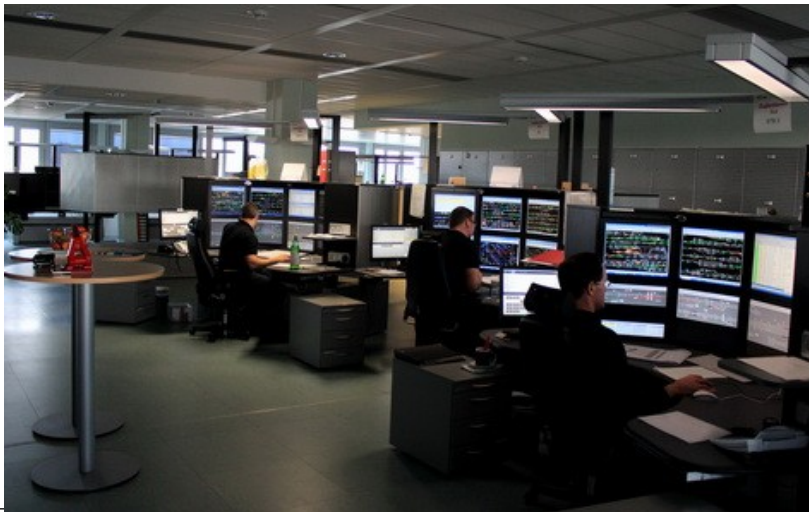


## Ila) Systémy v ostrém provozu: ISOŘ CDS

- 24 hodin denně, 7 dní v týdnu
- centrální databáze Oracle
- 1 170 tisíc požadavků za den
- 367 klientských aplikací ISOŘ CDS po celé železniční síti
- Cca 1 100 další okolních aplikací komunikujících on-line s ISOŘ CDS
- Cca 1 500 trvale připojených uživatelů přes WWW dotazovací moduly ISOŘ
- Technický i technologický outsourcing

## IIIb) Řízení provozu: ÖBB, Rakousko

- stavědla Siemens, nadstavba systém Thales Aramis
- 5 centrál pro celé Rakousko
- automatické stavění cest
- specializovaní dispečerři pro přípoje, pro nehody...



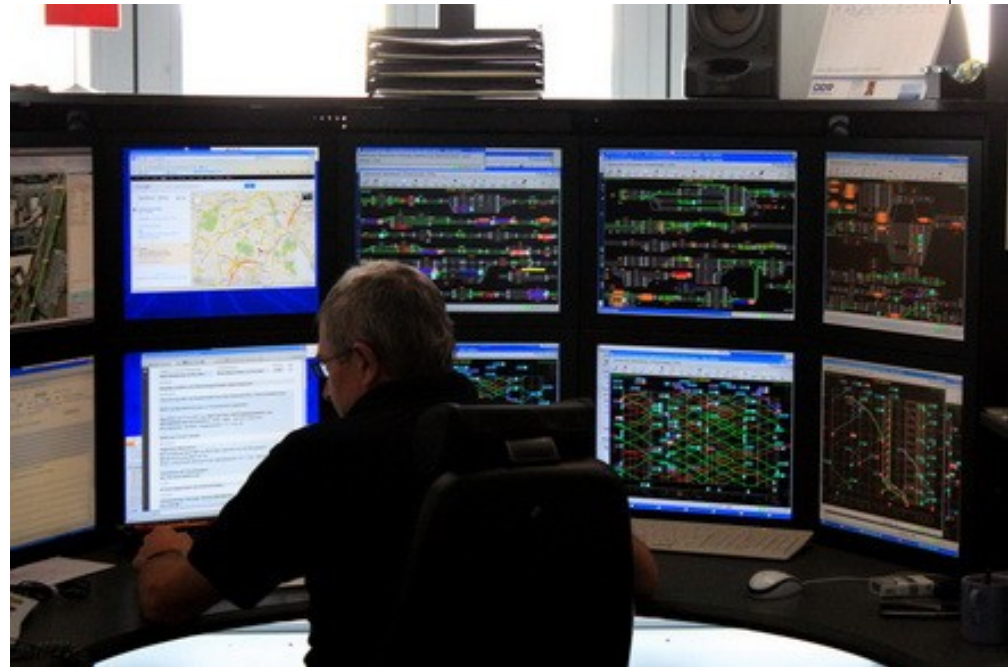
## IIc) ÖBB – Siemens & Thales

- traťové zobrazení
- grafikonové zobrazení
- staniční zobrazení
- uzlové zobrazení
- přehled sítě



## IIc) ÖBB – Siemens & Thales, „tabulkové“ aplikace

- seznam vlaků
- staniční „tabule“
- sběr dat – 80 % tratí
- informace o narušeních
- důvody zpoždění
- tabulka uzlů/přípojů
- odchylky plánu a skut.
- zpracování požadavků
- přehled jízdy vlaků
- konflikty v přípojích
- statistika



# Systemy a aplikace pro řízení železniční dopravy

- I. Železnice: dopravní systém 19. nebo 21. století?
- II. Systemy pro řízení železničního provozu
- III. **Zabezpečovací a diagnostická technika**

# IIIa) Zabezpečovací technika

- účel: zajistit bezpečnost jízdy vlaků a vozidel prostřednictvím prvků v kolejišti
- elektronická stavědla (PC) – dálkové řízení
- integrace s řídicími systémy

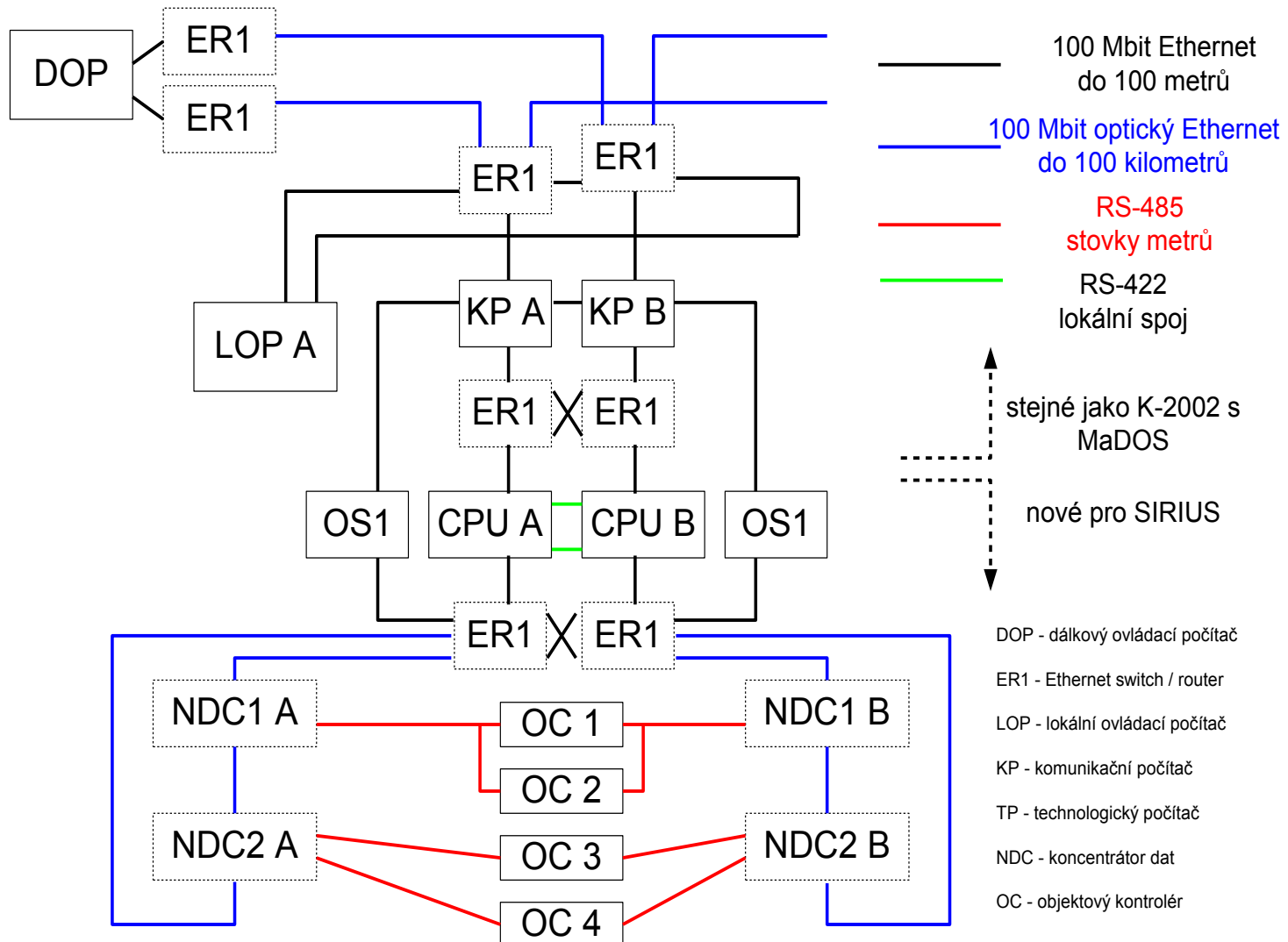


## IIIa) Zabezpečovací technika – v čem je specifická?

- mission-critical – životně důležitá pro provoz
- fail-safe – bezpečný systém
- „počítač je v principu nebezpečný“
- Safety integrity level – SIL 1-4, definuje pravděpodobnost poruch (IEC EN 61508)

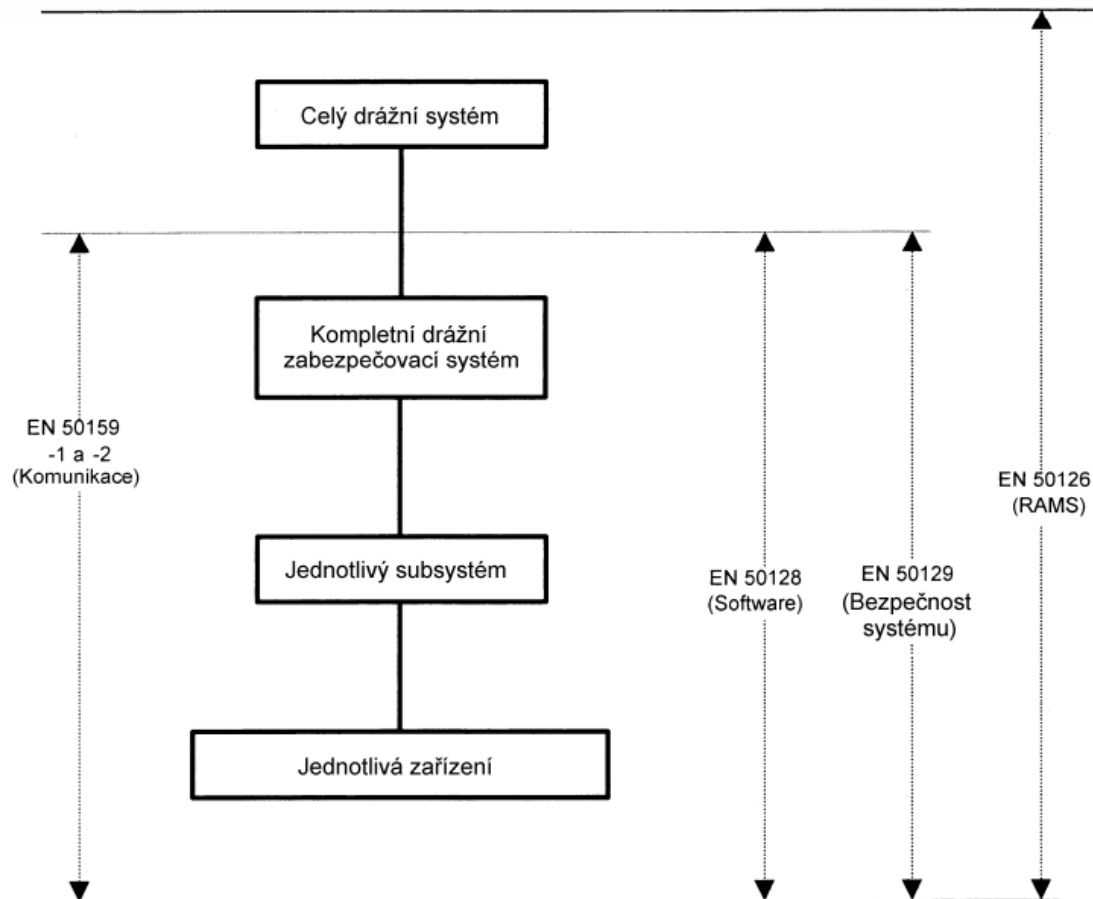


# IIIa) Struktura elektronického stavědla



# IIIb) Vývoj podle evropských norem – CENELEC

- Comité Européen de Normalisation Électrotechnique, Evropský výbor pro elektrotechnickou normalizaci



## IIIb) Přehled norem – CENELEC

- ČSN EN 50126-1:2007 –  
Základní požadavky na RAMS a generický proces
- ČSN EN 50128 ed.2:2012 –  
Software pro drážní řídicí a ochranné systémy
- ČSN EN 50129:2003 –  
Elektronické zabezpečovací systémy
- ČSN EN 50155 ed.3:2008 –  
Elektronické systémy kolejových vozidel
- ČSN EN 50159:2012 –  
Komunikace v bezpečnostních systémech
- ČSN EN 50159-2:2012 –  
Komunikace v otevřených přenosových systémech

## IIIb) ČSN EN 50126-1:2007 – Základní požadavky na RAMS

- Harmonizovaná norma, která definuje RAMS a jejich vzájemné působení
- R – Reliability (bezporuchovost)
- A – Availability (pohotovost)
- M – Maintainability (udržovatelnost)
- S – Safety (bezpečnost)
- definuje proces řízení RAMS na základě životního cyklu systému a úkolů, které do něj spadají
- umožňuje řídit a řešit rozpory mezi prvky RAMS
- definuje systematický postup specifikace a prokázání požadavků na RAMS
- zaměřuje se hlavně na zvláštnosti týkající se dráhy

## IIIb) ČSN EN 50126-1:2007 – definuje:

- Činitele ovlivňující pozitivně RAMS drah (systémové podmínky, provozní podmínky a podmínky údržby)
- Prostředky určené ke splnění požadavků na RAMS (kategorizace nebezpečí, analýza rizika, hodnocení a přijetí rizika)

Tabulka 6 - Typický příklad hodnocení a přijetí rizika

* Četnost výskytu nebezpečné události	Úrovně rizika			
	Častá	Nežádoucí	Nepřípustné	Nepřípustné
Pravděpodobná	Přípustné	Nežádoucí	Nepřípustné	Nepřípustné
Občasná	Přípustné	Nežádoucí	Nežádoucí	Nepřípustné
Malá	Zanedbatelné	Přípustné	Nežádoucí	Nežádoucí
Nepravděpodobná	Zanedbatelné	Zanedbatelné	Přípustné	Přípustné
Vysoce nepravděpodobná	Zanedbatelné	Zanedbatelné	Zanedbatelné	Zanedbatelné
	Nevýznamné	Okrajové	Kritické	Katastrofické
	Úrovně závažnosti následků nebezpečí			

## IIIb) ČSN EN 50128 ed.2:2012 – SW pro drážní řídicí a ochranné systémy

Norma se zabývá řešením SW pro bezpečné drážní systémy zejména z pohledu následujících kritérií:

- metoda návrhu shora dolů
- modularita
- verifikace každé etapy životního cyklu vývoje
- ověřené moduly a knihovny modulů
- auditovatelné dokumenty
- validace
- hodnocení
- správa konfigurace a řízení změn
- přiměřené řešení otázek organizace a kompetencí personálu

## IIIb) ČSN EN 50128 ed.2:2012 – definuje:

- Cíle a úroveň integrity bezpečnosti SW
- Management SW a jeho organizaci (cíle, požadavky, kompetence personálu, životní cyklus a dokumentace)
- Zajištění SW (tvorba, testování, dokumenty, verifikace, validace, hodnocení, zajištění jakosti SW, modifikace a změny, podpůrné nástroje a jazyky)
- Vlastní vývoj SW (požadavky, architektura, návrh, realizace, integrace, celkové testování a validace)
- Vývoj aplikačních dat (konfigurace) a nástrojů
- Nasazení a údržba SW

## IIIb) ČSN EN 50128 ed.2:2012 – Příloha A: Kritéria pro volbu technik a opatření SIL

**Tabulka A.15 – Textové programovací jazyky**

Techniky/opatření	Odkaz	SIL 0	SIL 1	SIL 2	SIL 3	SIL 4
1. ADA	D.54	R	HR	HR	HR	HR
2. MODULA-2	D.54	R	HR	HR	HR	HR
3. PASCAL	D.54	R	HR	HR	HR	HR
4. C nebo C++	D.54 D.35	R	R	R	R	R
5. PL/M	D.54	R	R	R	NR	NR
6. BASIC	D.54	R	NR	NR	NR	NR
7. Assembler	D.54	R	R	R	R	R
8. C#	D.54 D.35	R	R	R	R	R
9. JAVA	D.54 D.35	R	R	R	R	R
10. Seznam příkazů	D.54	R	R	R	R	R



# IIIb) ČSN EN 50128 ed.2:2012 – Příloha C: Kontrolní souhrn dokumentů

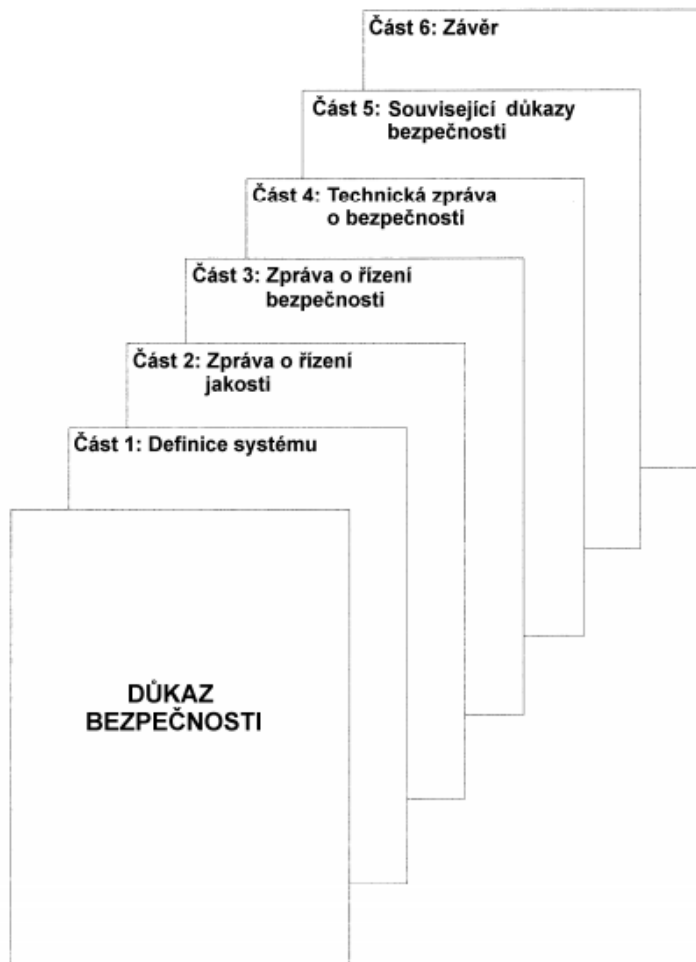
ETAPA	Dokumentace	Napsáno kým	1. ověření	2. ověření	ETAPA	Dokumentace	Napsáno kým	1. ověření	2. ověření	
Plánování	1. Plán zajištění jakosti softwaru	*	VER	VAL	Systémy konfigurované aplikačními daty/algoritmy	28. Specifikace požadavků na aplikaci	REQ	VER	VAL	
	2. Zpráva z verifikace zajištění jakosti softwaru	VER		VAL		29. Plán přípravy aplikace	REQ nebo DES	VER	VAL	
	3. Plán řízení konfigurací softwaru	viz. B.10	VER	VAL		30. Specifikace testů aplikace	TST	VER	VAL	
	4. Plán verifikací softwaru	VER		VAL		31. Architektura a návrh aplikace	DES	VER	VAL	
	5. Plán validací softwaru	VAL	VER			32. Zpráva z verifikace přípravy aplikace	VER			
Požadavky na software	6. Specifikace požadavků na software	REQ	VER	VAL		33. Zpráva z testů aplikace	TST	VER	VAL	
	7. Specifikace celkového testování softwaru	TST	VER	VAL		34. Zdrojový kód aplikačních dat/algoritmů	DES	VER	VAL	
	8. Zpráva o verifikaci požadavků na software	VER		VAL		35. Zpráva z verifikace aplikačních dat/algoritmů	VER		VAL	
Architektura a návrh	9. Specifikace architektury softwaru	DES	VER	VAL		Nasazení softwaru	36. Plán vydání a nasazení softwaru	*	VER	VAL
	10. Specifikace návrhu softwaru	DES	VER	VAL			37. Manuál nasazení softwaru	*	VER	VAL
	11. Specifikace rozhraní softwaru	DES	VER	VAL	38. Poznámky k vydané verzi		*	VER	VAL	
	12. Specifikace integračních testů softwaru	INT	VER	VAL	39. Záznamy nasazení		*	VER	VAL	
	13. Specifikace integračních testů software/hardware	INT	VER	VAL	40. Zpráva z verifikace nasazení		VER			
	14. Zpráva o verifikaci architektury a návrhu softwaru	VER		VAL	Údržba softwaru	41. Plán údržby softwaru	*	VER	VAL	
Návrh komponent	15. Specifikace návrhu komponent softwaru	DES	VER	VAL		42. Záznamy změn softwaru	*	VER	VAL	
	16. Specifikace testu komponent softwaru	TST	VER	VAL		43. Záznamy údržby softwaru	*	VER	VAL	
	17. Zpráva o verifikaci návrhu komponent softwaru	VER				44. Zpráva z verifikace údržby softwaru	*	VER	VAL	
Realizace komponent a testování	18. Zdrojový kód softwaru a podpůrná dokumentace	IMP	VER	VAL	Hodnocení softwaru	45. Plán hodnocení softwaru	ASR	VER		
	19. Zpráva o verifikaci zdrojového kódu softwaru	VER		VAL		46. Zpráva o hodnocení softwaru	ASR	VER		
	20. Zpráva z testů komponenty softwaru	TST	VER	VAL	* není definována žádná konkrétní role					
Integrace	21. Zpráva z integračních testů softwaru	INT	VER	VAL						
	22. Zpráva z integračních testů software/hardware	INT	VER	VAL						
	23. Zpráva o verifikaci integrace softwaru	VER								
Celkové testování softwaru / Závěrečná validace	24. Zpráva z celkového testování softwaru	TST	VER	VAL						
	25. Zpráva o validaci softwaru	VAL	VER							
	26. Zpráva o validaci nástrojů	*	VER							
	27. Poznámky k vydané verzi	*	VER	VAL						

## IIIb) ČSN EN 50129:2003 – Elektronické zabezpečovací systémy

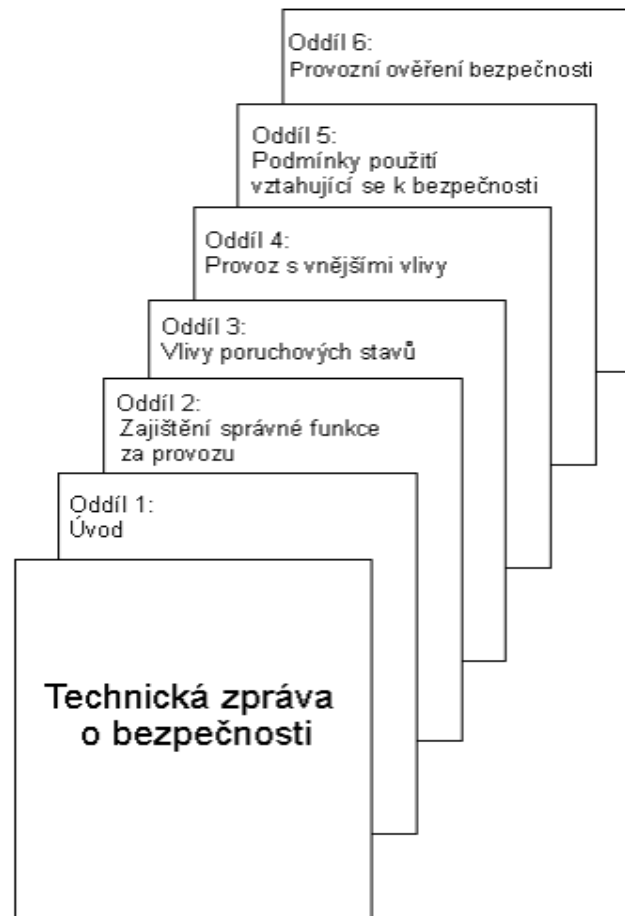
Norma se zabývá řešením HW a uznáním bezpečnosti pro bezpečné drážní systémy:

- Důkaz bezpečnosti
- Integrita bezpečnosti SIL
- Požadavky na systém vztahující se k bezpečnosti
- Katalog hodnověrných poruch HW
- Techniky a opatření pro zajištění bezpečnosti

# IIIb) ČSN EN 50129:2003 – Důkaz bezpečnosti



Obrázek 3 – Struktura důkazu bezpečnosti



Obrázek 7 – Struktura technické zprávy o bezpečnosti

# IV) Železnice – doprava pro budoucnost



Děkuji za pozornost –  
a za trpělivost

Ing. Mgr. David Krásenský  
[krasenskyd@abirail.cz](mailto:krasenskyd@abirail.cz)

The logo for abirail features a stylized signal icon on the left, composed of three vertical bars of increasing height. To the right of the icon, the word "abirail" is written in a lowercase, sans-serif font. The letters "a", "i", and "r" are green, while "b", "i", "r", "a", and "i" are grey.The logo for STARMON features the word "STARMON" in a bold, blue, sans-serif font. The letter "O" is replaced by a red square containing a white stylized "S" shape. Below the main text, the words "DIAGNOSTICS, INFORMATICS AND INTERLOCKING SYSTEMS" are written in a smaller, blue, sans-serif font.