

Petr Kolář

## Přechod od analogové k digitální komunikaci

Klíčová slova: *komunikace, traťové rádiové systémy, síť GSM a GSM-R*

### 1. Úvod

Traťové rádiové spojení je při řízení železničního provozu důležitým prostředkem pro zajištění operativnosti a je nepostradatelné při řešení vzniklých krizových situací v dopravě. Pro personál zajišťující řízení železničního provozu není důležité přes jaký komunikační rádiový systém se dorozumí, ale zajímá ho dostupnost, rychlost a kvalita spojení.

Vzhledem k potřebě začlenění české železniční sítě do evropské železniční sítě a současné potřebě provozovat drážní hnací vozidla přes hranice států dochází ke sjednocení požadavků i na rádiové systémy. Provozovatele zařízení musí zajímat nejen funkční vlastnosti používaného systému, ale i vynaložené investiční prostředky na jeho pořízení a provozní náklady. Na základě těchto podmínek pak musí provozovatel určit optimální strategii vynakládání svých prostředků na investiční i provozní potřeby pro zajištění rádiového pokrytí železničních sítí a optimálního způsobu vybavení hnacích vozidel.

### 2. Rádiové systémy na železničních tratích v ČR

Rádiové systémy pro potřeby železniční dopravy byly v minulosti vyvíjeny z důvodu zabezpečení potřebné hlasové komunikace pro účely zajištění a řízení železniční dopravy, tedy komunikace řídicího pozemního personálu s obsluhou hnacích vozidel. Vývoj takovýchto zařízení, jenž probíhal poměrně odděleně na jednotlivých železničních drahách, dal vznik mnoha národním rádiovým systémům pracujícím v několika kmitočtových pásmech. Značná roztržitost a nekompatibilita v oblasti traťového rádia vedla již v počátcích ke snahám o jistou standardizaci, která na půdě UIC vyústila v sérii doporučení UIC 751. Na základě těchto doporučení vzniklo několik národních verzí analogových systémů, které byly mezi sebou navzájem kompatibilní v základních parametrech (kmitočtové pásmo, kanálové skupiny, použitá modulace a základní signalizační tóny). Vždy se však jednalo o analogový systém určený pro hlasovou komunikaci. V naší republice byl z podnětu a za koordinace ČSD v rámci státního plánu technického rozvoje vyvinut traťový rádiový systém TESLA TRS. Vývoj byl úspěšně ukončen v roce 1994 a od té doby se postupnou výstavbou stal našim nejrozšířenějším traťovým rádiovým systémem používaným v ČR.

Obecně historicky vzniklá rozmanitost národních systémů zapříčinila mnoho omezení při přechodu hranic mezi jednotlivými státy. Současnou snahou je vytvořit jednotnou evropskou železniční síť tak, aby národní omezení byla eliminována. Konečným cílem je zajištění interoperability v celém evropském železničním systému.

Koncepce interoperability pro transevropskou železniční síť byla vytvořena počátkem devadesátých let. Její zásady byly zakotveny ve směrnici Evropské komise 96/48/ES pro vysokorychlostní tratě a následně je pak tato oblast pro konvenční tratě zastřešena směrnicí 2001/16/ES. Obě pak byly v minulém roce novelizovány směrnicí 2004/50/ES.

Hlavním cílem směrnice je náprava současného stavu standardizace doporučeními UIC, která nezaručují potřebnou kompatibilitu sítí správců národních železničních infrastruktur a kolejových vozidel provozovatelů drážní dopravy. Nástrojem pro dosažení tohoto cíle - harmonizace technických prostředků a procedur subsystémů řízení a zabezpečení železničního provozu - jsou Technické Specifikace Interoperability - TSI Evropského systému řízení železničního provozu - ERTMS (European Rail Traffic Management System). Jedním subsystémem ERTMS je globální mobilní síť pro železniční aplikace GSM-R. V roce 1992 byl vzhledem k parametrům a technologické vyspělosti zvolen dostupný a praxí ověřený standard GSM jako základní technologický prvek systému. Ve spolupráci s Evropskou správou pro využití kmitočtů CEPT bylo v roce 1995 vyhrazeno příslušné kmitočtové spektrum v pásmu 900 MHz výhradně pro potřeby železničního provozu, pro neveřejný systém mobilní komunikace, označovaný nadále GSM-R. Jedná se o novou generaci digitálního rádiového systému, který nabízí mnohem širší využití než fónickou komunikaci, hlavně na bázi datových přenosů se otvírá široké pole pro využití nadstavbových aplikací.

V současné době je v České republice ukončena realizace infrastrukturní části pilotního projektu GSM-R v úseku Kolín – Praha - Děčín st. hranice, jehož délka činí 201 km. V rámci pilotního projektu bylo nainstalováno 10 ks vozidlových radiostanic na hnací vozidla a bylo dodáno 100 ks mobilních radiostanic (20 ks pro těžký provoz OPH a 80 ks pro běžný provoz GPH). Po zpracování provozních předpisů a pro školení zaměstnanců byl zahájen zkušební provoz. Kromě hnacích vozidel vybavených vozidlovou radiostanicí GSM-R v rámci pilotního projektu jsou těmito radiostanicemi standardně vybavovány vlaky řady 680 a podle přístupových podmínek na tratě DB i vybraná hnací vozidla, zajíždějící na síť DB.

Komunikaci mezi dispečerem nebo výpravčím a strojvedoucím případně vlakovým personálem je tedy možné zprostředkovat různými rádiovými systémy. Na železničních tratích v České republice jsou v současnosti v rutinním provozu pouze systémy analogového traťového rádiového spojení. Délka tratí, kde jsou systémy vybudovány a počet vybavených hnacích vozidel je uveden v následující tabulce.

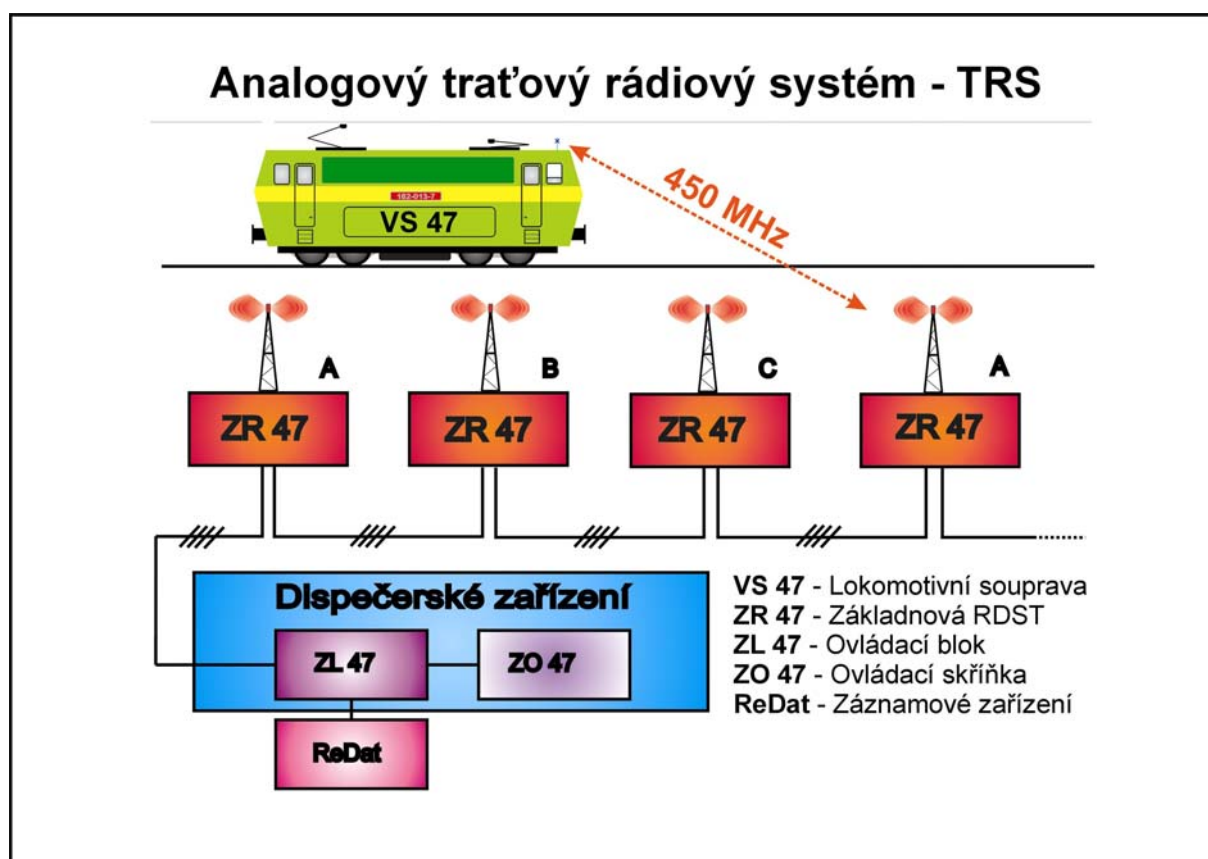
Označení rádiového systému	Délka vybavených tratí [km]	Počet vybavených HV [ks]
Zugfunk	201	160
ASCOM	400	106
SELECTIC	739	585
TRS	3750	1896

Pro porovnání jsou v následující tabulce uvedeny shodné parametry digitálního traťového rádiového systému GSM-R, který je v současnosti provozován ve zkušebním provozu na trati Kolín – Praha - Děčín.

Označení rádiového systému	Délka vybavených tratí [km]	Počet vybavených HV [ks]
GSM-R	201	10

### 3. Analogový systém TRS

Traťový rádiový systém TRS je určen pro operativní spojení strojvedoucího s dispečerem nebo výpravčím prostřednictvím stuhových sítí v pásmu 450 MHz. Spojení v příslušné stuhové síti se realizuje na čtyřech mezinárodně koordinovaných kmitočtech (podle doporučení UIC 751-3) označovaných A,B,C,D, kde A,B,C jsou cyklicky se podél trati opakující kmitočty vysílačů základnových radiostanic a D je kmitočet vysílače lokomotivní soupravy. Na obr. č.1 je znázorněn princip kmitočtového řešení stuhového systému TRS. Vozidlová i základnová radiostanice TRS umožňují také simplexní komunikaci v pásmu 150 MHz a komunikaci se speciálně vybavenými přenosnými radiostanicemi .

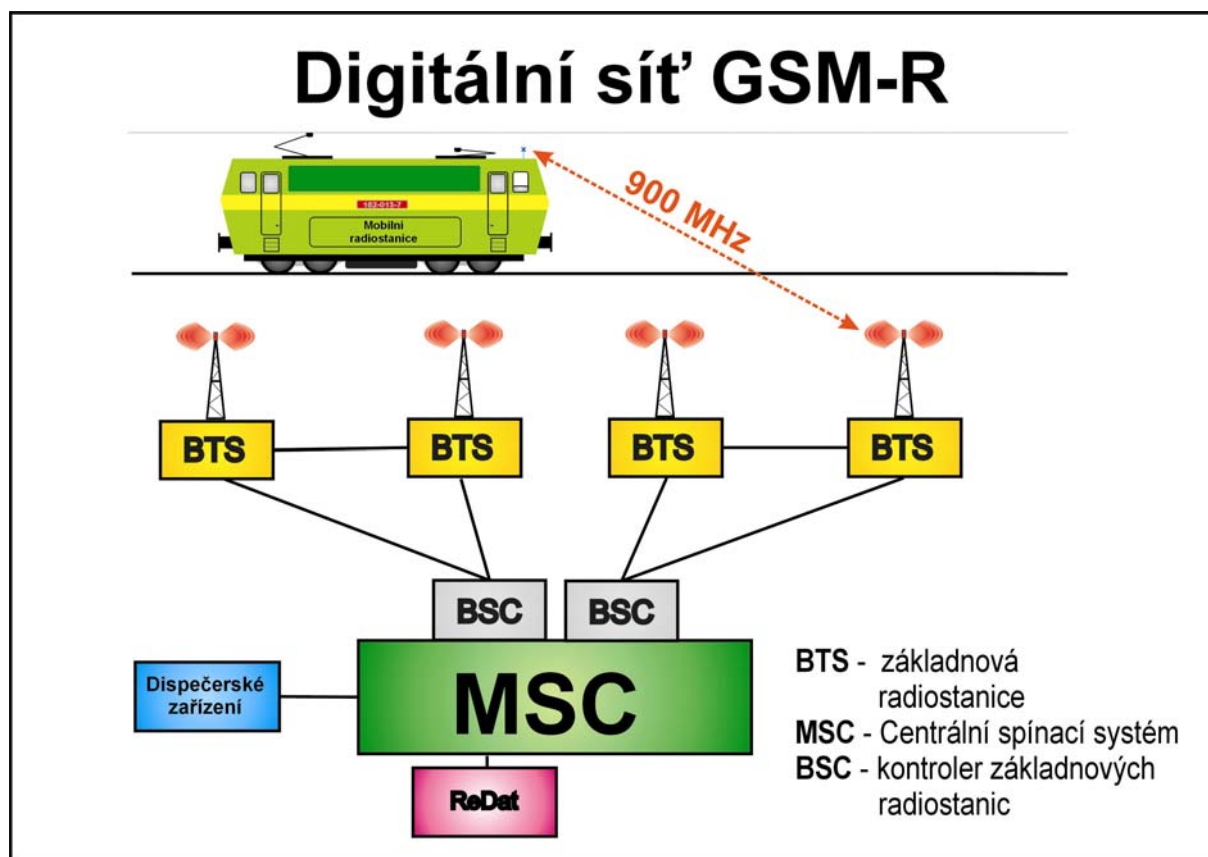


Obr. č.1 Princip analogového systému TRS

### 4. Digitální systém GSM-R

Digitální systém GSM-R (Global System for Mobile communication – Railway) je standardizovaný technický prostředek zajišťující potřebnou interoperabilitu a kompatibilitu v oblasti mobilní rádiové komunikace na železnici. Systému je vyhrazeno samostatné evropsky jednotné kmitočtové pásmo UIC 876-880 MHz (uplink) / 921-925 MHz (downlink). Kromě klasických přenosových služeb, které nabízí standard ETSI GSM 2+, nabízí systém GSM-R specifické „železniční“ funkce (skupinová a oběžníková/jednosměrná volání, funkční adresování, adresování závislé na poloze,...) a jeho traťová část infrastruktury sítě je

projektována k liniovému pokrytí železniční sítě s předepsanou úrovní signálu. Na obr. č.2 je znázorněn princip digitálního traťového systému GSM-R.



Obr. č.2 Princip digitálního systému GSM-R

## 5. Od analogového systému TRS k digitálnímu systému GSM-R/GSM

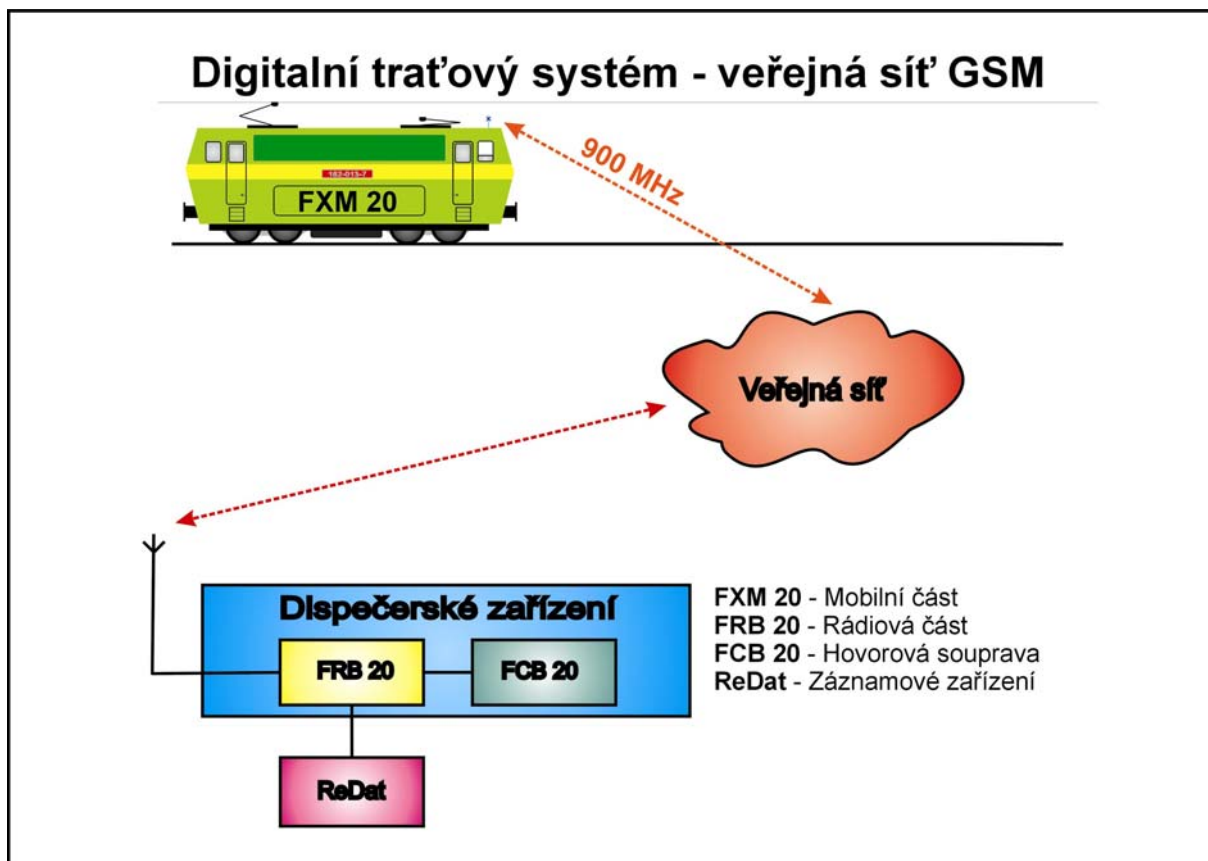
České dráhy, a. s. byly mezi prvními signatáři Memoranda o společném postupu při zavádění nového evropského systému traťového rádiového spojení GSM-R. Memorandum zavazuje evropské železnice, aby při modernizaci a nové výstavbě tratí upřednostnily jednotný evropský systém rádiového spojení jako předpoklad budoucího evropského systému manažerského řízení železničního provozu ERTMS.

Horizont zavádění systému ERTMS je 10-12 let, přičemž důraz je kladen na co nejkratší období zavádění systému GSM-R. V průběhu tohoto období bude zajištěno spolufinancování systému ERTMS ze strany EU, což je pro ČR výhodné z hlediska pomoci při financování. Na systém je pohlíženo jako na celek – zahrnující vozidla i infrastrukturu. Studie zpracovaná pro SŽDC podmiňuje očekávané ekonomické přínosy pro Českou republiku maximálním urychlením výstavby systému GSM-R na celkem 9500 km tratí, a to do roku 2010. Výstavba infrastruktury sítě GSM-R dosud nemá pevný harmonogram výstavby, nicméně odhad investičních nákladů úplného síťového pokrytí tratí v ČR představuje částku přesahující 7 mld Kč. Potřebný finanční objem ukazuje, že v podmínkách naší republiky bude doporučený termín rok 2010 zřejmě nereálný.

Optimalizační analýza přechodného období společné existence TRS a GSM-R při nepřerušném postupu radiofikace proto navrhuje nasazování mobilních zařízení, která umožní radiový provoz na tratích vybavených TRS ve všech jeho podstatných funkcích a při tom zaručí připravenost pro provoz v síti GSM-R. Zásady pro přípravu a realizaci traťových systémů na železničních tratích ve vlastnictví státu, schválené GR SŽDC v říjnu 2003, určují prioritní postup výstavby GSM-R v šesti etapách pouze pro 1238 km tratí I. kategorie. Potřeba výše zmiňovaného nepřerušovaného postupu radiofikace na tratích s nižší prioritou vedla ČD, a. s. podobně jako některé další železnice, u nichž stávající pokrytí železničních tratí drážními rádiovými sítěmi ještě není dokončeno, pro využívání služeb veřejných sítí operátorů GSM. Za podmínky připuštění diskontinuity pokrytí rádiovým signálem v předem definovaných a měřením prověřených úsecích trati poskytuje síť GSM veřejného operátora prokazatelně ekonomicky efektivní řešení.

Proto z podnětu ČD, a. s. vznikl ve společnosti RADOM, s. r. o. nový digitální traťový systém DTS. Cílem vývoje bylo vytvořit univerzální prostředek pro komunikaci vozidla v infrastruktuře TRS, GSM-R a GSM veřejného operátora, s primárním zaměřením na operativní řízení provozu s oboustranným předáváním specifikovaných povelů a hlášení, včetně nouzového dálkového zastavení vlaku. Připravena je i minimální varianta vozidlové stanice pro provoz v síti GSM, kterou tvoří standardní mobilní telefon strojvedoucího a přídatný modul pro zastavení vlaku. Pro provoz v síti GSM byla vytvořena vlastní nadstavba, zajišťující specifické drážní funkce minimálně v rozsahu funkcí TRS. Na 1896 vozidlech, kde je analogová radiostanice TRS osazena, což je prakticky celá provozní potřeba, lze pouhou záměnou ovládací skříňky za modul nového zařízení a doplněním radiostanice GSM/GSM-R zachovat funkcionality systému TRS. Komunikační možnosti hnacího vozidla se tak rozšíří o provoz v sítích GSM a GSM-R. Na obr. č.3 je znázorněn princip systému DTS v síti GSM veřejného operátora. Praktické provedení dispečerského pracoviště digitálního traťového systému je na obr. 4. Ovládací skříňka mobilní radiostanice DTS a ovládací skříňka TRS společně instalované na hnacím vozidle řady 810 je na obr. 5. Ukázky jsou z ověřovacího provozu na trati Rokycany – Nezvěstice.





Obr. 3 Princip komunikace DTS v síti GSM



Obr. č.4 Digitální traťový systému DTS – dispečerské pracoviště FXB 20 se samostatným PC

## 6. Investiční náklady

Investiční náklady na výstavbu systému TRS představují 180 000 Kč na kilometr infrastruktury a provozní náklady infrastruktury 1800 Kč na kilometr za rok. V mobilní části představují investiční náklady na jedno vozidlo 250 000 Kč a provozní náklady 4 600 Kč za rok. Celkový rozsah investičních nákladů na výstavbu infrastruktury a vybavení vozidel systémem TRS v ČR již přesáhl 1,1 mld. Kč.

Předpokládané investiční náklady na výstavbu infrastruktury GSM-R činí 800 000 Kč na kilometr, což je asi 4,5x více než na výstavbu systému TRS. Náklady na mobilní radiostanici GSM-R jsou 550 000 Kč. V porovnání se systémem TRS je to více než 2x vyšší investice na jedno hnací vozidlo.

Náklady na systém DTS jsou výrazně nižší při budování i provozu infrastrukturní části. Provozní náklady jsou asi 10x nižší a investiční náklady na infrastrukturu jsou až 100x nižší v porovnání se systémem TRS. Náklady na mobilní část DTS v plné modifikaci jsou srovnatelné s náklady na TRS.



Obr. č.5 Digitální traťový systém DTS – ovládací skříňka vozidlové radiostanice FXM 20 umístěná při ověřovacím provozu na vozidle řady 810 nad standardní ovládací skříňkou TRS

## 7. Závěr

Vzhledem k dosavadním zkušenostem lze předpokládat, že zařízení TRS instalované v letošním a v minulém roce bude určitě možné provozovat ještě za 10 – 15 let a z hlediska ekonomické návratnosti je to žádoucí. Síťové rozvinutí GSM-R je primárně závislé na dostupných investičních prostředcích SŽDC pro stavbu infrastruktury sítě a bude prioritně pokrývat tratě mezinárodních koridorů a další provozně významné tratě. Další pokračování výstavby TRS by bylo při využívání společných investičních zdrojů neekonomické a zpomalovalo by síťový rozvoj GSM-R.

Ve snaze zajistit rádiovou komunikaci v co nejkratším období s efektivně vynakládanými investičními i provozními náklady na všech kategoriích tratí, přijalo vedení Českých drah doporučení využívat na tratích bez stávající radiofikace do doby vybudování drážního rádiového systému, nebo na tratích s provozně-ekonomickým odůvodněním i dlouhodobě rádiovou komunikaci v síti GSM veřejného operátora. Vývojem a úspěšným ověřením nízkonákladového vícesystémového zařízení DTS pro provoz v sítích TRS, GSM a GSM-R je umožněna při nutném útlumu další výstavby TRS maximální míra ochrany minulých investic do tohoto již neperspektivního systému a k vytvoření prostoru k intenzivnějšímu rozšiřování GSM-R v jeho infrastrukturní i mobilní části.

### Literatura

1. Technická dokumentace Traťový rádiový systém TRS
2. Technická dokumentace Digitální traťový systém DTS

Praha, říjen 2005

Lektoroval: Ing. Zdeněk Kaufmann,  
Generální ředitelství ČD, O26