

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9: Strojírenství, hutnictví a doprava

Racionalizace provozu na trati Mariánské Lázně – Karlovy Vary dolní nádraží

Robin Singh

Karlovarský kraj

Dalovice, 19. 4. 2023

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9: Strojírenství, hutnictví a doprava

Racionalizace provozu na trati Mariánské Lázně – Karlovy Vary dolní nádraží

Rationalization of traffic on the railway line Mariánské Lázně – Karlovy Vary dolní nádraží

Autor: Robin Singh

Škola: Střední škola logistická Dalovice, příspěvková organizace

Kraj: Karlovarský kraj

Konzultant: Ing. Stanislav Šobora

Dalovice, 19. 4. 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval samostatně a použil jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Dalovicích dne 19. 4. 2023

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Stanislavu Šoborovi ze Správy železnic za odbornou konzultaci, rady a připomínky k tématu a práci. Dále paní učitelce Bc. Aleně Martinovské za podporu, ochotu, trpělivost a pomoc při psaní této práce.

Anotace

Tato práce se zabývá analýzou současných parametrů regionální dráhy Mariánské Lázně – Karlovy Vary dolní nádraží. Pozornost je věnována zejména dopravním technologiím, zabezpečovacímu zařízení, traťovým rychlostem, jízdnímu řádu a cestovním dobám. Na základě provedené analýzy navrhuje autor práce četná racionalizační opatření, která změni zejména dopravní technologii řízení a organizování provozu na trati. U navržených racionalizačních opatření pak autor práce zhodnotí jejich konkrétní přínos.

Cílem této práce je navržení racionalizačních opatření, která zvýší bezpečnost železniční dopravy, zvýší traťovou rychlost, zkrátí jízdní doby, umožní změnu konceptu jízdního řádu na trati a zatraktivní a zvýší konkurenceschopnost železniční dopravy.

Klíčová slova

Mariánské Lázně; Karlovy Vary; železnice; regionální dráha; racionalizace provozu

Annotation

This work deals with an analysis of current state of the regional railway line Mariánské Lázně – Karlovy Vary dolní nádraží. The attention is paid especially to traffic technologies, interlocking, track speeds, train schedule and travel times. Based on the done analysis, there has been created rationalization of traffic on the railway line by the author of this work. The rationalization changes primarily the technology of control of the rail traffic. Then, the benefits of individual parts of the rationalization are rated by the author of this work.

Goal of this work is to make a rationalization of the traffic, that will increase the safety of rail traffic, increase track speeds, shorten travel times, make a new train schedule concept possible and increase the attractiveness and competitive ability of the passenger rail transportation.

Keywords

Mariánské Lázně; Karlovy Vary; railway; regional railway line; rationalization of traffic

Obsah

ÚVOD.....	8
1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	9
1.1 Historie trati.....	10
1.2 Stanice, dopravní a zastávky na trati.....	10
1.2.1 Mariánské Lázně.....	11
1.2.2 Ovesné Kladruby.....	12
1.2.3 Teplá.....	12
1.2.4 Poutnov.....	12
1.2.5 Bečov nad Teplou.....	12
1.2.6 Krásný Jez.....	13
1.2.7 Karlovy Vary – Březová.....	13
1.2.8 Karlovy Vary dolní nádraží.....	13
1.3 Technické parametry tratě.....	14
1.3.1 Traťové zabezpečovací zařízení.....	14
1.3.2 Traťové rychlosti.....	14
1.4 Železniční přejezdy.....	21
1.5 Doprava na trati.....	23
1.5.1 Osobní doprava.....	23
1.5.2 Nákladní doprava.....	24
1.6 Jízdní a cestovní doby.....	24
1.6.1 Nákrešný jízdní řád.....	25
1.7 Shrnutí současného stavu.....	27
2 NÁVRH RACIONALIZAČNÍCH OPATŘENÍ.....	28
2.1 Staniční zabezpečovací zařízení.....	28
2.1.1 Dopravní D3.....	28
2.1.2 ŽST Karlovy Vary dolní nádraží.....	29
2.2 Traťové zabezpečovací zařízení.....	30
2.3 Železniční přejezdy.....	30
2.4 ETCS.....	33
2.5 Zvýšení traťové rychlosti.....	34
2.5.1 Odstranění trvalých omezení rychlosti.....	34
2.5.2 Traťová rychlost po racionalizaci.....	34
3 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ.....	39
3.1 Bezpečnost železničního provozu.....	39
3.2 Provozní intervaly.....	39
3.2.1 Provozní interval křižování.....	40
3.2.2 Provozní interval následné jízdy.....	41
3.3 Jízdní a cestovní doby.....	42

3.3.1 Jízdní doby.....	42
3.3.2 Cestovní doby.....	43
3.4 Jízdní řád.....	44
3.4.1 Přestupní vazby.....	44
3.4.2 Vložené spoje.....	44
3.4.3 Nákrešný jízdní řád.....	44
ZÁVĚR.....	46
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY – ZDROJŮ.....	47
SEZNAM ZKRATEK.....	49
SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ.....	50
SEZNAM TABULEK.....	51

ÚVOD

Aktuálním trendem v oblasti osobní dopravy je zvyšování podílu veřejné hromadné dopravy na přepravním trhu, zejména pak dopravy železniční. Hlavními důvody jsou především její nízká uhlíková stopa, nižší prostorová náročnost ve srovnání s individuální automobilovou dopravou a celková nízká ekologická zátěž. Konkurenceschopnost železniční dopravy se odvíjí zejména od kvality přepravních služeb. Mezi hlavními kritérii kvality přepravních služeb lze řadit rychlost, spolehlivost, dostupnost a využitelnost. Všechna tato kritéria jsou přímo závislá na infrastruktuře.

Železniční osobní doprava je atraktivní a konkurenceschopná především na tratích tranzitních koridorů, do kterých se v uplynulých desetiletích nejvíce investovalo. Vzhledem k propojení železniční sítě je však nutno brát v potaz také tratě regionální, na kterých není mnohdy kvůli používaným dopravním technologiím možné využít jejich maximálního potenciálu. Používané dopravní technologie na mnoha regionálních drahách nesnižují, ba naopak zvyšují potenciální riziko chyby lidského faktoru, na kterém je bezpečnost provozu přímo závislá.

Z hlediska dostupnosti a využitelnosti železniční osobní dopravy je vhodné, aby v železničních stanicích, kde dochází ke styku dráhy regionální a celostátní, existovala přestupní vazba mezi vlaky osobní dopravy na jednotlivých tratích.

Jednou z regionálních drah napojených na dráhu celostátní, je trať Mariánské Lázně – Karlovy Vary dolní nádraží. Trať způsobem řízení a organizování drážní dopravy nevyužívá plně svých technických parametrů. Koncept jízdního řádu pak nezajišťuje přestupní vazby v přípojných stanicích.

Cílem této práce je navrhnout racionalizační opatření provozu, která zvýší bezpečnost drážního provozu, zvýší traťové rychlosti, zkrátí cestovní doby, zlepší využitelnost a dostupnost železniční osobní dopravy a zvýší její konkurenceschopnost a atraktivitu.

1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Železniční trať Mariánské Lázně – Karlovy Vary dolní nádraží je jednokolejnou, neelektrizovanou regionální dráhou o délce 53 km. Trať vlastní a provozuje Správa železnic, státní organizace, která ji v knižním jízdním řádu značí číslem 149. Pro služební potřeby je používáno označení 536A.



Obrázek 1: Trať vyznačená v mapě tratí
Zdroj: autor na podkladu (1)

Trať začíná v ŽST Mariánské Lázně a končí v ŽST Karlovy Vary dolní nádraží. Přibližně v polovině své délky vede trať údolím řeky Teplé, vlivem čehož se na ní nachází velké množství směrových oblouků o relativně malých poloměrech. Ve většině trasy prochází trať také chráněnou krajinnou oblastí Slavkovský les.

Doprava je na trati řízena dle Předpisu pro zjednodušené řízení drážní dopravy SŽ D3 (dále jen předpis SŽ D3), přičemž sídlo dirigujiícího dispečera je v ŽST Bečov nad Teplou. Řízení dopravy dle předpisu SŽ D3 limituje traťovou rychlost na maximálních 60 km/h, výrazně prodlužuje provozní interval křižování a především podstatně zvyšuje riziko potenciální chyby lidského faktoru.

1.1 Historie trati

Stavba trati byla zahájena 5. prosince 1895 a trvala necelé tři roky. První osobní vlak byl na trať vypraven 17. prosince 1898.

Během druhé světové války došlo k poklesu významu trati pro osobní přepravu, trať naopak v nákladní přepravě na významu nabyla vzhledem k válečným potřebám. V průběhu války byla trať poškozena četnými nálety. Po druhé světové válce prošla trať nutnou opravou a obnovou po válečných škodách a následně byla opět obnovena pravidelná osobní doprava. Po odsunu sudetských Němců v roce 1945 však trať ubyla na svém významu. V roce 1967 byl na trati nahrazen parní provoz motorovou trakcí.

V roce 2018 proběhla rozsáhlá oprava celé tratě za 830 milionů Kč, v rámci které byl především opraven a obnoven železniční svršek a spodek, mosty a propustky. V letech 2019 – 2020 prošla celkovou rekonstrukcí ŽST Bečov nad Teplou, během které byla např. vybudována nová nástupiště či zrekonstruováno kolejiště stanice.

1.2 Stanice, dopravní a zastávky na trati

Na probírané trati leží celkem 3 železniční stanice, 5 dopravní D3 a 13 zastávek. Stanice a dopravní D3 pak budou zvlášť popsány v této kapitole. Postup popisu jednotlivých dopravní odpovídá postupu trati od jejího začátku ke konci.

Následující tabulka přehledně zobrazuje všechny stanice, dopravní D3 a zastávky (případně zastávky a nákladíště - nz) na řešené trati, včetně základních informací o nich. Údaji uvedenými v závorkách u ŽST Mariánské Lázně a ŽST Karlovy Vary dolní nádraží se rozumí počet dopravní kolejí a nástupištních hran, které je možné využít pro vlaky na trati č. 149.

Tabulka 1: Seznam stanic, dopravní a zastávek na trati

název	druh	km	dopravní koleje	počet nást. hran	přestavování hl. výhybek	křížování os. vlaků
Mariánské Lázně	ŽST	0,0	7 (3)	3 (2)	SZZ	ano
Mariánské Lázně město	zast.	2,356	-	-	-	-
Vlkovice	nz	6,857	-	-	-	-
Milhostov u Mar. Lázní	zast.	9,615	-	-	-	-

Ovesné Kladruby	D3	11,709	2	2	samovratné	ano
Mrázov	zast.	15,483	-	-	-	-
Teplá	D3	18,662	2	2	samovratné	ano
Hoštěc	zast.	21,070	-	-	-	-
Poutnov	D3	24,616	2	1	ručně	ne
Louka u Mar. L.	zast.	27,134	-	-	-	-
Bečov nad Teplou	ŽST	33,218	6	3	SZZ	ano
Vodná	zast.	36,077	-	-	-	-
Krásný Jez	D3	37,646	3	3	samovratné	ano
Krásný Jez zast.	zast.	38,555	-	-	-	-
Teplička u K. Varů	nz	41,787	-	-	-	-
Kfely	zast.	43,031	-	-	-	-
Cihelny	zast.	45,692	-	-	-	-
Karlovy Vary - Březová	D3	48,431	2	2	ručně	ano
Doubí u K. Varů	zast.	49,857	-	-	-	-
K. Vary-Aréna	zast.	51,479	-	-	-	-
Karlovy Vary dolní nádraží	ŽST	53,275	3 (2)	3 (2)	ručně	ano

Zdroj: autor

1.2.1 Mariánské Lázně

V ŽST Mariánské Lázně začíná řešená železniční trať Mariánské Lázně – Karlovy Vary dolní nádraží. Stanice leží také na celostátní dráze, konkrétně trati Plzeň – Cheb, která je součástí 3. tranzitního železničního koridoru a transevropské dopravní sítě TEN-T.

ŽST disponuje sedmi dopravními kolejemi, přičemž příjezd nebo odjezd vlaků řešené trati je možný ze staničních kolejí č. 2, 2a a 4. Ve stanici je jedno vnější nástupiště u výpravní budovy a jedno ostrovní mezi SK č. 1 a 2, přičemž obě nástupiště jsou bezbariérově přístupná. Stanice je vybavena elektronickým staničním zabezpečovacím zařízením typu AŽD ESA, které je ovládáno pomocí JOP traťovým dispečerem z CDP Praha.

1.2.2 Ovesné Kladruby

Ovesné Kladruby jsou dvoukolejnou dopravnou D3 ležící v km 11,709 řešené trati. Dopravna disponuje dvěma úroňovými nástupišti u obou kolejí. Dopravna je vybavena výhybkami se samovratnými přestavníky na obou zhlavích, přičemž základní poloha pro vjezd vlaků od Mariánských Lázní je na 1. kolej, v opačném směru na kolej 3. Dopravna umožňuje křížování dvou osobních vlaků.

1.2.3 Teplá

Dopravna D3 Teplá leží v km 18,662 probírané trati a disponuje 4 kolejemi, z toho dvěma dopravními a dvěma manipulačními. Dopravna je vybavena 2 úroňovými nástupišti u dopravních kolejí č. 1 a 3. Manipulační, kusé koleje č. 2 a 5 slouží k nakládce či vykládce železničních nákladních vozů.

Na obou zhlavích dopravní jsou pak hlavní výhybky vybaveny samovratnými přestavníky, základní poloha pro vjezd vlaků od Mariánských Lázní je na 3. kolej, v opačném směru na kolej 1. Dopravna umožňuje křížování dvou osobních vlaků.

1.2.4 Poutnov

Poutnov je dopravna D3 o dvou dopravních a jedné kusé, manipulační koleji, ležící v km 24,616. Dopravna však disponuje pouze jedním nástupištěm u koleje č. 1, tudíž neumožňuje křížování dvou osobních vlaků. Vzhledem k tomu není dopravna vybavena výhybkami se samovratnými přestavníky. Manipulační kolej č. 3 slouží k nakládce či vykládce nákladních vozů.

1.2.5 Bečov nad Teplou

ŽST Bečov nad Teplou leží v km 33,218 řešené trati. Ve stanici se připojuje regionální dráha Rakovník – Bečov nad Teplou. Stanice prošla v letech 2019 – 2020 komplexní rekonstrukcí, během které bylo zrekonstruováno kolejiště, vybudována nová nástupiště či zmodernizováno staniční zabezpečovací zařízení.

Ve stanici je celkem 6 dopravních kolejí, z čehož 2 jsou kusé. Stanice umožňuje křížování dvou osobních vlaků. ŽST disponuje 1 vnějším nástupištěm u výpravní budovy u SK č. 5 a jedním poloostrovním nástupištěm mezi SK č. 3 a 2. Poloostrovní nástupiště je přístupné centrálním přechodem.

Stanice je nyní vybavena elektronickým SZZ 3. kategorie typu Starmon K-2002, které místně ovládá výpravčí pomocí JOP z dopravní kanceláře. Výpravčí je zároveň také dirigujícím dispečerem pro probíranou trať.

1.2.6 Krásný Jez

Krásný Jez je dopravnou D3 ležící v km 37,646. V Krásném Jezu se k řešené trati připojuje trať Loket předměstí – Horní Slavkov-Kounice – Krásný Jez, přičemž úsek Loket předměstí – Horní Slavkov-Kounice je v trvalé výluce od roku 1997. Mezi dopravnami Horní Slavkov-Kounice a Krásný Jez je pravidelná osobní doprava v provozu pouze o víkendech během letní sezóny.

V dopravně D3 Krásný Jez jsou 3 dopravní a 2 manipulační koleje. Na bečovském i karlovarském zhlaví jsou hlavní výhybky vybaveny samovratnými přestavníky, kdy od Bečova nad Teplou je výhybka v základní směru přestavěna na 2. kolej a od Karlových Varů na 1. kolej. Dopravna umožňuje křížování dvou osobních vlaků.

1.2.7 Karlovy Vary – Březová

Ačkoliv již Březová není součástí Karlových Varů, dopravna D3, nacházející se v km 48,431, stále nese název Karlovy Vary – Březová. V dopravně jsou 2 dopravní a 1 manipulační kolej. Dopravna disponuje dvěma úroňovými nástupišti u kolejí č. 1 a 3. Dopravna není vybavena výhybkami se samovratnými přestavníky, umožňuje tedy křížování dvou osobních vlaků, avšak s dlouhým provozním intervalem křížování, vzhledem k nutnosti přestavování výhybek doprovodem vlaku.

1.2.8 Karlovy Vary dolní nádraží

ŽST Karlovy Vary dolní nádraží leží v km 53,275. Stanicí končí řešená železniční trať. Ve stanici pak dále začíná regionální dráha Karlovy Vary dolní nádraží – Johanngeorgenstadt.

Stanice disponuje 3 dopravními kolejemi a dvěma manipulačními kolejemi. U SK č. 4 je umístěno vnější nástupiště u výpravní budovy, mezi SK č. 1 a 2 se nachází poloostrovní nástupiště přístupné přechodem. Pro příjezdy a odjezdy vlaků ve směru Bečov nad Teplou se zpravidla využívá SK č. 1.

Stanice je vybavena elektromechanickým zabezpečovacím zařízením, které je kombinované s ústředním zámekem. Všechny výhybky a výkolejky jsou přestavovány výhybkářem či výpravčím ručně, přičemž jejich pracoviště je v dopravní kanceláři ve výpravní budově. Postavení jízdní cesty, zahrnující přestavění alespoň jedné z výhybek

či výkolejek do jiné polohy, je tedy časově náročné, vzhledem k nutnosti chůze výhybkáře či výpravčího z dopravní kanceláře k místu výhybky.

1.3 Technické parametry tratě

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, trať dosahuje délky přes 53 km a je v celé délce jednokolejná a neelektrizovaná. Traťová třída zatížení odpovídá kategorii C3, tedy 20 t na nápravu / 7,2 t na běžný metr. Maximální sklon na trati činí 23 ‰. Největší povolená délka vlaků osobní dopravy je 60 m, vlaků nákladních pak 300 m. Zábřzdná vzdálenost na celé trati je stanovena na 400 m.

1.3.1 Traťové zabezpečovací zařízení

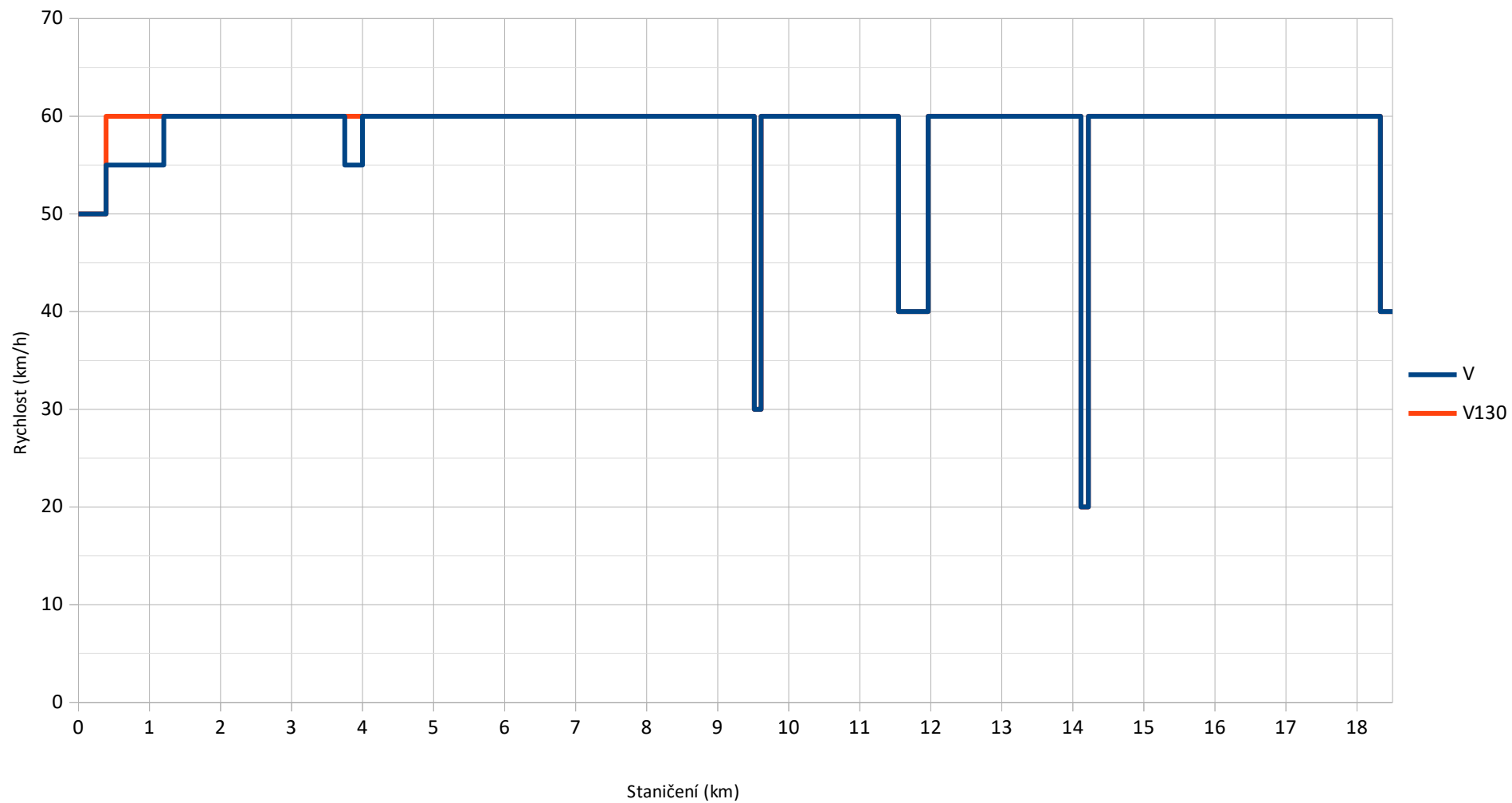
Traťové úseky nejsou vybaveny traťovým zabezpečovacím zařízením, doprava na trati se řídí dle již zmíněného předpisu SŽ D3.

1.3.2 Traťové rychlosti

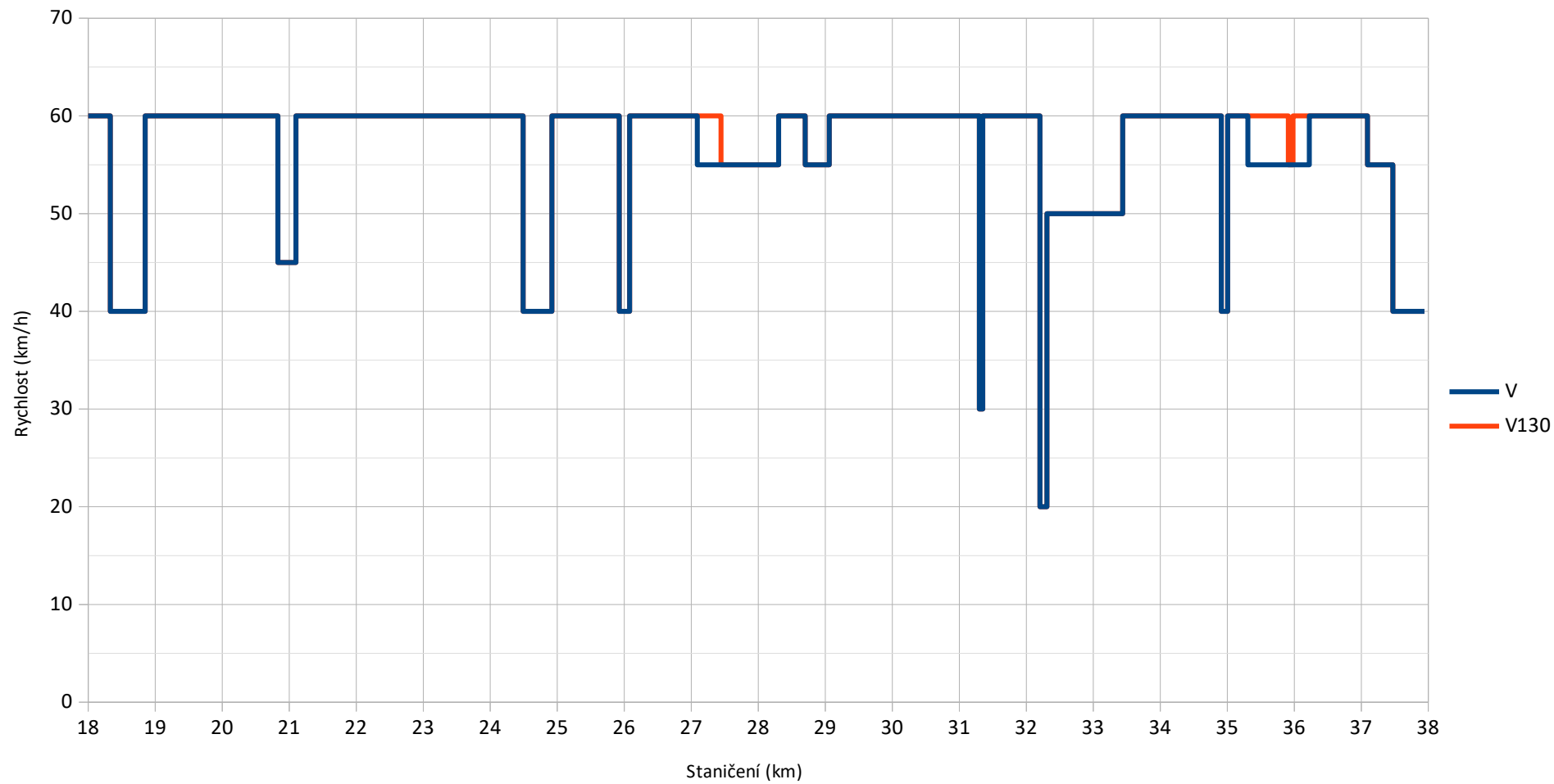
Trať je přibližně v polovině své délky vedena údolím řeky Teplé, což podstatně ovlivnilo její trasování, které je charakteristické velkým množstvím oblouků o relativně nízkých poloměrech. Předpis SŽ D3 omezuje maximální traťovou rychlost na 60 km/h. Trať je v některých úsecích vybavena rychlostním profilem V_{130} , kterého mohou využívat pouze vozidla se zatížením na nápravu nepřevyšujícím 18 t. To splňují také motorové jednotky, zajišťující vozbu pravidelných osobních vlaků na této trati.

Následující obrázky č. 4 – 9 zobrazují grafy traťové rychlosti na trati. V grafech je zobrazen standardní rychlostní profil V a profil V_{130} . Vzhledem k místy odlišným rychlostem v závislosti na směru jízdy byly vytvořeny grafy pro jízdu od začátku ke konci trati, které jsou zobrazeny prvně, a i pro jízdu ve směru opačném, které jsou zobrazeny následně. Pro přehlednost grafů byla trať rozdělena do 3 úseků. Rychlostní profil V_{130} se od standardního profilu V odlišuje vždy jen o 5 km/h.

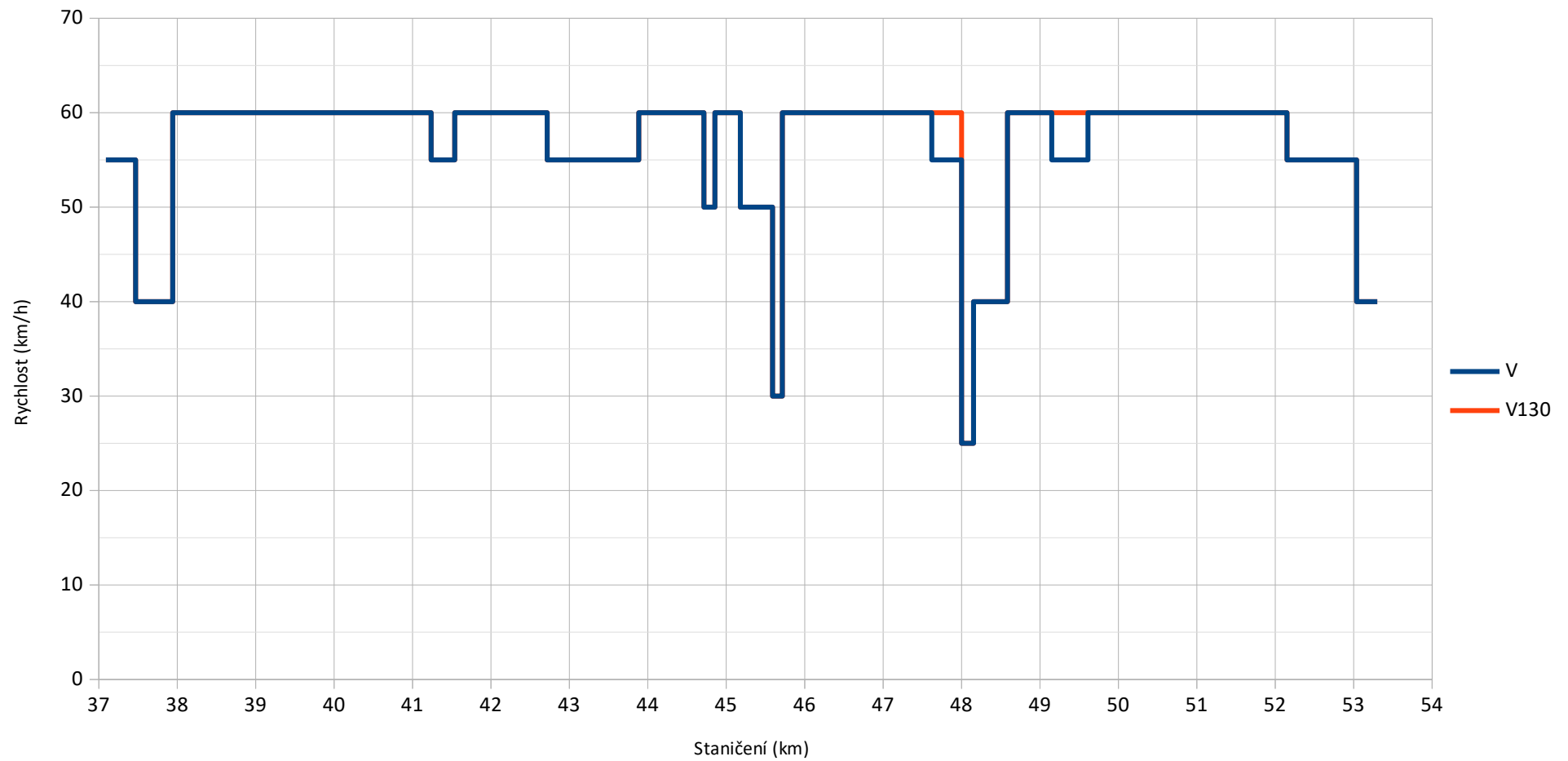
Z grafů je patrné, že na mnoha místech trati v obou směrech dochází k rychlostním propadům, nejčastěji na 15 – 30 km/h. Zdrojem těchto propadů jsou trvalé omezení rychlosti (TOR), které způsobují železniční přejezdy, zabezpečeny pouze výstražnými kříži, s rozhledovými poměry nevyhovujícími vyšším rychlostem. Tyto rychlostní propady negativně ovlivňují spotřebu energie hnacích vozidel a také prodlužují jízdní doby vlaků. K dalšímu omezení traťové rychlosti dochází ve všech dopravních D3, přes které je snížena traťová rychlost na 40 km/h. V km trati 31,300 – 31,350 je pak zavedeno TOR na 30 km/h z důvodu nevyhovujícího stavu železničního spodku.



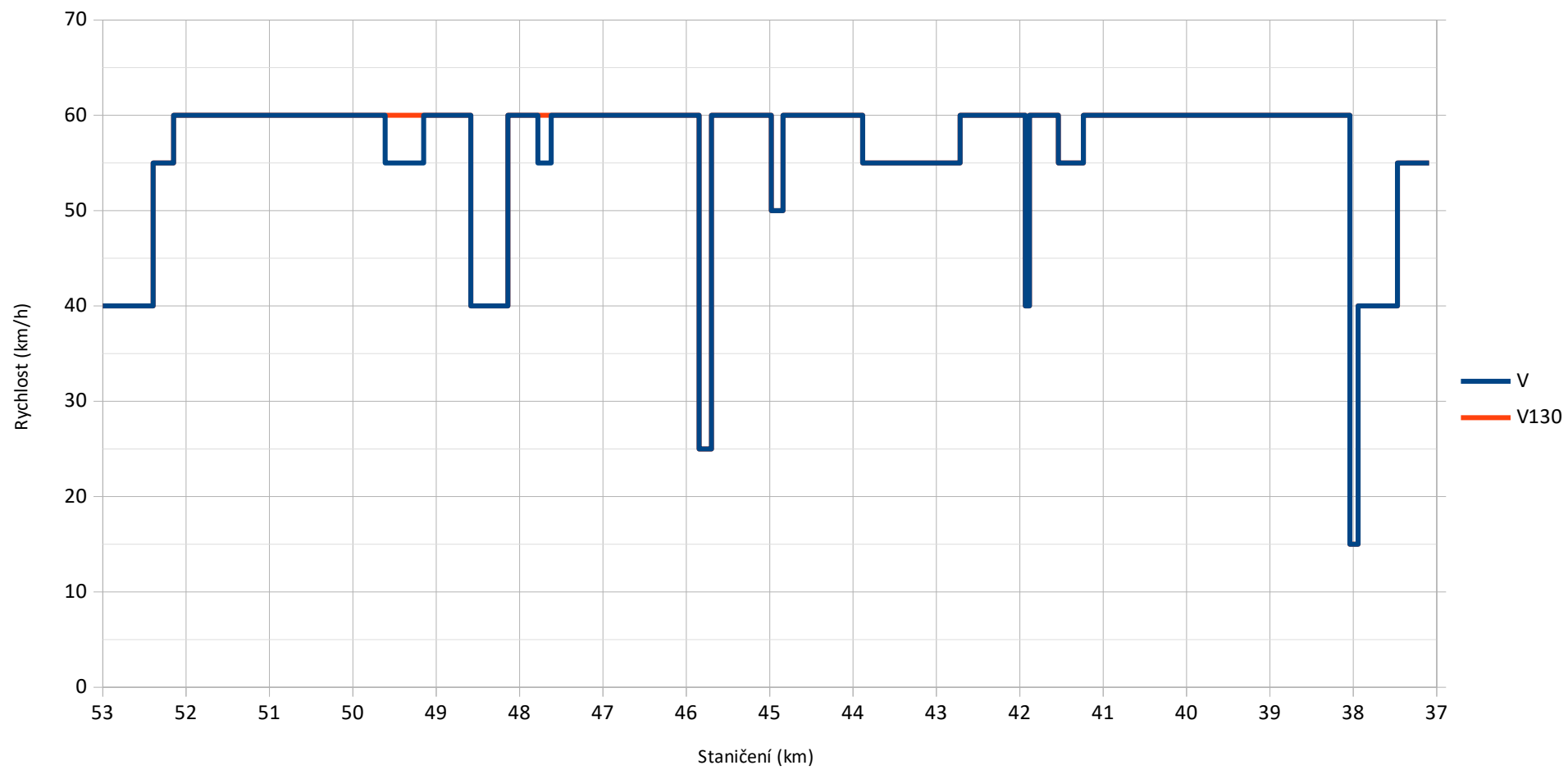
Obrázek 2: Graf současných rychlostních profilů v úseku Mariánské Lázně - Teplá
 Zdroj: autor



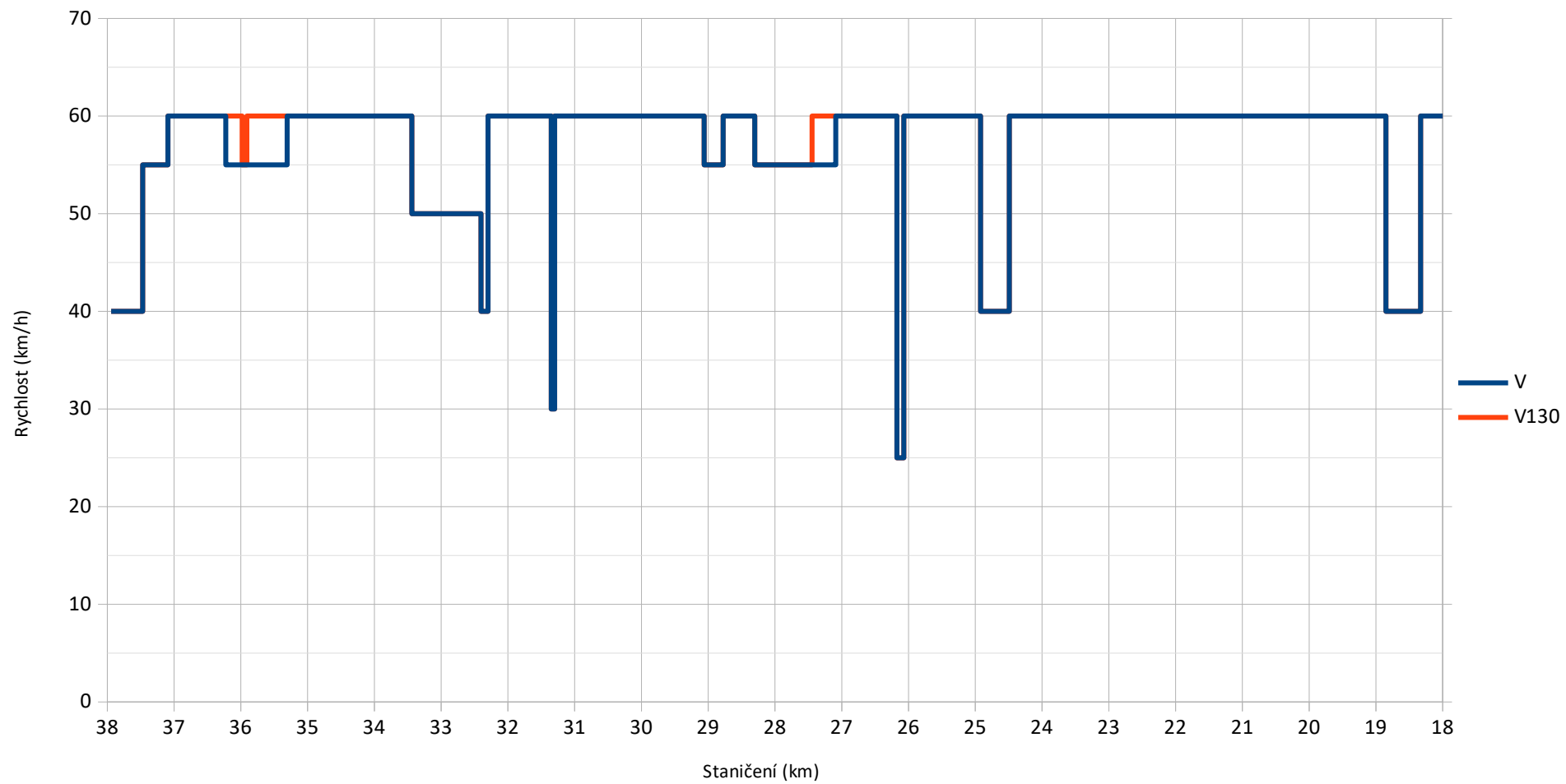
Obrázek 3: Graf současných rychlostních profilů v úseku Teplá - Krásný Jez
Zdroj: autor



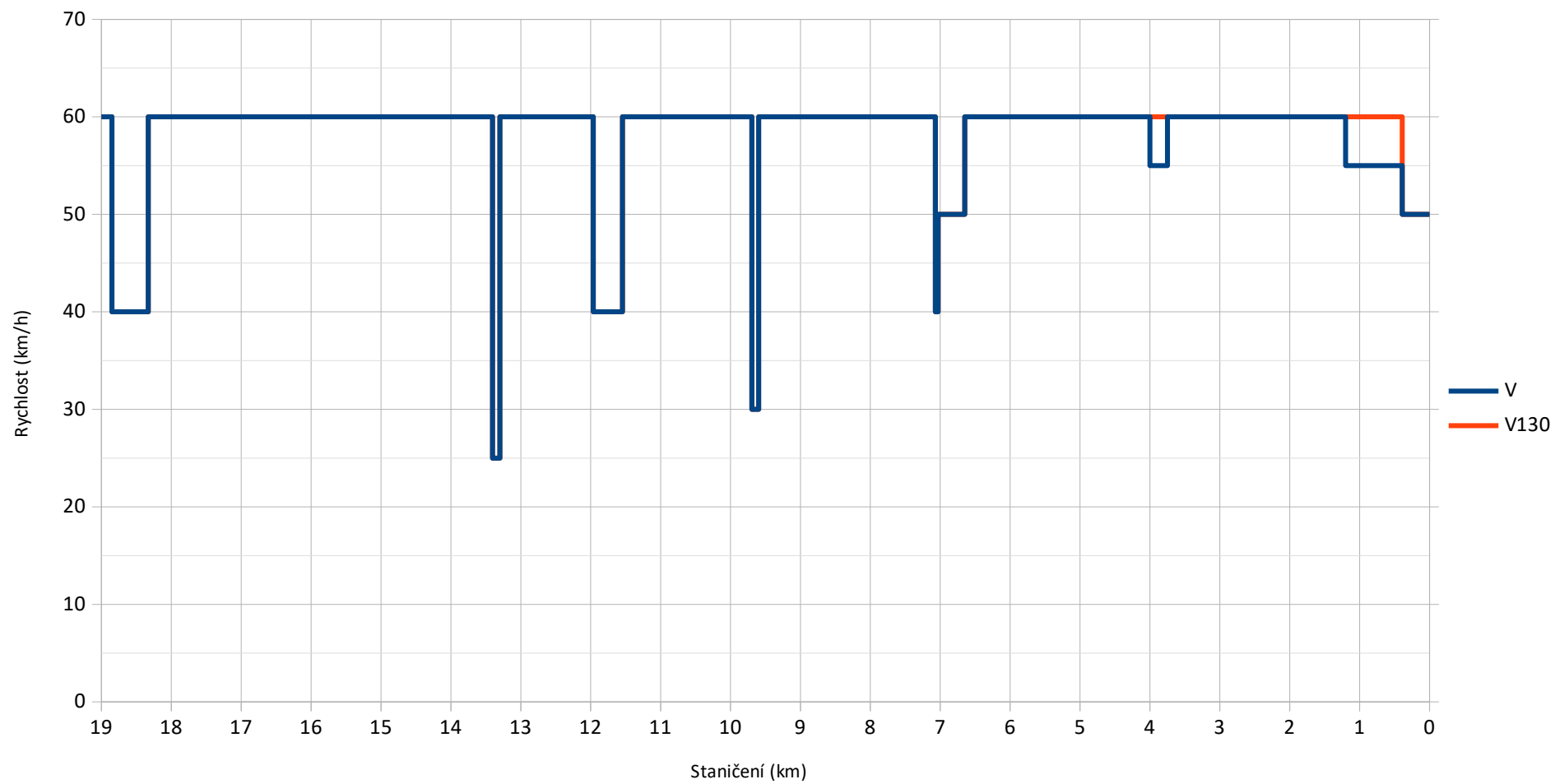
Obrázek 4: Graf současných traťových rychlostí v úseku Krásný Jez - Karlovy Vary dolní nádraží
 Zdroj: autor



Obrázek 5: Graf současných rychlostních profilů v úseku Karlovy Vary dolní nádraží - Krásný Jez
 Zdroj: autor



Obrázek 6: Graf současných rychlostních profilů v úseku Krásný Jez - Teplá
Zdroj: autor



Obrázek 7: Graf současných rychlostních profilů v úseku Teplá - Mariánské Lázně
 Zdroj: autor

1.4 Železniční přejezdy

Na řešené trati se nachází celkem 46 železničních přejezdů. 32 z nich je zabezpečeno pouze výstražnými kříži. Na 19 přejezdech se trať kříží s účelovými komunikacemi, na 16 pak s místními komunikacemi. 6 přejezdů leží na silnicích III. třídy a 5 na silnicích II. třídy.

Následující tabulka č. 2 přehledně zobrazuje jejich kompletní seznam, včetně základních informací. Ve sloupci „TOR“ (trvalé omezení rychlosti) je uvedeno, zda je kvůli rozhledovým poměrům na daném železničnímu přejezdu snižená traťová rychlost. Údaje jsou uvedeny ve formátu „směr jízdy od začátku ke konci tratě/směr jízdy od konce k začátku tratě“. Traťová rychlost alespoň v jednom směru je snižená celkem kvůli 13 přejezdům, které jsou pro přehlednost v tabulce červeně zvýrazněné. Hodnota TOR bývá mnohdy i méně než poloviční oproti běžné traťové rychlosti.

Tabulka 2: Železniční přejezdy na trati

číslo přejezdu	poloha [km]	pozemní komunikace	zabezpečení	TOR [km/h]
P348	1,023	účelová	PZS bez závor	ne/ne
P349	2,386	místní	PZS se závorami	ne/ne
P350	2,839	místní	PZS bez závor	ne/ne
P351	3,118	místní	výstražné kříže	ne/ne
P352	5,512	místní	výstražné kříže	ne/ne
P353	6,654	účelová	výstražné kříže	ne/ne
P354	7,098	účelová	výstražné kříže	ne/50
P356	9,596	účelová	výstražné kříže	30/30
P357	10,210	III/19831	PZS bez závor	ne/ne
P359	11,481	účelová	výstražné kříže	ne/ne
P360	11,970	účelová	výstražné kříže	ne/ne
P361	13,305	účelová	výstražné kříže	ne/25
P362	14,214	účelová	výstražné kříže	20/ne
P363	15,450	III/19829	výstražné kříže	ne/ne
P365	16,638	III/19829	výstražné kříže	ne/ne
P366	18,850	II/198	PZS bez závor	ne/ne
P367	20,739	účelová	výstražné kříže	ne/ne
P368	21,094	III/19830	výstražné kříže	45/ne
P369	24,420	II/210	PZS bez závor	ne/ne

P370	26,074	účelová	výstražné kříže	40/25
P371	27,692	II/230	PZS se závorami	ne/ne
P372	29,652	II/230	PZS se závorami	ne/ne
P373	31,058	účelová	výstražné kříže	ne/ne
P374	32,303	účelová	výstražné kříže	20/40
P375	33,445	II/230	PZS se závorami	ne/ne
P376	33,822	účelová	výstražné kříže	ne/ne
P377	34,996	účelová	výstražné kříže	40/ne
P378	37,928	místní	výstražné kříže	ne/15
P379	38,524	III/0205	PZS bez závor	ne/ne
P380	41,350	místní	PZS bez závor	ne/ne
P381	41,730	účelová	výstražné kříže	ne/ne
P382	43,018	III/2093	výstražné kříže	ne/ne
P383	43,657	účelová	PZZ mechanické	ne/ne
P384	44,004	účelová	výstražné kříže	ne/ne
P385	44,849	místní	výstražné kříže	50/50
P386	45,305	místní	výstražné kříže	ne/ne
P387	45,708	místní	výstražné kříže	30/25
P388	48,143	místní	výstražné kříže	25/ne
P389	48,587	místní	výstražné kříže	ne/ne
P390	49,815	místní	PZS se závorami	ne/ne
P391	50,380	místní	výstražné kříže	ne/ne
P392	51,312	účelová	výstražné kříže	ne/ne
P393	52,180	místní	výstražné kříže	ne/ne
P394	52,314	místní	PZS se závorami	ne/ne
P395	52,399	místní	výstražné kříže	ne/40
P8433	52,696	účelová	výstražné kříže	ne/ne

Zdroj: autor

1.5 Doprava na trati

V této kapitole je popsána doprava na řešené trati. V jízdním řádu 2022/2023 je zde v provozu pravidelná osobní i nákladní doprava.

1.5.1 Osobní doprava

Osobní dopravu na trati provozuje dopravce GW Train Regio a.s. na základě objednávky Karlovarského kraje. Na celé trase Mariánské Lázně – Karlovy Vary dolní nádraží je v pracovní dny i víkendy objednáno celkem 8 párů vlaků kategorie Os, 1 pár je pak veden pouze v úseku Mariánské Lázně – Bečov nad Teplou a 6 párů (v pracovní dny) je vedeno pouze v úseku Bečov nad Teplou – Karlovy Vary dolní nádraží.

Osobní vlaky jsou v provozu přibližně ve 2hodinovém taktu. Během pracovních dní v časech přepravní špičky je 2hodinový takt proložen ještě osobními vlaky v trase Bečov nad Teplou – Karlovy Vary, čímž zde vzniká hodinový takt. Vozbu osobních vlaků zajišťují motorové jednotky RegioSprinter RVT. Tyto jednotky jsou charakteristické svými dynamickými jízdními vlastnostmi, jejich akcelerace činí $1,1 \text{ m/s}^2$.



Obrázek 8: Motorová jednotka RegioSprinter RVT

Zdroj: (9)

Během letní sezóny jsou v provozu také víkendové osobní vlaky mezi Krásným Jezem a Horním Slavkovem-Kounice. Tyto vlaky provozují České dráhy, a.s., také na základě objednávky Karlovarského kraje.

1.5.2 Nákladní doprava

V JŘ 2022/2023 je na trati přidělena kapacita pro jeden pár pravidelných manipulačních vlaků dopravce ČD Cargo, a.s. v trase Karlovy Vary dolní nádraží – Teplá a zpět, s pravidelnou manipulací v ŽST Bečov nad Teplou.

1.6 Jízdní a cestovní doby

V této kapitole jsou rozebrány jízdní doby (JD) mezi jednotlivými dopravami a cestovní rychlosti vlaků v obou směrech.

Následující tabulka č. 3 zobrazuje jízdní doby pravidelných osobních vlaků na trati v obou směrech jízdy.

Tabulka 3: Vzdálenosti, jízdní doby a průměrné rychlosti od začátku ke konci tratě

úsek	JD od začátku ke konci [min]	JD od konce k začátku [min]
Mariánské Lázně – Mariánské Lázně město	3	3
Mariánské Lázně město – Vlkovice	5	5,5
Vlkovice – Milhostov	3,5	3
Milhostov – Ovesné Kladruby	3	3
Ovesné Kladruby – Mrázov	5	4
Mrázov – Teplá	4	4
Teplá – Hoštěc	3	3
Hoštěc – Poutnov	4,5	4
Poutnov – Louka u Mar. Lázní	3,5	3,5
Louka u Mar. Lázní – Bečov nad Teplou	7,5	7
Bečov nad Teplou – Vodná	3,5	3
Vodná – Krásný Jez	2	2
Krásný Jez – Krásný Jez zast.	1,5	2
Krásný Jez zast. - Teplička u K. Varů	4	4
Teplička u K. Varů – Kfely	2	2
Kfely – Cihelny	3,5	3,5
Cihelny – K. Vary-Březová	4	3,5
K. Vary-Březová – Doubí u K. Varů	1,5	2

Doubí u K. Varů – K. Vary-Aréna	1,5	1,5
K. Vary-Aréna – Karlovy Vary dolní nádr.	2,5	2,5

Zdroj: autor

Jízdní doby jsou nepřímo úměrné traťovým rychlostem. Ty jsou nejčastěji ovlivněny trasováním železniční trati, avšak zde je maximální traťová rychlost také limitována předpisem SŽ D3 na 60 km/h. Jízdní doby rovněž prodlužuje řada faktorů. Jedním z nich jsou například trvalé omezení rychlosti způsobené železničními přejezdy, které jsou zabezpečeny pouze výstražnými kříži.

Následující tabulka č. 4 zobrazuje cestovní dobu a rychlost na celé probírané trati.

Tabulka 4: Cestovní doby a rychlosti na trati

směr jízdy	cestovní doba [min]	cestovní rychlost [km/h]
od začátku ke konci tratě	75	42,6
od konce k začátku tratě	73	43,8

Zdroj: autor

Cestovní doba se rovná součtu jízdních dob a dob pobytů v dopravnách a stanicích. Doba pobytu osobních vlaků se zpravidla odvíjí od vytíženosti stanice nebo dopravní cestujícími, případně od dopravního úkonu (křížování, předjíždění). Na této trati je však kvůli řízení drážní dopravy dle předpisu SŽ D3 doba pobytu ve všech dopravnách D3 prodloužena o dobu nutnou k provedení ohlašovací povinnosti strojvedoucího.

1.6.1 Nákresný jízdní řád

Následující obrázek č. 11 zobrazuje náhled nákresného jízdního řádu probírané trati.

1.7 Shrnutí současného stavu

Na 53 km dlouhé, neelektrizované, regionální dráze nejsou mezistaniční úseky vybaveny traťovým zabezpečovacím zařízením, drážní doprava je zde řízena dle Předpisu pro zjednodušené řízení drážní dopravy SŽ D3. To omezuje maximální traťovou rychlost, prodlužuje pobyty v dopravnách D3, prodlužuje provozní intervaly křižování a podstatně zvyšuje riziko potenciální chyby lidského faktoru a následného vzniku mimořádné události.

Na trati jsou 3 železniční stanice a 5 dopraven D3. Nejvyšší traťová rychlost je 60 km/h, avšak s několika trvalými omezeními rychlosti na 15 – 40 km/h. Samotné trasování trati by však na mnoha úsecích umožnilo vyšší traťovou rychlost. Na trati se nachází celkem 46 železničních přejezdů, 32 z nich je zabezpečeno pouze výstražnými kříži, z nichž 13 je důvodem pro zmíněné TOR. Tyto přejezdy také představují potenciální riziko ve smyslu možných mimořádných událostí.

Je zde v provozu pravidelná osobní i nákladní doprava. V několika obcích na trati není zajištěna jiná obsluha veřejnou hromadnou dopravou, kromě osobních vlaků na probírané trati.

V ŽST Mariánské Lázně neexistuje vhodná přestupní vazba mezi osobními vlaky na probírané trati a expresy na trase Cheb – Plzeň – Praha a zpět.

2 NÁVRH RACIONALIZAČNÍCH OPATŘENÍ

Na základě provedené analýzy v předchozích kapitolách jsou autorem práce navržena racionalizační opatření, jejichž cílem je především zvýšení bezpečnosti železničního provozu, zvýšení traťové rychlosti, zkrácení jízdních a cestovních dob, změna konceptu jízdního řádu na trati a celkové zatraktivnění a zvýšení konkurenceschopnosti železniční osobní dopravy.

2.1 Staniční zabezpečovací zařízení

V rámci racionalizace navrhuje autor práce vybavení všech dopraven D3 staničním zabezpečovacím zařízením. Tím dojde k jejich přeznačení na železniční stanice. Autor práce také navrhuje výměnu současného SZZ za modernější typ v ŽST Karlovy Vary dolní nádraží.

2.1.1 Dopravní D3

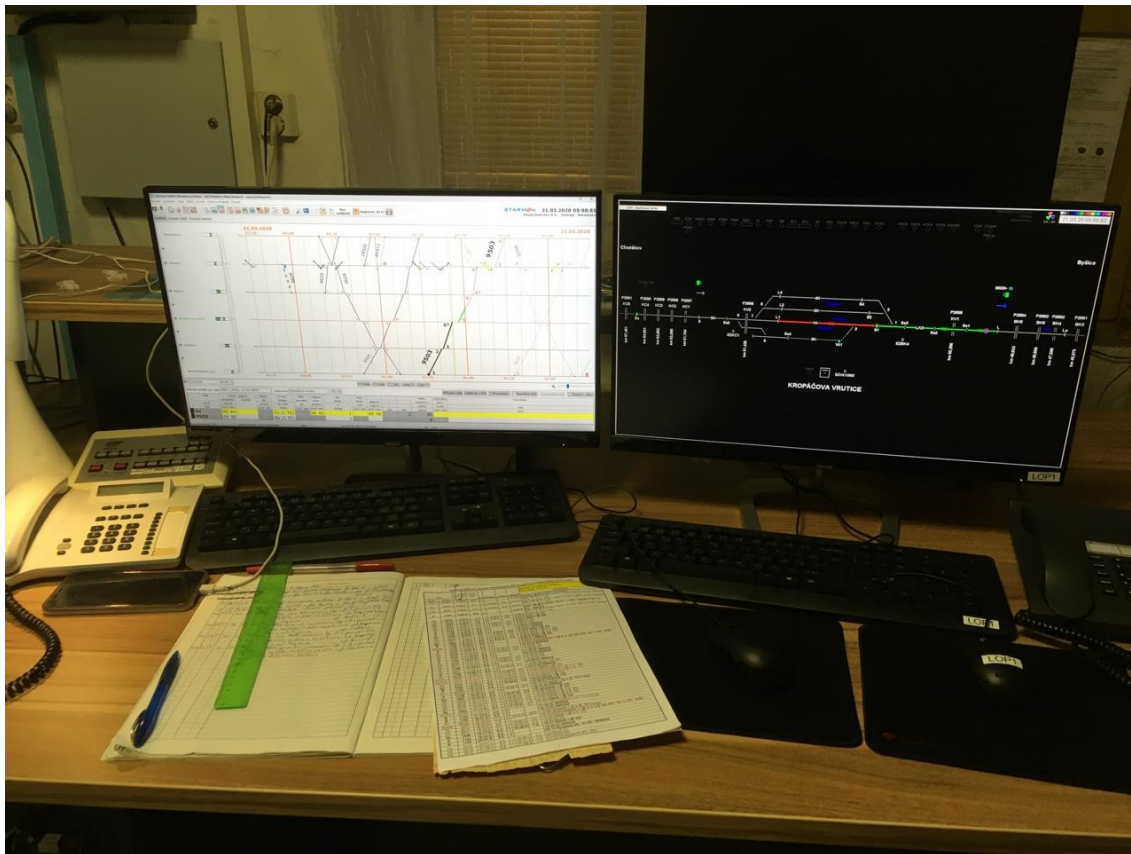
Ve všech dopravních D3 (stanicích) navrhuje autor použití elektronického staničního zabezpečovacího zařízení typu Starmon K-2002. Jedná se o SZZ 3. kategorie, které je vhodné pro malé a středně velké stanice (do 50 řízených výhybek). Výhodou tohoto typu jsou jeho nízké pořizovací i provozní náklady a také malé prostorové nároky technického zámezí SZZ. Toto stavědlo je již instalováno v ŽST Bečov nad Teplou, kde jej místně ovládá výpravčí (zároveň dirigující dispečer pro řešenou trať). Obsluha stavědla se provádí pomocí jednotného obslužného pracoviště, které umožňuje jak místní, tak také dálkové ovládání více stavědel pomocí Místního a dálkového ovládání Starmon (MaDOS).

Jako nadstavba pro stavědlo Starmon K-2002 slouží aplikace Grafická dokumentace (GRADO), která umí automaticky vést dopravní dokumentaci, přenášet data mezi ní a stavědlem a zobrazovat také aktuální nákrešný jízdní řád (NJŘ). Aplikace je obdobou graficko-technologické nadstavby (GTN) pro staniční zabezpečovací zařízení AŽD ESA.

Autor práce navrhuje dálkovou obsluhu SZZ všech stanic (dopraven D3) pomocí MaDOS výpravčím stanice Bečov nad Teplou.

Instalace SZZ do dopraven (stanic) zvýší bezpečnost železničního provozu, odstraní rychlostní propady v dopravních na 40 km/h a výrazně zkrátí provozní interval křižování. Díky SZZ dojde ale především k přechodu z řízení drážní dopravy dle

předpisu SŽ D3 na řízení dopravy dle předpisu SŽ D1. Dálkové řízení stanic zlepší přehled obsluhujícího zaměstnance (výpravčího) o aktuální situaci na trati a také zlepší možnosti operativního řízení provozu.



Obrázek 10: Stavědlo Starmon K-2002 (vpravo) a aplikace GRADO (vlevo)

Zdroj: (11)

2.1.2 ŽST Karlovy Vary dolní nádraží

Autor práce navrhuje v této ŽST výměnu současného elektromechanického SZZ za elektronické 3. kategorie, konkrétně za typ AŽD ESA. Výměna SZZ umožní podstatně rychlejší stavění jízdních cest, zvýší bezpečnost železničního provozu a umožní úsporu provozních zaměstnanců (výhybkáře). SZZ bude také doplněno o aplikaci GTN, která automaticky vede vlakovou dokumentaci a slouží jako nákrešný jízdní řád.

Autor navrhuje dálkové ovládání SZZ z pracoviště v ŽST Karlovy Vary (neleží na probírané trati), kde se již nachází regionální dispečerské pracoviště.

Následující tabulka č. 5 zobrazuje přehled staničních zabezpečovacích zařízení v jednotlivých stanicích (dopravnách) před a po racionalizaci.

Tabulka 5: Přehled stanic (dopraven) a SZZ před a po racionalizaci

název	před racionalizaci		po racionalizaci	
	druh	SZZ	druh	SZZ
Mariánské Lázně	ŽST	AŽD ESA	ŽST	AŽD ESA
Ovesné Kladruby	D3	žádné	ŽST	Starmon K-2002
Teplá	D3	žádné	ŽST	Starmon K-2002
Poutnov	D3	žádné	ŽST	Starmon K-2002
Bečov nad Teplou	ŽST	Starmon K-2002	ŽST	Starmon K-2002
Krásný Jez	D3	žádné	ŽST	Starmon K-2002
Březová u Karlových Varů	D3	žádné	ŽST	Starmon K-2002
Karlovy Vary dolní nádraží	ŽST	elektromechanické	ŽST	AŽD ESA

Zdroj: autor

2.2 Traťové zabezpečovací zařízení

Autor práce navrhuje vybavení všech mezistaničních úseků traťovým zabezpečovacím zařízením 3. kategorie, konkrétně navrhuje použití obousměrného automatického hradla (AH) bez návěstního bodu. Toto TZZ nedovolí postavení vlakové cesty (VC) do obsazeného traťového úseku a to jak v případě jízdy protisměrné, tak i při jízdě následné. Instalace TZZ AH zabezpečí mezistaniční jízdu vlaků a podstatně zvýší bezpečnost železniční dopravy.

2.3 Železniční přejezdy

V rámci racionalizace navrhuje autor práce také úpravu vybraných železničních přejezdů. Navrženo je vybavení 22 přejezdů světelným přejezdovým zabezpečovacím zařízením bez závor a vybavení 3 přejezdů PZS se závorami. 5 přejezdů je pak navrženo ke zrušení, vzhledem k existenci blízké a vhodné objízdné trasy.

Následující tabulka č. 6 přehledně zobrazuje změny v železničních přejezdech, včetně porovnání se stavem před racionalizací.

Tabulka 6: Železniční přejezdy před a po racionalizaci

číslo přejezdu	poloha [km]	pozemní komunikace	zabezpečení před racionalizací	zabezpečení po racionalizaci
P348	1,023	účelová	PZS bez závor	PZS bez závor
P349	2,386	místní	PZS se závorami	PZS se závorami
P350	2,839	místní	PZS bez závor	PZS bez závor
P351	3,118	místní	výstražné kříže	výstražné kříže
P352	5,512	místní	výstražné kříže	výstražné kříže
P353	6,654	účelová	výstražné kříže	zrušen
P354	7,098	účelová	výstražné kříže	PZS bez závor
P356	9,596	účelová	výstražné kříže	zrušen
P357	10,210	III/19831	PZS bez závor	PZS bez závor
P359	11,481	účelová	výstražné kříže	PZS bez závor
P360	11,970	účelová	výstražné kříže	zrušen
P361	13,305	účelová	výstražné kříže	PZS bez závor
P362	14,214	účelová	výstražné kříže	PZS bez závor
P363	15,450	III/19829	výstražné kříže	PZS se závorami
P365	16,638	III/19829	výstražné kříže	PZS se závorami
P366	18,850	II/198	PZS bez závor	PZS bez závor
P367	20,739	účelová	výstražné kříže	zrušen
P368	21,094	III/19830	výstražné kříže	PZS se závorami
P369	24,420	II/210	PZS bez závor	PZS bez závor
P370	26,074	účelová	výstražné kříže	PZS bez závor
P371	27,692	II/230	PZS se závorami	PZS se závorami
P372	29,652	II/230	PZS se závorami	PZS se závorami
P373	31,058	účelová	výstražné kříže	PZS bez závor
P374	32,303	účelová	výstražné kříže	PZS bez závor
P375	33,445	II/230	PZS se závorami	PZS se závorami
P376	33,822	účelová	výstražné kříže	PZS bez závor
P377	34,996	účelová	výstražné kříže	PZS bez závor
P378	37,928	místní	výstražné kříže	PZS bez závor
P379	38,524	III/0205	PZS bez závor	PZS bez závor
P380	41,350	místní	PZS bez závor	PZS bez závor
P381	41,730	účelová	výstražné kříže	PZS bez závor
P382	43,018	III/2093	výstražné kříže	PZS bez závor
P383	43,657	účelová	PZZ mechanické	PZS bez závor

P384	44,004	účelová	výstražné kříže	PZS bez závor
P385	44,849	místní	výstražné kříže	PZS bez závor
P386	45,305	místní	výstražné kříže	PZS bez závor
P387	45,708	místní	výstražné kříže	PZS bez závor
P388	48,143	místní	výstražné kříže	PZS bez závor
P389	48,587	místní	výstražné kříže	výstražné kříže
P390	49,815	místní	PZS se závorami	PZS se závorami
P391	50,380	místní	výstražné kříže	PZS bez závor
P392	51,312	účelová	výstražné kříže	PZS bez závor
P393	52,180	místní	výstražné kříže	PZS bez závor
P394	52,314	místní	PZS se závorami	PZS se závorami
P395	52,399	místní	výstražné kříže	PZS bez závor
P8433	52,696	účelová	výstražné kříže	zrušen

Zdroj: autor

Na přejezdech č. P351, P352 a P389 je navrženo ponechání zabezpečení výstražnými kříži, jelikož místní komunikace zde není přístupná motorovým vozidlům a rozhledové poměry na přejezdech jsou vyhovující.

2.4 ETCS

Autor práce navrhuje vybavení trati evropským vlakovým zabezpečovačem ETCS. Navrženo je použití ETCS Regional, konkrétně verze ETCS STOP varianta D1. Jedná se o verzi ETCS, určenou pro regionální tratě s řízením provozu dle předpisu SŽ D1. Tato varianta je bodovým zabezpečovačem, fungujícím na základě čtení ETCS eurobalíz vedoucím vozidlem. Zabezpečovač hlídá nejvyšší dovolenou rychlost v daném úseku a také restriktivně vyhodnotí projetí návěsti zakazující jízdu.



Obrázek 11: Eurobalíza ETCS v kolejšti – traťová část ETCS

Zdroj: (13)

Díky zabezpečovači ETCS bude výrazně sníženo riziko potenciální chyby lidského faktoru strojvedoucího a tedy dojde k dalšímu zásadnímu zvýšení bezpečnosti železničního provozu.

2.5 Zvýšení traťové rychlosti

Autor práce navrhuje zvýšení traťové rychlosti ve stávající stopě trati bez přeložek. Přeložky trati nejsou navrženy z důvodu jejich ekonomické i projekčně-administrativní náročnosti, která je neúměrně vysoká vůči významu trati.

2.5.1 Odstranění trvalých omezení rychlosti

Vybavení přejezdů PZS umožní odstranění trvalých omezení rychlosti (TOR), které jsou způsobeny nevyhovujícími rozhledovými poměry na daných přejezdech. Konkrétně bude odstraněno 13 TOR, čímž bude v daných místech umožněno maximální využití směrových poměrů trati. TOR mnohdy znamenaly rychlostní propady až na 15 – 30 km/h. Odstranění TOR sníží spotřebu energie hnacích vozidel a umožní zkrácení jízdních dob.

V km trati 31,300 – 31,350 je navržena sanace železničního spodku, která umožní odstranění TOR na 30 km/h.

Díky staničnímu zabezpečovacímu zařízení bude možné odstranit omezení TR na 40 km/h přes stanici (dopravnu D3).

2.5.2 Traťová rychlost po racionalizaci

Přechod na řízení drážní dopravy dle předpisu SŽ D1 dále umožní zvýšení maximální TR nad 60 km/h. Zvýšení TR profilu V_{130} nad 60 km/h je ve stávající stopě trati možné celkem na 45,492 km železniční trati, což činí přibližně 85 % její celkové délky. Ke zvýšení traťových rychlostí jsou maximálně využity současné směrové poměry trati.

Následující tabulka č. 7 přehledně zobrazuje délku úseků s danou traťovou rychlostí před a po racionalizaci. Před racionalizací je ke srovnání využit směr od začátku ke konci tratě, po racionalizaci nejsou TR rozdílné v závislosti na směru jízdy. Zobrazen je rychlostní profil V_{130} .

Tabulka 7: Rozbor TR profilu V_{130} před a po racionalizaci

před racionalizací			po racionalizaci		
TR [km/h]	délka [km]	podíl	TR [km/h]	délka [km]	podíl
20	0,21	0,39 %	20	0	0,00 %
25	0,153	0,29 %	25	0	0,00 %
30	0,27	0,51 %	30	0	0,00 %
40	2,76	5,18 %	40	0	0,00 %
45	0,27	0,51 %	45	0	0,00 %
50	2,07	3,89 %	50	1,448	2,72 %
55	4,024	7,55 %	55	1,563	2,93 %
60	43,518	81,69 %	60	4,772	8,96 %
65	0	0,00 %	65	16,747	31,44 %
70	0	0,00 %	70	12,34	23,16 %
75	0	0,00 %	75	1,29	2,42 %
80	0	0,00 %	80	3,355	6,30 %
90	0	0,00 %	90	1,908	3,58 %
95	0	0,00 %	95	4,845	9,09 %
100	0	0,00 %	100	5,007	9,40 %

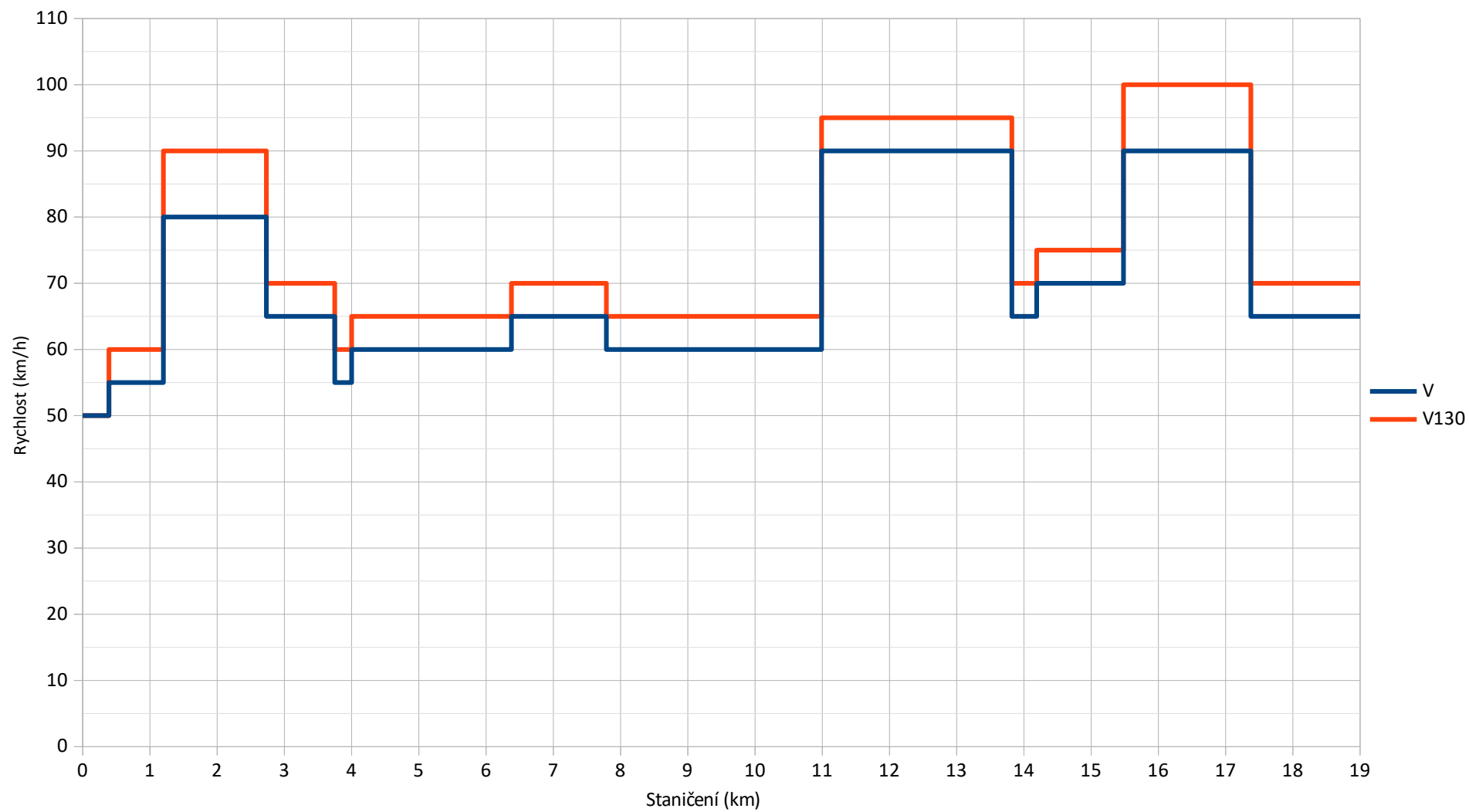
Zdroj: autor

Výpočet navrhovaných TR v závislosti na směrových obloucích provedl autor práce pomocí vzorce:

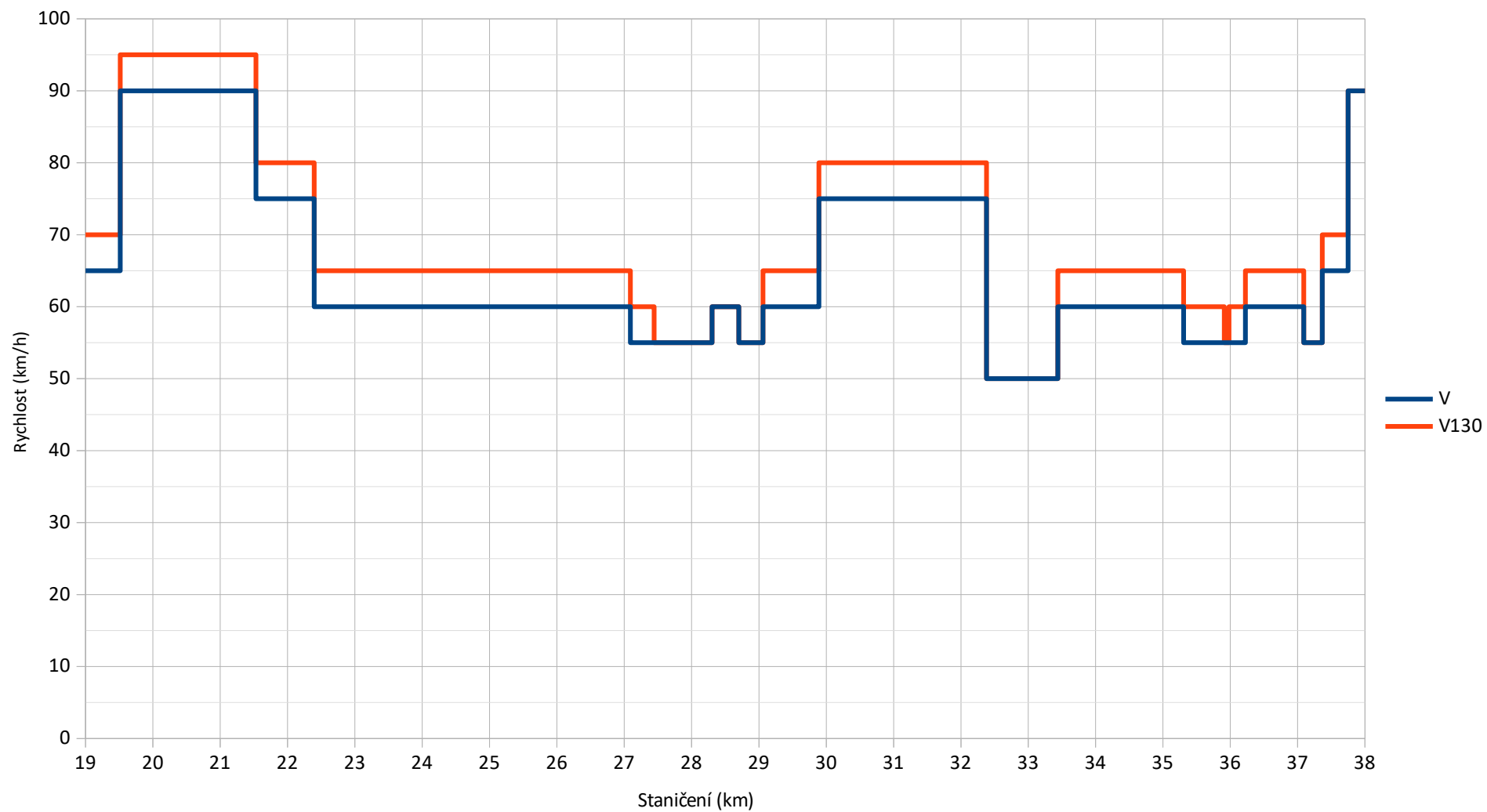
$$V = \sqrt{\frac{R \times D}{7,1}}$$

Ve kterém V značí rychlost, R poloměr směrového oblouku a D převýšení koleje ve směrovém oblouku. Převýšení koleje v obloucích navrhuje autor práce na 150 mm.

Následující obrázky č. 14, 15 a 16 zobrazují grafy traťové rychlosti po racionalizaci. V grafech jsou zobrazeny rychlostní profily V a V_{130} . Trať byla pro přehlednost grafů rozdělena na 3 úseky, přičemž se TR již neliší v závislosti na směru jízdy.

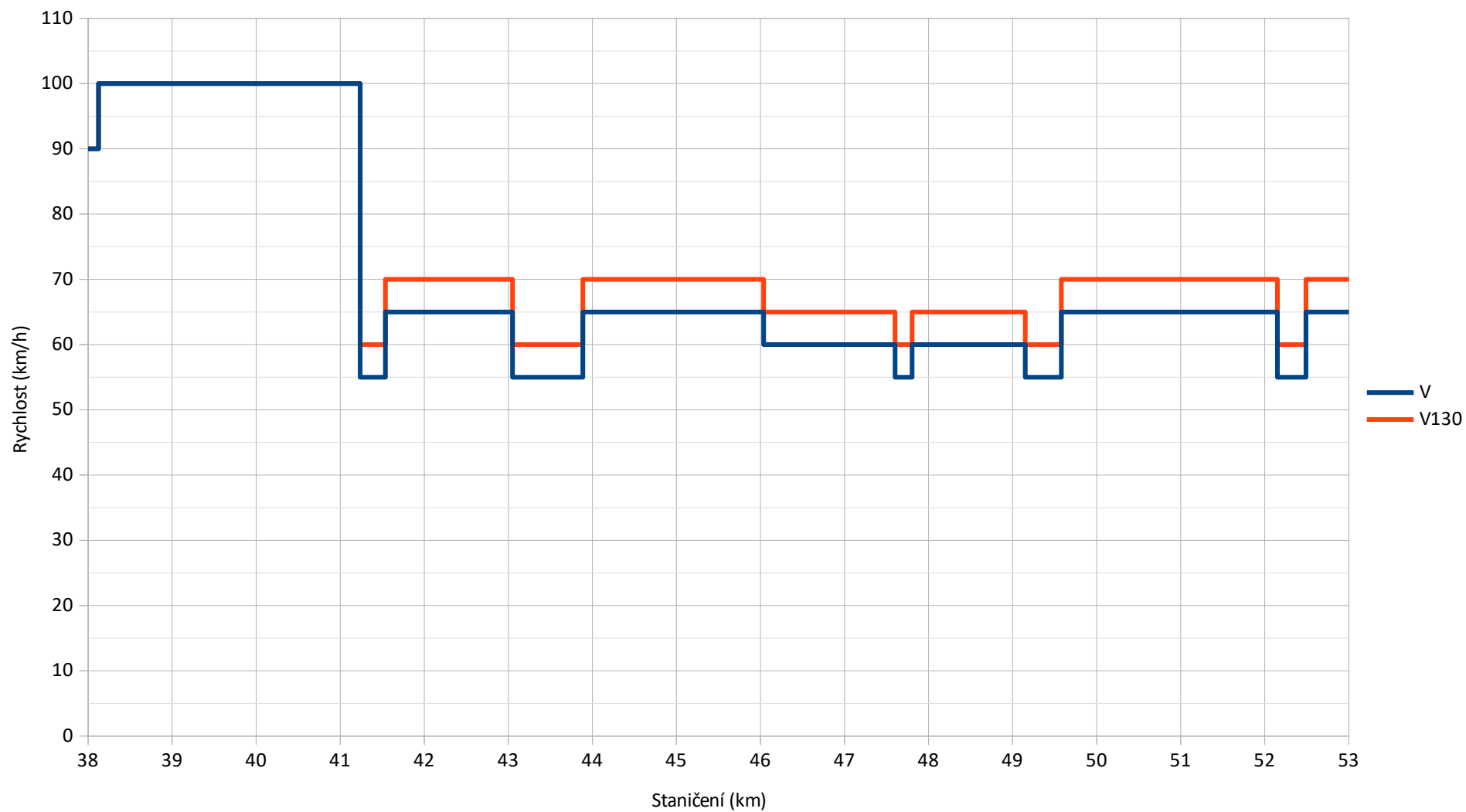


Obrázek 12: Graf traťové rychlosti v úseku Mariánské Lázně - Teplá
 Zdroj: autor



Obrázek 13: Graf trat'ové rychlosti v úseku Teplá - Krásný Jez

Zdroj: autor



Obrázek 14: Graf traťové rychlosti v úseku Krásný Jez - Karlovy Vary dolní nádraží

Zdroj: autor

3 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ

Díky navrženým racionalizačním opatřením dojde k zásadním změnám v železničním provozu na trati a v jeho organizování. Tyto změny budou rozebrány v této kapitole.

3.1 Bezpečnost železničního provozu

Vybudování zabezpečovacího zařízení umožní minimalizovat riziko chyby lidského faktoru, což značně přispěje k podstatně bezpečnějšímu železničnímu provozu.

V obvodech ŽST bude díky staničnímu zabezpečovacímu zařízení 3. kategorie vyloučena možnost postavení dvou současně vzájemně se rušících jízdních cest a postavení vlakové cesty na obsazenou staniční kolej.

Díky TZZ AH bude vyloučena možnost postavení vlakové cesty, resp. rozsvícení dovolující návěsti na odjezdovém návěstidle stanice do mezistaničního oddílu, v případě obsazeného oddílu. Toto platí pro jízdu následnou (vlak jede stejným směrem jako předchozí na trati) i protisměrnou (vlak jede směrem opačným ke směru vlaku na trati).

Vybudováním světelných přejezdových zabezpečovacích zařízení na přejezdech, které jsou nyní zabezpečeny pouze výstražnými kříži, dojde ke snížení rizika střetu drážního vozidla se silničním vozidlem, případně s chodcem či cyklistou.

Vybavení tratě (a vozidel) ETCS pak eliminuje riziko potenciální chyby strojvedoucího, konkrétně nedovolí překročení nejvyšší dovolené rychlosti a restriktivně zasáhne v případě projetí návěsti zakazující jízdu.

3.2 Provozní intervaly

Provozním intervalem křižování (PIK) se rozumí nejkratší čas mezi příjezdem prvního vlaku do stanice a odjezdem druhého vlaku opačného směru do téhož prostorového oddílu. Provozní interval následné jízdy (PINJ) je nejkratší čas mezi vjezdem prvního vlaku do přední dopravní a odjezdem druhého vlaku stejným směrem ze zadní dopravní.

Provozní interval se skládá z dynamické (t_d) a statické složky (t_{st}), přičemž dynamickou složkou se rozumí doba pohybu vlaku a statickou složkou se rozumí doba vykonávání předepsaných dopravních úkonů. Statická složka pak dále skládá ze dvou částí, výpočet celkové statické složky se provádí součtem obou částí:

$$t_{st} = t_{st1} + t_{st2}$$

Kdy t_{st1} označuje úkony spjaté s prvním vlakem a t_{st2} pak úkony spjaté s odjezdem druhého vlaku.

3.2.1 Provozní interval křižování

Vybudování SZZ a TZZ 3. kategorie umožní zkrácení PIK, zejména jeho statické složky.

Následující tabulky č. 8 a 9 zobrazují rozbor statických složek PIK. První tabulka zobrazuje rozbor před racionalizací v dopravně D3 s výhybkami se samovratnými přestavníky. Druhá tabulka pak zobrazuje statické složky PIK v ŽST s elektronickým SZZ 3. kategorie.

Tabulka 8: Provozní interval křižování v dopravně D3 před racionalizací

složka	pořadí	úkon	vykonává	doba [min]
t_{st1}	1	ohlašovací povinnost 1. vlaku	strojvedoucí 1. vlaku	0,25
	2	souhlas / zákaz k odjezdu 1. vlaku do prostorového oddílu	dirigující dispečer	0,25
t_{st2}	3	ohlašovací povinnost 2. vlaku	strojvedoucí 2. vlaku	0,25
	4	souhlas k odjezdu 2. vlaku do prostorového oddílu	dirigující dispečer	0,25
	5	převzetí pokynu	strojvedoucí 2. vlaku	0,15
	6	úkony dopravce před odjezdem vlaku	doprovod 2. vlaku	0,15
$t_{st1}+t_{st2}$		celkem		1,30

Zdroj: autor

Tabulka 9: Provozní interval křižování v ŽST s elektronickým SZZ po racionalizaci

složka	pořadí	úkon	vykonává	doba [min]
t_{st1}	1	rušení VC po vjezdu 1. vlaku	SZZ	0,05
t_{st2}	2	změna traťového souhlasu	výpravčí DOZ	0,10
	3	obsluha SZZ pro VC 2. vlaku	výpravčí DOZ	0,10
	4	přestavení výhybek + závěr VC	SZZ	0,10
	5	převzetí návěsti	strojvedoucí 2. vlaku	0,05
	6	úkony dopravce před odjezdem vlaku	doprovod 2. vlaku	0,15
$t_{st1}+t_{st2}$	celkem			0,55

Zdroj: autor

Po racionalizaci dojde díky SZZ a TZZ 3. kategorie ke zkrácení statické složky PIK o 0,75 minuty, tedy o 45 sekund. Zkrácení statických složek PIK umožní zkrátit celkový čas potřebný ke křižování protijedoucích vlaků ve stanici.

3.2.2 Provozní interval následné jízdy

Provozním intervalem následné jízdy se rozumí doba mezi příjezdem prvního vlaku do přední dopravní a následným odjezdem druhého vlaku ze zadní dopravní stejným směrem. Následující tabulky č. 10 a 11 zobrazují rozbor PINJ před a po racionalizaci.

Tabulka 10: Provozní interval následné jízdy před racionalizací

složka	pořadí	úkon	vykonává	doba [min]
t_{st1}	1	ohlašovací povinnost 1. vlaku	strojvedoucí 1. vlaku	0,25
	2	souhlas / zákaz k odjezdu 1. vlaku do dalšího prostorového oddílu	dirigující dispečer	0,25
t_{st2}	3	obsluha telefonu	dirigující dispečer	0,15
	4	souhlas k odjezdu 2. vlaku do prostorového oddílu	dirigující dispečer	0,25
	5	převzetí pokynu	strojvedoucí 2. vlaku	0,15
	6	úkony dopravce před odjezdem vlaku	doprovod 2. vlaku	0,15
$t_{st1}+t_{st2}$	celkem			1,20

Zdroj: autor

Tabulka 11: Provozní interval následné jízdy po racionalizaci

složka	pořadí	úkon	vykonává	doba [min]
t_{st1}	1	automatická odhláška za 1. vlakem	TZZ	0,05
t_{st2}	2	obsluha SZZ pro VC 2. vlaku	výpravčí DOZ	0,10
	3	přestavení výhybek + závěr VC	SZZ	0,10
	4	převzetí návěsti	strojvedoucí 2. vlaku	0,05
	5	úkony dopravce před odjezdem vlaku	doprovod 2. vlaku	0,15
$t_{st1}+t_{st2}$	celkem			0,45

Zdroj: autor

V případě statické složky provozního intervalu následné jízdy dojde díky racionalizaci provozu k jejímu zkrácení opět o 0,75 min, tedy 45 s.

3.3 Jízdní a cestovní doby

Navržená racionalizační opatření na trati umožní zkrácení jízdních a cestovních dob vlaků. Jízdní doby (JD) budou zkráceny zejména díky navrženému zvýšení traťové rychlosti a odstranění trvalých omezení rychlosti. Ve stanicích (před racionalizací dopravních D3) bude pak také možné zkrátit doby pobytů o dobu nutnou k provedení ohlašovací povinnosti. Doby pobytů se budou nově odvíjet pouze od vytížení dané stanice cestujícími, případně od dopravních úkonů (křížování).

3.3.1 Jízdní doby

Následující tabulka č. 12 přehledně zobrazuje srovnání jízdních dob pravidelných osobních vlaků na trati před a po racionalizaci. JD před racionalizací jsou zobrazeny ve směru jízdy od začátku ke konci tratě. Pro zjištění jízdních dob po racionalizaci provozu provedl autor práce vlastní simulaci jízdy vlaku.

Tabulka 12: Jízdní doby osobních vlaků před a po racionalizaci

úsek	JD před racionalizací [min]	JD po racionalizaci [min]
Mariánské Lázně – Mariánské Lázně město	3	3
Mariánské Lázně město – Vlkovice	5	4,5
Vlkovice – Milhostov	3,5	3
Milhostov – Ovesné Kladruby	3	2,5
Ovesné Kladruby – Mrázov	5	3,5
Mrázov – Teplá	4	3
Teplá – Hoštěc	3	2,5
Hoštěc – Poutnov	4,5	3,5
Poutnov – Louka u Mar. Lázní	3,5	2,5
Louka u Mar. Lázní – Bečov nad Teplou	7,5	6
Bečov nad Teplou – Vodná	3,5	3,5
Vodná – Krásný Jez	2	2
Krásný Jez – Krásný Jez zast.	1,5	1,5
Krásný Jez zast. - Teplička u K. Varů	4	3
Teplička u K. Varů – Kfely	2	1,5
Kfely – Karlovy Vary-Cihelny	3,5	3
Karlovy Vary-Cihelny – Březová u K. Varů	4	3
Březová u K. Varů – Karlovy Vary-Doubí	1,5	1,5
Karlovy Vary-Doubí – Karlovy Vary-Aréna	1,5	1,5
Karlovy Vary-Aréna – Karlovy Vary dolní nádr.	2,5	2

Zdroj: autor

Autor práce navrhuje změnu názvu ŽST Karlovy Vary-Březová na Březová u Karlových Varů, jelikož se již jedná o samostatnou obec, nikoliv o součást Karlových Varů. Opačná úprava názvu je pak navržena v případě zastávek Cihelny a Doubí u Karlových Varů, kdy je vhodné zastávky přejmenovat na Karlovy Vary-Cihelny a Karlovy Vary-Doubí, jelikož se zde naopak o součásti obce již jedná.

3.3.2 Cestovní doby

Díky zkrácení jízdních dob a také pobytů ve stanicích (bývalých dopravních D3) budou zkráceny samotné cestovní doby a zvýšeny cestovní rychlosti na trati. Cestovní doba po racionalizaci bude činit 61 minut, což je oproti původním 75, resp. 73 minutám zkrácení

o 14, resp. 12 minut. Cestovní době 61 minut odpovídá cestovní rychlost (průměrná, vč. všech pobytů) přibližně 51,5 km/h. Nové cestovní doby jsou srovnatelné s cestovními dobami individuální automobilové dopravy mezi jednotlivými sídly na trati.

3.4 Jízdní řád

Navržená racionalizační opatření a kratší jízdní doby umožní změnu koncepce jízdního řádu osobních vlaků na trati. Autor práce navrhuje vytvoření přestupní vazby v ŽST Mariánské Lázně mezi osobními vlaky na řešené trati a expresními vlaky na trase Cheb – Plzeň – Praha a zpět. Dále navrhuje autor práce prodloužení vložených spojů Karlovy Vary dolní nádr. – Bečov nad Teplou až do ŽST (dříve dopravna D3) Teplá.

3.4.1 Přestupní vazby

Ex ve směru Cheb – Praha přijíždí do ŽST Mariánské Lázně v S:52 (sudou hodinu a 52 minut). Ve směru Praha – Cheb je to pak v L:06 (lichou hodinu a 6 minut). Na základě toho navrhl autor práce nový jízdní řád pro řešenou trať, ve kterém navrhuje příjezd osobních vlaků do ŽST Mar. Lázně v S:42 a odjezd v L:16. Díky tomu dojde k vytvoření přestupní vazby na expresní vlaky v relaci Cheb – Plzeň – Praha a zpět.

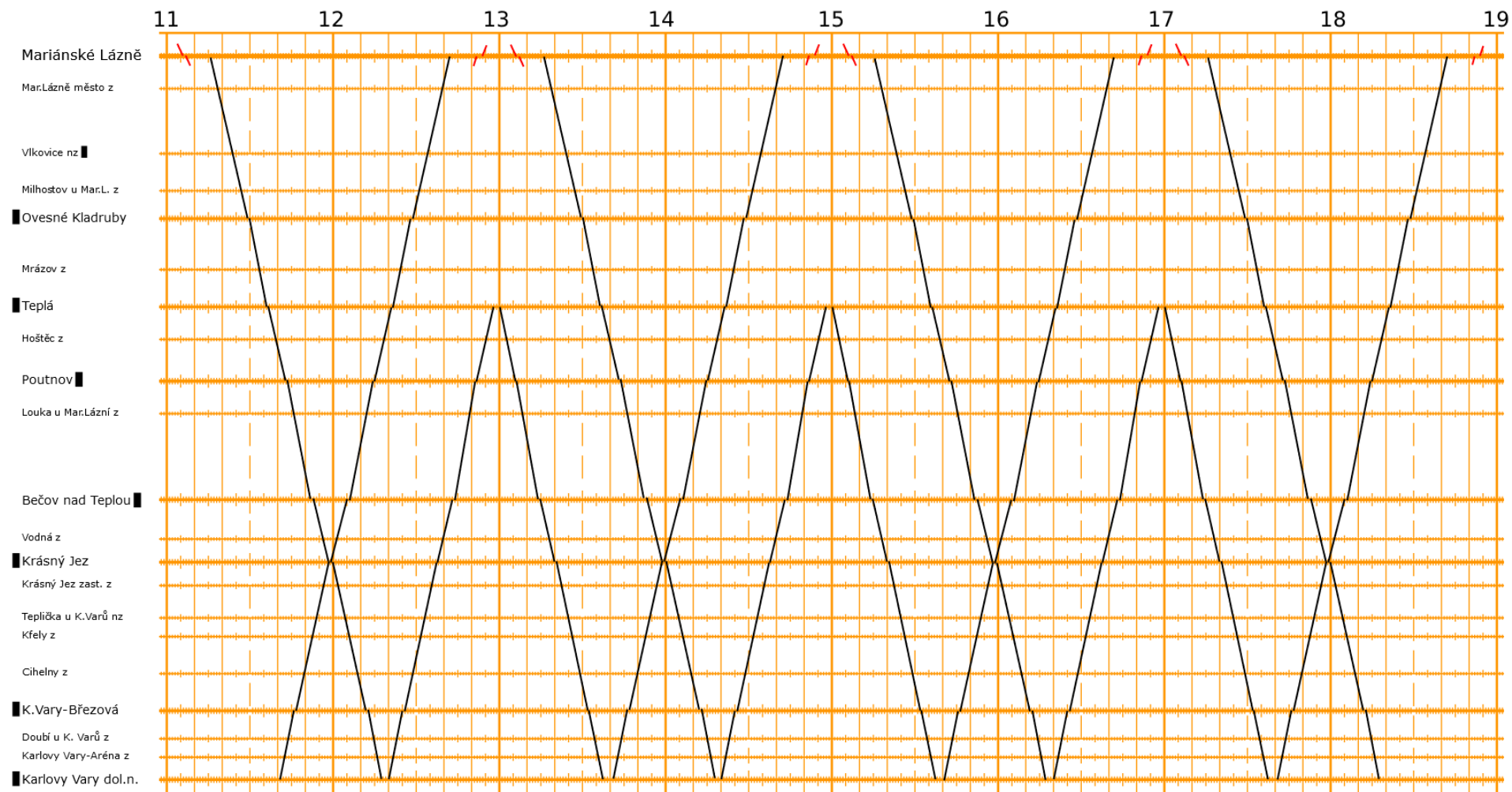
Vytvoření přestupní vazby povede k vyšší míře využitelnosti železniční osobní dopravy pro nadregionální cesty a tedy i k vyšší atraktivitě a konkurenceschopnosti železniční dopravy.

3.4.2 Vložené spoje

Díky navržené koncepci JŘ a racionalizačním opatřením je možné prodloužit vložené špičkové spoje Karlovy Vary dolní nádraží – Bečov nad Teplou až do ŽST Teplá. Tím bude podstatně zlepšena dopravní obslužnost města Teplá, včetně jeho spojení s Karlovými Vary, jakožto s krajským městem. U těchto vložených spojů je z časových důvodů navrženo projíždění zastávky Louka u Mariánských Lázní, která je však kvůli její velké vzdálenosti od jakékoliv obytné zástavby prakticky nevyužívaná.

3.4.3 Nákresný jízdní řád

Následující obrázek č. 17 zobrazuje nákresný jízdní řád navrhovaného JŘ osobní dopravy. V ŽST Mariánské Lázně jsou červeně vyznačeny příjezdy a odjezdy expresů v relaci Cheb – Plzeň – Praha a zpět.



Obrázek 15: Náhled nákresného navrhovaného jízdního řádu

Zdroj: autor

ZÁVĚR

Na základě provedené analýzy současného stavu tratě Mariánské Lázně – Karlovy Vary dolní nádraží zjistil autor práce několik nedostatků, zejména v dopravní technologii řízení drážní dopravy. Ta neumožňuje využít maximálního potenciálu trati, ať už v oblasti technických parametrů, či v oblasti konceptu jízdního řádu. Vzhledem ke způsobu organizování a řízení drážní dopravy závisí bezpečnost provozu prakticky pouze na lidském faktoru.

Jako řešení zjištěné problematiky navrhl autor práce několik tzv. racionalizačních opatření, jejichž cílem je podstatně vyšší bezpečnost železničního provozu, kratší cestovní doby, vyšší míra využitelnosti železniční dopravy na trati i pro nadregionální cesty, vyšší míra dostupnosti železniční dopravy a celkové zatraktivnění a zvýšení konkurenceschopnosti železniční osobní dopravy.

V rámci racionalizačních opatření je navrženo vybavení dopraven D3 (stanic) elektronickým staničním zabezpečovacím zařízením 3. kategorie a změna řízení drážní dopravy dle předpisu SŽ D3 na řízení dle předpisu SŽ D1. Dále je navrženo vybavení mezistaničních úseků traťovým zabezpečovacím zařízením 3. kategorie. Navrženo je také vybudování PZS na železničních přejezdech, které jsou zabezpečeny pouze výstražnými kříži.

Díky těmto opatřením bude možné zvýšit traťovou rychlost a tím také zkrátit jízdní doby, čímž dojde ke zkrácení celkových cestovních dob. To umožní změnu konceptu jízdního řádu na trati. Navrženo je vytvoření přestupních vazeb v ŽST Mariánské Lázně mezi osobními vlaky na řešené trati a expresy v relaci Cheb – Plzeň – Praha a zpět. V případě špičkových vložených spojů v trase Karlovy Vary d. n. - Bečov nad Teplou je navrženo jejich prodloužení až do ŽST Teplá.

Tyto změny podstatně zvýší bezpečnost železničního provozu, kvalitu přepravních služeb, možnosti využitelnosti a dostupnost železniční dopravy. To vše povede ke zvýšení samotné atraktivity a konkurenceschopnosti železniční osobní dopravy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY – ZDROJŮ

- (1) Mapa tratí. In: Správa železnic [online]. Praha: Správa železnic, státní organizace, 2022 [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/151816922/Mapa-trati.pdf/e9cd6f77-5157-486b-bc54-31180b851dbd>
- (2) 90 let tratě Mariánské Lázně - Karlovy Vary. Arnika: Informační a metodický list - CHKO [online]. Mariánské Lázně: Správa chráněné krajinné oblasti Slavkovský les, 1988, 1988(21), 4 - 9 [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: http://www.casopis-arnika.cz/pdf/arnika_1988_21.pdf
- (3) Počet obyvatel v obcích - k 1. 1. 2022. Český statistický úřad [online]. Praha: Český statistický úřad, 2022 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112022>
- (4) Mapy.cz. Mapy.cz [online]. Praha: Seznam.cz, 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: [mapy.cz](https://www.mapy.cz)
- (5) Portál provozování dráhy. Portál provozování dráhy [online]. Praha: Správa železnic, s. o., 2023 [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznic.cz/portal/>
- (6) SŽ D1 ČÁST PRVNÍ - Dopravní a návěstní předpis pro tratě nevybavené evropským vlakovým zabezpečovačem. Portál provozování dráhy [online]. Praha: Správa železnic, s. o., 2022 [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznic.cz/portal/ViewDirective.aspx?oid=1946316>
- (7) SŽ D3 - Předpis pro zjednodušené řízení drážní dopravy. Portál provozování dráhy [online]. Praha: Správa železnic, s. o., 2022 [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznic.cz/portal/ViewArticle.aspx?oid=1959775>
- (8) Jízdní řád. In: Správa železnic [online]. Praha: Správa železnic, s. o., 2023 [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/cestujici/jizdni-rad>
- (9) Regio Sprinter RVT. In: GW Train Regio a.s.: Karlovarsko [online]. Kraslice: GW Train Regio, 2023 [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://www.gwtr.cz/cs/karlovarsko/nase-vlakly/regio-sprinter-rvt>
- (10) HOLINGER, Jiří. Představení společnosti STARMON s.r.o.: Elektronické stavědlo K-2002. In: Fakulta dopravní ČVUT: Kariérní den Fakulty dopravní - 8.4.2020 [online]. Praha: ČVUT v Praze Fakulta dopravní, 2020 [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://akce.fd.cvut.cz/sites/default/files/karierni-den/2020/STARMON.pdf>

- (11) Elektronické stavědlo K-2002 ve stanici Kropáčova Vrutice. Starmon [online]. Choceň: STARMON, 2023 [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <http://starmon.cz/elektronicke-stavedlo-k-2002-ve-stanici-kropacova-vrutice/>
- (12) DOBIÁŠ, Radek a Peter MIŠEK. Zjednodušené varianty implementace ETCS – vedlejší tratě. In: Fakulta elektrotechnická Západočeské univerzity v Plzni [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2022 [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://www.fel.zcu.cz/cs/Research/2022.html>
- (13) Eurobalíza ETCS: Co je ETCS?. In: Správa železnic [online]. Praha: Správa železnic, státní organizace, 2023 [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/stavby-zakazky/modernizace/etcs/co-je-etcs>
- (14) Převýšení. Železniční stavby [online]. [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: http://kikinacek.xf.cz/zel_prevyseni.htm
- (15) GRAFIKON VLAKOVÉ DOPRAVY [online]. Institut dopravy, VŠB TUO [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: http://www.342.vsb.cz/dan10/TD_4_5.pdf

SEZNAM ZKRATEK

AH	Automatické hradlo
CDP	Centrální dispečerské pracoviště
ESA	Elektronické stavědlo
ETCS	European Train Control System
GRADO	Grafická dokumentace
GTN	Graficko-technologická nadstavba
JD	Jízdní doba
JOP	Jednotné obslužné pracoviště
JŘ	Jízdní řád
MaDOS	Místní a dálková obsluha Starmon
nz	nákladiště a zastávka
PZS	Přejezdové zabezpečovací zařízení světelné
PZZ	Přejezdové zabezpečovací zařízení
SK	Staniční kolej
SZZ	Staniční zabezpečovací zařízení
SŽ	Správa železnic, státní organizace
TOR	Trvalé omezení rychlosti
TR	Trat'ová rychlost
TZZ	Trat'ové zabezpečovací zařízení
VC	Vlaková cesta
VHD	Veřejná hromadná doprava
ŽST	Železniční stanice

SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obrázek 1: Trať vyznačená v mapě tratí.....	10
Obrázek 2: Mapa Mariánských Lázní.....	12
Obrázek 3: Mapa Karlových Varů.....	15
Obrázek 4: Graf současných rychlostních profilů v úseku Mariánské Lázně - Teplá.....	21
Obrázek 5: Graf současných rychlostních profilů v úseku Teplá - Krásný Jez.....	22
Obrázek 6: Graf současných traťových rychlostí v úseku Krásný Jez - Karlovy Vary dolní nádraží.....	23
Obrázek 7: Graf současných rychlostních profilů v úseku Karlovy Vary dolní nádraží - Krásný Jez.....	24
Obrázek 8: Graf současných rychlostních profilů v úseku Krásný Jez - Teplá.....	25
Obrázek 9: Graf současných rychlostních profilů v úseku Teplá - Mariánské Lázně.....	26
Obrázek 10: Motorová jednotka RegioSprinter RVT.....	29
Obrázek 11: Náhled nákrešného jízdního řádu na trati.....	32
Obrázek 12: Stavědlo Starmon K-2002 (vpravo) a aplikace GRADO (vlevo).....	35
Obrázek 13: Eurobalíza ETCS v kolejišti – traťová část ETCS.....	39
Obrázek 14: Graf traťové rychlosti v úseku Mariánské Lázně - Teplá.....	42
Obrázek 15: Graf traťové rychlosti v úseku Teplá - Krásný Jez.....	43
Obrázek 16: Graf traťové rychlosti v úseku Krásný Jez - Karlovy Vary dolní nádraží...	44
Obrázek 17: Náhled nákrešného navrhovaného jízdního řádu.....	52

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Seznam stanic, dopraven a zastávek na trati.....	16
Tabulka 2: Železniční přejezdy na trati.....	27
Tabulka 3: Vzdálenosti, jízdní doby a průměrné rychlosti od začátku ke konci tratě.....	30
Tabulka 4: Cestovní doby a rychlosti na trati.....	31
Tabulka 5: Přehled stanic (dopraven) a SZZ před a po racionalizaci.....	36
Tabulka 6: Železniční přejezdy před a po racionalizaci.....	37
Tabulka 7: Rozbor TR profilu V_{130} před a po racionalizaci.....	40
Tabulka 8: Provozní interval křižování v dopravně D3 před racionalizací.....	46
Tabulka 9: Provozní interval křižování v ŽST s elektronickým SZZ po racionalizaci...	46
Tabulka 10: Provozní interval následné jízdy před racionalizací.....	47
Tabulka 11: Provozní interval následné jízdy po racionalizaci.....	48
Tabulka 12: Jízdní doby osobních vlaků před a po racionalizaci.....	49